

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Química



Propuesta de línea de producción para un producto de limpieza y  
desinfección en una fábrica de detergentes

Trabajo de graduación presentado por Ricardo Amenabar Valladares para optar al  
grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala,

2021



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Química



Propuesta de línea de producción para un producto de limpieza y  
desinfección en una fábrica de detergentes

Trabajo de graduación presentado por Ricardo Amenabar Valladares para optar al  
grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala,

2021

Vo. Bo.

(f) \_\_\_\_\_

Ing. Gamaliel Zambrano

Terna examinadora

(f) \_\_\_\_\_

Ing. Gamaliel Zambrano

(f) \_\_\_\_\_

Ing. Carmen Ortiz

(f) \_\_\_\_\_

Ing. Andrés Lam

Fecha de aprobación: Guatemala, 9 de diciembre de 2021



## Prefacio

Dedico este trabajo a mis padres Alfredo y Mónica, por apoyarme incondicionalmente a lo largo de mi vida. Gracias por creer en mí, ayudarme a cumplir todas mis metas y enseñarme a ser mejor persona.

A mis hermanos, por el apoyo y cariño que me han dado.

A mi novia Natalia, por confiar en mí y apoyarme en los momentos más difíciles.

A mis amigos Sebastián, Ávila, Paul, Musa, Castillo, Diego, Santos, Antonio y Ximena, por haberme apoyado durante este trayecto de mi vida.

Agradezco al Ing. Gamaliel Zambrano e Ing. Luis Núñez por su amistad y enseñanzas durante la carrera.

Agradezco al Ing. Alex Köng, por su amistad, cariño y apoyo durante el transcurso de mi carrera.

Al resto de catedráticos de la Universidad del Valle, por sus enseñanzas.

## Índice

Listado de cuadros .....	VIII
Listado de figuras.....	XII
Resumen.....	XV
I. Introducción .....	1
II. Objetivos .....	3
A. General:.....	3
B. Específicos: .....	3
III. Justificación .....	4
IV. Marco teórico .....	6
A. Hipoclorito de sodio.....	6
B. Microorganismos patógenos .....	8
C. Desinfectantes .....	9
D. Desinfectantes en gel .....	11
E. Tipos de coloides: .....	12
F. Pruebas de estabilidad.....	13
G. Efectos térmicos en los procesos de mezclado .....	13
H. Viscosidad.....	14
I. Resistencia de materiales de construcción en contacto con solución de hipoclorito de sodio .....	18
J. Tanque agitado.....	18
K. Número de Reynolds.....	22
L. Patrones de flujo .....	23
M. Llenadoras de líquidos .....	24
N. Tipos de medidores de flujo.....	25
O. Compresores .....	26
P. Bombas .....	28
V. Antecedentes .....	30
A. Hipoclorito de sodio como desinfectante.....	30

B.	Crecimiento del mercado de desinfectantes.....	30
C.	Información proporcionada por la empresa .....	31
VI.	Metodología .....	34
VII.	Resultados .....	45
VIII.	Análisis de resultados .....	60
IX.	Conclusiones .....	76
X.	Recomendaciones .....	78
XI.	Bibliografía .....	79
XII.	Anexos .....	83
A.	Distribución de la línea de producción en la planta .....	83
B.	Especificaciones de equipos .....	84
C.	Balance de masa y energía (Mezclado, llenado tanque reservorio y llenado botellas).....	89
D.	Diagramas de ocupación .....	92
E.	Datos obtenidos del análisis económico realizado.....	93
F.	Especificaciones fisicoquímicas y pruebas microbiológicas .....	96
G.	Pruebas de desempeño de producto tipo cloro gel formulado .....	102
H.	Resultados pruebas de estabilidad producto tipo cloro gel formulado y productos de la competencia .....	112
I.	Información utilizada para el análisis económico.....	119
J.	Cálculos de muestra .....	126
K.	Plan de producción para los primeros diez años de producción .....	141
L.	Estibado de cartón corrugado.....	146
M.	Curvas características de bombas cotizadas .....	147
N.	Cotizaciones .....	148

## Listado de cuadros

<b>Cuadro 1-</b>	Resistencia de materiales de construcción en solución de hipoclorito de sodio .....	18
<b>Cuadro 2-</b>	Resistencia de distintos aceros inoxidables en solución de hipoclorito de sodio .....	18
<b>Cuadro 3-</b>	Parámetros de viscosidad y velocidad lineal para la selección de agitador ... ..	22
<b>Cuadro 4-</b>	Características de bombas de desplazamiento positivo y centrífugas.....	29
<b>Cuadro 5-</b>	Medidas de beakers utilizados para la prueba.....	41
<b>Cuadro 6-</b>	Formulación final propuesta para producto tipo cloro gel, al 3 % (m/m) de hipoclorito de sodio, base 1 kg de mezcla .....	45
<b>Cuadro 7-</b>	Propiedades fisicoquímicas promedio del producto formulado tipo cloro gel y rangos de productos competidores.....	47
<b>Cuadro 8-</b>	Evaluación microbiológica realizada en el laboratorio de la empresa para producto formulado tipo cloro gel .....	48
<b>Cuadro 9-</b>	Evaluación externa de efectividad microbiológica .....	48
<b>Cuadro 10-</b>	Requerimientos de producción de producto tipo cloro tipo gel.....	48
<b>Cuadro 11-</b>	Descripción de codificación de equipos utilizada en diagrama de flujo....	51
<b>Cuadro 12-</b>	Descripción de codificación de instrumentos y válvulas utilizada en diagrama de flujo .....	51
<b>Cuadro 13-</b>	Tanques necesarios para la línea de producción de cloro tipo gel propuesta.....	52
<b>Cuadro 14-</b>	Bombas necesarias para la línea de producción de cloro tipo gel propuesta.....	52
<b>Cuadro 15-</b>	Equipos necesarios para el llenado, taponado y etiquetado (Propuesta 1).	52
<b>Cuadro 16-</b>	Equipos necesarios para el llenado, taponado y etiquetado (Propuesta 2).	53
<b>Cuadro 17-</b>	Equipo de transporte mecánico necesario para la línea de producción propuesta .....	53
<b>Cuadro 18-</b>	Sensores de nivel para tanque de mezcla y reservorio de producto terminado .....	53
<b>Cuadro 19-</b>	Requerimiento de tuberías necesarias para la conexión de las bombas y tanques en la línea de producción de cloro gel .....	57
<b>Cuadro 20-</b>	Requerimiento de aire filtrado y seco para la producción de producto tipo cloro tipo gel .....	57
<b>Cuadro 21-</b>	Requerimiento energético total para la producción de producto tipo cloro gel .....	57
<b>Cuadro 22-</b>	Requerimiento de tuberías de aire comprimido para la nueva línea de producción .....	58

<b>Cuadro 23-</b>	Requerimiento de cables para electricidad para la instalación de la nueva línea de producción .....	58
<b>Cuadro 24-</b>	Resultados de análisis económico.....	59
<b>Cuadro 25-</b>	Especificaciones de tanques seleccionados para el proceso de producción de cloro tipo gel .....	84
<b>Cuadro 26-</b>	Especificaciones del agitador propuesto para la línea de producción de cloro tipo gel .....	84
<b>Cuadro 27-</b>	Especificaciones de bombas seleccionadas para el proceso de producción de cloro tipo gel .....	85
<b>Cuadro 28-</b>	Especificaciones de equipo de llenado, taponado y etiquetado propuestos para la producción de cloro tipo gel.....	86
<b>Cuadro 29-</b>	Especificaciones de equipos de transporte mecánico necesarios para la producción de cloro tipo gel .....	87
<b>Cuadro 30-</b>	Especificaciones de equipos de instrumentación y control.....	87
<b>Cuadro 31-</b>	Evaluación de merma del cloro tipo gel formulado.....	88
<b>Cuadro 32-</b>	Evaluación de proveedores para tanque agitado .....	90
<b>Cuadro 33-</b>	Evaluación de proveedores para equipos de la línea de llenado.....	91
<b>Cuadro 34-</b>	Evaluación de proveedores de bombas de doble diafragma (operadas neumáticamente).....	91
<b>Cuadro 35-</b>	Flujo de efectivo para la propuesta 1 .....	93
<b>Cuadro 36-</b>	Flujo de efectivo para la propuesta 2 .....	93
<b>Cuadro 37-</b>	Depreciación de equipos para la línea de producción (Propuesta 1) .....	95
<b>Cuadro 38-</b>	Depreciación de equipos para la línea de producción (Propuesta 2) .....	95
<b>Cuadro 39-</b>	Medición de tiempo de dilución, cambio de temperatura y pH al realizar la formulación (Base de 1 kg).....	96
<b>Cuadro 40-</b>	Propiedades fisicoquímicas del producto tipo cloro gel formulado.....	96
<b>Cuadro 41-</b>	Propiedades fisicoquímicas de productos tipo cloro gel de la competencia.....	96
<b>Cuadro 42-</b>	Triplicado de características fisicoquímicas de producto A, de la competencia.....	99
<b>Cuadro 43-</b>	Triplicado de características fisicoquímicas de producto B, de la competencia.....	99
<b>Cuadro 44-</b>	Triplicado de características fisicoquímicas de producto C, de la competencia.....	99
<b>Cuadro 45-</b>	Triplicado de características fisicoquímicas de producto D, de la competencia.....	100
<b>Cuadro 46-</b>	Triplicado de evaluación microbiológica para el producto formulado tipo cloro gel.....	100
<b>Cuadro 47-</b>	Formulación 2 propuesta para producto tipo cloro gel, al 3 % (m/m) de hipoclorito de sodio, base 1 kg .....	101
<b>Cuadro 48-</b>	Formulación 3 propuesta para producto tipo cloro gel, al 3 % (m/m) de hipoclorito de sodio, base 1 kg .....	101
<b>Cuadro 49-</b>	Características fisicoquímicas promedio evaluadas a distintas temperaturas, para el producto formulado tipo cloro gel.....	102
<b>Cuadro 50-</b>	Evaluación de aumento de altura con agitación a 200 rpm.....	102
<b>Cuadro 51-</b>	Evaluación de viscosidad en el tiempo, para el producto formulado tipo cloro gel.....	102

<b>Cuadro 52-</b>	Resultados pruebas para la determinación de comportamiento del fluido (Cloro gel) .....	103
<b>Cuadro 53-</b>	Resultados pruebas de espuma.....	107
<b>Cuadro 54-</b>	Formulación de hipoclorito de sodio determinando tiempo de dilución, temperatura y pH prueba 1 (Base 1 kg) .....	108
<b>Cuadro 55-</b>	Formulación de hipoclorito de sodio determinando tiempo de dilución, temperatura y pH prueba 2 (Base 1 kg) .....	108
<b>Cuadro 56-</b>	Formulación de hipoclorito de sodio determinando tiempo de dilución, temperatura y pH prueba 3 (Base 1 kg) .....	109
<b>Cuadro 57-</b>	Resultados pruebas de escurrimiento.....	111
<b>Cuadro 58-</b>	Resultados promedio de parámetros fisicoquímicos determinados en pruebas de estabilidad para producto tipo cloro gel al 3.02 % (m/m) de hipoclorito de sodio .....	112
<b>Cuadro 59-</b>	Resultados pruebas de estabilidad en cámara a 5 ° C, para producto tipo cloro gel al 3.02% (m/m) de hipoclorito de sodio .....	113
<b>Cuadro 60-</b>	Resultados pruebas de estabilidad a temperatura ambiente, para producto tipo cloro gel al 3.02% (m/m) de hipoclorito de sodio .....	114
<b>Cuadro 61-</b>	Resultados pruebas de estabilidad en cámara a 45 ° C, para producto tipo cloro gel 3.02 % (m/m) de hipoclorito de sodio .....	115
<b>Cuadro 62-</b>	Resultados pruebas de estabilidad producto A .....	116
<b>Cuadro 63-</b>	Resultados pruebas de estabilidad producto B.....	116
<b>Cuadro 64-</b>	Resultados pruebas de estabilidad producto C.....	117
<b>Cuadro 65-</b>	Resultados pruebas de estabilidad producto D .....	117
<b>Cuadro 66-</b>	Comparación de pérdida semanal de hipoclorito de sodio de productos de la competencia vs el producto tipo cloro gel formulado, en cámara de estabilidad a 5 °C..	118
<b>Cuadro 67-</b>	Comparación de pérdida semanal de hipoclorito de sodio de productos de la competencia vs el producto tipo cloro gel formulado, a temperatura ambiente .....	118
<b>Cuadro 68-</b>	Comparación de pérdida semanal de hipoclorito de sodio de productos de la competencia vs el producto tipo cloro gel formulado, en cámara de estabilidad a 45 °C	118
<b>Cuadro 69-</b>	Propuesta de producción anual promedio para los primeros 10 años .....	119
<b>Cuadro 70-</b>	Flujo de efectivo del primer año de producción para la propuesta 1 .....	120
<b>Cuadro 71-</b>	Flujo de efectivo del primer año de producción para la propuesta 2 .....	120
<b>Cuadro 72-</b>	Costos de inversión equipo principal (Propuesta 1) .....	120
<b>Cuadro 73-</b>	Costos de inversión equipo principal (Propuesta 1) .....	121
<b>Cuadro 74-</b>	Costo de inversión de equipo nacional (servicios auxiliares, tuberías) ...	121
<b>Cuadro 75-</b>	Costos de materia prima por lote de producción .....	123
<b>Cuadro 76-</b>	Costos de material de empaque por lote de producción de cloro gel.....	123
<b>Cuadro 77-</b>	Consumo energético de aire seco y filtrado por lote de producción (Propuesta 1) .....	123
<b>Cuadro 78-</b>	Consumo energético de aire seco y filtrado por lote de producción (Propuesta 2) .....	124
<b>Cuadro 79-</b>	Consumo energético de electricidad por lote de producción (Propuesta 1) ..	124
<b>Cuadro 80-</b>	Consumo energético de electricidad por lote de producción (Propuesta 2) ..	125
<b>Cuadro 81-</b>	Salario mínimo promedio por hora de trabajo diurno.....	125
<b>Cuadro 82-</b>	Salarios propuestos a trabajadores de la línea de producción.....	125

<b>Cuadro 83-</b>	Tramo de tubería de agua desmineralizada.....	130
<b>Cuadro 84-</b>	Accesorios utilizados para el tramo de tubería de agua desmineralizada a tanque agitado .....	132
<b>Cuadro 85-</b>	Tramo de tubería de solución de hipoclorito de sodio (12 % m/m).....	133
<b>Cuadro 86-</b>	Accesorios utilizados para el tramo de tubería de solución de hipoclorito de sodio de tanque reservorio a tanque agitado .....	134
<b>Cuadro 87-</b>	Tramo de tubería de producto formulado tipo cloro gel .....	135
<b>Cuadro 88-</b>	Accesorios utilizados para el tramo de tubería de solución de hipoclorito de sodio de tanque reservorio a tanque agitado .....	136
<b>Cuadro 89-</b>	Tramo de tubería de producto formulado tipo cloro gel .....	137
<b>Cuadro 90-</b>	Accesorios utilizados para el tramo de tubería de solución de hipoclorito de sodio de tanque reservorio a tanque agitado .....	138
<b>Cuadro 91-</b>	Corriente necesaria para los equipos propuestos .....	139
<b>Cuadro 92-</b>	Plan de producción de cloro gel para año 1 .....	141
<b>Cuadro 93-</b>	Plan de producción de cloro gel para año 2 .....	141
<b>Cuadro 94-</b>	Plan de producción de cloro gel para año 3 .....	142
<b>Cuadro 95-</b>	Plan de producción de cloro gel para año 4 .....	142
<b>Cuadro 96-</b>	Plan de producción de cloro gel para año 5 .....	143
<b>Cuadro 97-</b>	Plan de producción de cloro gel para año 6 .....	143
<b>Cuadro 98-</b>	Plan de producción de cloro gel para año 7 .....	144
<b>Cuadro 99-</b>	Plan de producción de cloro gel para año 8 .....	144
<b>Cuadro 100-</b>	Plan de producción de cloro gel para año 9 .....	145
<b>Cuadro 101-</b>	Plan de producción de cloro gel para año 10 .....	145

## Listado de figuras

<b>Figura 1-</b>	Diagrama entalpía composición para el sistema hidróxido de sodio en agua	14
<b>Figura 2-</b>	Esfuerzo cortante vs velocidad de deformación para fluidos newtonianos ...	15
<b>Figura 3-</b>	Esfuerzo cortante vs velocidad de deformación para fluidos pseudoplástico	16
<b>Figura 4-</b>	Esfuerzo cortante vs velocidad de deformación para fluidos dilatantes .....	17
<b>Figura 5-</b>	Esfuerzo cortante vs velocidad de deformación para fluidos plásticos .....	17
<b>Figura 6-</b>	Tanque agitado con características típicas .....	19
<b>Figura 7-</b>	Tanque con deflectores y agitador de tres aspas .....	20
<b>Figura 8-</b>	Agitador de paleta de cuatro aspas y paleta de compuerta .....	20
<b>Figura 9-</b>	Turbina simple de pala recta y de disco .....	21
<b>Figura 10-</b>	Agitadores de banda helicoidal de cinta de doble trayectoria y de ancla ..	21
<b>Figura 11-</b>	Patrón de flujo turbulento (Turbina de flujo radial sin deflectores) .....	23
<b>Figura 12-</b>	Patrón de flujo con agitación no centrada .....	24
<b>Figura 13-</b>	Esquema de compresor de desplazamiento positivo tipo reciprocantes ....	27
<b>Figura 14-</b>	Diagrama de una bomba centrífuga de succión sencilla .....	29
<b>Figura 15-</b>	Crecimiento del mercado de soluciones de cloro para los años entre 2020 y 2025.....	31
<b>Figura 16-</b>	Esquema de planta de producción con espacio disponible para nueva línea de producción.....	32
<b>Figura 17-</b>	Diseño experimental de sistema de agitación a escala laboratorio .....	37
<b>Figura 18-</b>	Montaje de equipo para medición de altura de espuma .....	40
<b>Figura 19-</b>	Medición de volumen formado de espuma .....	40
<b>Figura 20-</b>	Determinación de diámetro de beakers de 600 mL .....	41
<b>Figura 21-</b>	Comparación del comportamiento de la viscosidad vs tiempo en tratamiento térmico, para la formulación seleccionada del producto tipo cloro gel, en cámaras de estabilidad a diferentes temperaturas reguladas.....	45
<b>Figura 22-</b>	Comparación de la variación en la concentración de hipoclorito de sodio en el tiempo, a distintas temperaturas (en cámaras de estabilidad) .....	46
<b>Figura 23-</b>	Comparación de la variación del pH en el tiempo, a distintas temperaturas (en cámaras de estabilidad).....	46
<b>Figura 24-</b>	Comparación de variación en la concentración de hipoclorito de sodio, por semana, para los productos seleccionados de la competencia con respecto al producto formulado, en cámara de estabilidad a 45 °C .....	47
<b>Figura 25-</b>	Balace general de masa y energía, para el proceso de producción de cloro gel, con base de cálculo de 2247 kg por lote de producción.....	49
<b>Figura 26-</b>	Diagrama de proceso de producción de cloro gel .....	50
<b>Figura 27-</b>	Esquemas de la línea propuesta de producción de cloro gel.....	54
<b>Figura 28-</b>	Esquema de líneas (tuberías) de agua desmineralizada, solución de hipoclorito de sodio y cloro gel, necesarias para la producción de producto tipo cloro gel.. .....	55



<b>Figura 29-</b>	Esquema de servicios auxiliares (agua de limpieza, aire comprimido y electricidad) .....	56
<b>Figura 30-</b>	Esquema de la línea de producción en las instalaciones actuales .....	83
<b>Figura 31-</b>	Esquema del tanque agitado propuesto .....	88
<b>Figura 32-</b>	Balance de masa y energía del proceso de mezclado, para la producción de cloro gel .....	89
<b>Figura 33-</b>	Balance de masa y energía del proceso de llenado del tanque reservorio de cloro gel .....	89
<b>Figura 34-</b>	Balance de masa y energía del proceso de llenado, para la producción de cloro gel .....	90
<b>Figura 35-</b>	Diagrama de ocupación de procesos para la producción de cloro tipo gel	92
<b>Figura 36-</b>	Diagrama de ocupación de procesos para un turno de trabajo de 8 horas, para producción de cloro tipo gel.....	92
<b>Figura 37-</b>	Análisis de sensibilidad para la línea de producción (Propuesta 1).....	94
<b>Figura 38-</b>	Análisis de sensibilidad para la línea de producción (Propuesta 1).....	94
<b>Figura 39-</b>	Comparación de densidad vs temperatura de el producto formulado tipo cloro gel .....	97
<b>Figura 40-</b>	Comparación de viscosidad vs temperatura de el producto formulado tipo cloro gel .....	98
<b>Figura 41-</b>	Velocidad de deformación vs esfuerzo cortante, para el fluido formulado tipo cloro gel .....	98
<b>Figura 42-</b>	Evaluación de viscosidad en el tiempo, para el producto formulado tipo cloro gel .....	103
<b>Figura 43-</b>	Pruebas microbiológicas con cloro gel formulado, concentración de hipoclorito de sodio igual a su concentración inicial (3.02 % m/m) .....	104
<b>Figura 44-</b>	Pruebas microbiológicas con cloro gel, concentración de hipoclorito de sodio igual al finalizar su vida útil (1.23 % m/m).....	104
<b>Figura 45-</b>	Pruebas de efectividad microbiológica de cloro gel formulado, concentración de hipoclorito de sodio del (3.02% m/m) .....	105
<b>Figura 46-</b>	Gráfico de barras para la prueba de espuma con formulación realizada y de la competencia .....	107
<b>Figura 47-</b>	Comparación de viscosidad vs tiempo, en distintas cámaras de estabilidad, para el producto tipo cloro gel formulado.....	109
<b>Figura 48-</b>	Comparación de concentración de hipoclorito de sodio vs tiempo, en distintas cámaras de estabilidad, para el producto tipo cloro gel formulado .....	110
<b>Figura 49-</b>	Comparación de pH vs tiempo, en distintas cámaras de estabilidad, para el producto tipo cloro gel formulado .....	110
<b>Figura 50-</b>	Evaluación de distancias vs tiempo para la prueba de escurrimiento realizada .....	111
<b>Figura 51-</b>	Estacionalidad de productos con hipoclorito de sodio en Guatemala.....	119
<b>Figura 52-</b>	Número de potencia $N_p$ contra número de Reynolds para distintos tipos de agitador .....	129
<b>Figura 53-</b>	Fricción en tubería versus número de Reynolds y rugosidad relativa .....	131
<b>Figura 54-</b>	Fricción en tubería versus número de Reynolds y rugosidad relativa .....	134
<b>Figura 55-</b>	Dimensiones de cartón corrugado propuesto para el empaque de botellas ... ..	146
<b>Figura 56-</b>	Estibado de cajas de producto terminado.....	146

<b>Figura 57-</b>	Curva característica de la bomba marca Sandpiper, modelo S10B2P2 ...	147
<b>Figura 58-</b>	Curva característica de la bomba marca Sandpiper, modelo S05B2P2 ...	147
<b>Figura 59-</b>	Cotización de tanque agitado (incluye agitador) .....	148
<b>Figura 60-</b>	Cotización de importación de tanque agitado desde Chicago .....	149
<b>Figura 61-</b>	Cotización de línea de llenado 1 .....	150
<b>Figura 62-</b>	Cotización de importación de equipo desde Shanghái .....	151
<b>Figura 63-</b>	Cotización de línea de llenado 2 .....	152
<b>Figura 64-</b>	Cotización de tuberías PVC para la línea de producción propuesta .....	153
<b>Figura 65-</b>	Cotización de medidor de nivel .....	154
<b>Figura 66-</b>	Cotización de tuberías de acero inoxidable 316L para la línea de producción propuesta .....	155
<b>Figura 67-</b>	Cotización de tuberías de aire comprimido para la línea de producción de cloro tipo gel propuesta.....	156
<b>Figura 68-</b>	Cotización de cables eléctricos para la línea de producción de cloro tipo gel .....	157
<b>Figura 69-</b>	Cotización de bombas de doble diafragma para la línea de producción de cloro tipo gel .....	158
<b>Figura 70-</b>	Cotización de instrumentos propuestos para la producción de cloro tipo gel .....	159

## Resumen

En este trabajo se llevó a cabo la formulación de un producto de limpieza y desinfección tipo cloro gel, proponiendo una línea de producción para las instalaciones de una fábrica guatemalteca de detergentes líquidos. El cloro tipo gel formulado presentó las siguientes características fisicoquímicas promedio: concentración de hipoclorito de sodio  $3.02 \pm 0.01$  % m/m, pH  $13.21 \pm 0.03$ , viscosidad  $1980.5 \pm 6.1$  cP, densidad  $1.070 \pm 0.003$  g/mL y grados brix  $11.3 \pm 0.1$ . Se realizaron pruebas de efectividad microbiológicas y se determinó una reducción de 100 % para los siguientes microorganismos: *Escherichia coli* ATCC 8739, *Salmonella entérica* ATCC 14028 *Staphylococcus aureus* ATCC 6538. Tomando en cuenta el volumen efectivo del tanque reservorio de producto terminado de polietileno, con el que cuenta la empresa actualmente ( $2.068 \text{ m}^3$ ), se dimensionó el equipo necesario para la implementación de la línea de producción: tanque agitado del mismo material (volumen efectivo de  $2.273 \text{ m}^3$ ), llenadora, taponadora y etiquetadora (capacidad de producción de 2000 botellas/h), cuyo material requerido es titanio, acero inoxidable 316 o polipropileno para partes en contacto con el producto, dada su naturaleza corrosiva. Para hacer una evaluación comparativa, se cotizó dos líneas de llenado, taponado y etiquetado, una proveniente de una empresa de China y otra de Italia. El plano de distribución se esquematizó, considerando los servicios auxiliares necesarios para el funcionamiento en los rangos requeridos (energía, aire y agua). Por último, con información proporcionada por la empresa que requirió el estudio (costos y precio esperado de venta) y los costos asociados al equipo y servicios auxiliares, se llevó a cabo un análisis económico para ambas propuestas, estimando la tasa interna de retorno (109 % y 40 %), el periodo de recuperación (1 año 2 meses y 2 año 8 meses) y la relación beneficio – costo (9.78 y 2.50), para la línea proveniente de China y la proveniente de Italia, respectivamente. Se recomienda invertir en la línea procedente de China, ya que esta conlleva un menor tiempo de recuperación, y mayor tasa interna de retorno e indicador de beneficio – costo.

## I. Introducción

A nivel mundial el mercado de desinfectantes se ha visto beneficiado por la pandemia SARS-CoV-2 (COVID-19), dada la necesidad de la desinfección más periódica y constante de manos, superficies, ropa, entre otros. En el 2019 el mercado mundial de desinfectantes estaba valorado en US\$ 0.60 billones y se espera que en el 2023 este alcance los US\$ 1.04 billones, teniendo un crecimiento del 10.0 %.

El presente trabajo propone la formulación de un desinfectante tipo cloro gel, para una empresa enfocada en la producción y comercialización de productos para limpieza del hogar (detergentes, desinfectantes y soluciones de hipoclorito de sodio). Se propuso una línea de producción del desinfectante en cuestión, según los requerimientos del estudio de mercado realizado por la empresa y el tanque reservorio de producto terminado (volumen efectivo de 2.068 m<sup>3</sup> polietileno) disponible, tomando en cuenta equipos y servicios auxiliares para el correcto funcionamiento de la línea.

El trabajo se compone de los antecedentes de la empresa y el producto que se formuló. Seguidamente, se muestra el marco teórico con información que soporta los hallazgos y resultados del proyecto. Se muestra la metodología que se llevó a cabo para el cumplimiento de los objetivos determinados, los resultados de la experimentación, el dimensionamiento de equipos, esquematización del área y análisis económico de la línea de producción propuesta. Por último, se detallan las conclusiones del trabajo y recomendaciones de acuerdo con lo discutido.

Los principales resultados fueron los siguientes: una formulación de desinfectante tipo cloro gel con concentración de hipoclorito de sodio  $3.02 \pm 0.01$  % m/m, pH  $13.21 \pm 0.02$ , viscosidad  $1980.5 \pm 6.1$  cP, densidad  $1.070 \pm 0.003$  g/mL y grados brix  $11.3 \pm 0.1$ . Se determinó una efectividad microbiológica del 100 % para los siguientes microorganismos: *Escherichia coli* ATCC 8739, *Salmonella entérica* ATCC 14028 *Staphylococcus aureus* ATCC 6538. Se estableció un tamaño de lote de 4063 botellas de 500 mL de cloro tipo gel, calculado a partir del tanque reservorio disponible en la empresa (2.068 m<sup>3</sup>) y del balance de masa para el proceso de producción. Se

esquematisó la distribución de los equipos necesarios (tanque agitado con volumen efectivo de 2.273 m<sup>3</sup>, llenadora, taponadora y etiquetadora con capacidad de producción de 2000 botellas/h) y servicios auxiliares para el funcionamiento correcto de la línea (consumo de aire filtrado y seco de 78.99 m<sup>3</sup>/h y consumo energético de 9.98 kW). Se realizó un análisis económico para los equipos cotizados, para los equipos necesarios para la producción de cloro tipo gel (TIR 109 %, periodo de recuperación de 1 año y 2 meses y relación beneficio – costo de 9.78), determinando que la línea de producción propuesta sería beneficiosa.

Las principales conclusiones fueron el éxito del desarrollo de la formulación del producto de limpieza y desinfección tipo cloro gel, correspondiente a los requerimientos de la empresa, el cálculo del tamaño de lote, diagrama del proceso con equipos y servicios auxiliares. También se desarrolló el análisis económico para determinar el beneficio del proyecto para la empresa. En caso se quisieran disminuir los costos de formulación, se recomienda reducir la cantidad de surfactantes asegurándose que la cantidad de espuma al emplearse el producto esté dentro del rango especificado; también se recomienda realizar un análisis microbiológico después de la vida útil del producto para determinar su efectividad.

## II. Objetivos

### A. General:

Formular un producto de limpieza y desinfectante tipo cloro gel, evaluando su desempeño para proponer una línea de producción dentro de las instalaciones de una fábrica de detergentes líquidos.

### B. Específicos:

- Formular un producto de limpieza y desinfectante tipo cloro gel utilizando materias primas disponibles localmente, de acuerdo con especificaciones requeridas por una empresa, haciendo análisis fisicoquímicos y midiendo su efectividad de desinfección sobre la bacteria *Escherichia Coli*.
- Determinar, de acuerdo con requerimientos establecidos por la empresa, el tamaño del lote y el proceso de producción del desinfectante tipo cloro gel, para dimensionar los equipos necesarios.
- Determinar y calcular el requerimiento de servicios auxiliares para la línea de producción de cloro gel, estableciendo su distribución dentro del área designada en las instalaciones de la empresa.
- Hacer un análisis económico sobre la propuesta de instalación de la línea de producción para el producto tipo cloro gel, con la información obtenida y la proporcionada por la empresa.

### III. Justificación

La empresa en donde se realizó el estudio se enfoca en la producción y comercialización de productos de higiene para el hogar con productos líquidos, siendo los principales detergentes, desinfectantes y soluciones de hipoclorito de sodio. Actualmente, a nivel nacional, el tamaño del mercado de productos con cloro se encuentra en Q158.3 millones de quetzales y se espera un crecimiento del 6.3% (Q168.2 millones) para el año 2024 (Mérida, 2021).

En términos de participación en el mercado de productos que contienen hipoclorito de sodio, la empresa para la cual se propuso el proyecto, se encuentra entre las primeras tres de Guatemala según estudios del Ministerio de Economía (MINECO) de Guatemala (Mérida, 2021).

La planta de producción adquirió un nuevo espacio para la construcción de una bodega para almacenar materia prima y producto terminado, por lo tanto, se encuentra disponible un área de 99 m<sup>2</sup> (9 x 11 m) en la sección de producción, permitiendo la instalación de la propuesta de la nueva línea.

Según investigaciones de Mercadeo de la empresa, en Guatemala, actualmente, cinco marcas venden productos tipo cloro gel, siendo una de ellas de origen nacional. También se llevó a cabo un estudio de mercado donde se obtuvo resultados satisfactorios de la aceptación del producto (cloro gel) en el mercado. A partir del análisis realizado, la empresa esperaría contar con una participación en el mercado de 80,000 unidades (500 mL), al finalizar el primer año de producción.

Las principales ventajas del cloro gel frente a soluciones tradicionales de cloro se derivan de su practicidad, ya que su viscosidad (1980.5 cP) permite utilizarlo sobre superficies y que este permanezca adherido a la superficie que se desea limpiar y desinfectar. También presenta características para reducir las salpicaduras, ya que el hipoclorito de sodio presente en la solución es corrosivo y, además, puede manchar la ropa de color.

Este producto presenta características, tanto de limpieza, por presencia de surfactantes, como también de desinfección al contar con la presencia de solución de hipoclorito de sodio al 3.0% (m/m). Su principal uso es en la limpieza y desinfección de loza sanitaria (inodoros y lavamanos). El producto debería contar con un aroma, siendo el cítrico el adecuado debido a su naturaleza y a recomendaciones del proveedor.

Dada la versatilidad de la línea propuesta, se pueden fabricar otros productos con viscosidades de hasta 5,000 cP, en un futuro, permitiendo la producción de artículos actuales como detergentes, desinfectantes, suavizantes, y nuevos desarrollos dentro de esta gama de productos del hogar. La instalación también permitiría el aumento en la producción aumentando el número de turnos o el uso de futuros tanques reservorio para graneles.



## IV. Marco teórico

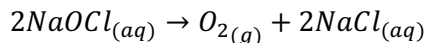
### A. Hipoclorito de sodio

El cloro es de los mejores agentes desinfectantes, germicidas y algicidas conocidos. En el proceso de agregar cloro y filtrar agua para potabilización, es el responsable de una reducción del 50 % de muertes humanas debido a enfermedades durante el siglo XIX y principios del XX. También es encargado de eliminar compuestos orgánicos y convertir metales solubles en agua en insolubles, logrando separarlos por medio de una filtración (Oxychem, 2014).

#### Estabilidad del hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio es un compuesto inestable. La descomposición de este, presente en soluciones, se debe a la siguiente reacción:

Reacción catalítica de descomposición del hipoclorito de sodio



Esta reacción forma oxígeno y cloruro de sodio. Es producida por la descomposición debido a rayos UV o impurezas (como metales) (Oxychem, 2014).

Se deben tomar en cuenta distintos aspectos para mantener su vida en anaquel que son los siguientes;

#### Concentración

La concentración de soluciones de hipoclorito en agua de sodio es directamente proporcional a la velocidad de descomposición es decir, a concentraciones altas su descomposición será más rápida que a velocidades bajas (Oxychem, 2014).

## pH de la solución

El pH adecuado para una solución de hipoclorito de sodio se encuentra entre 12.0 y 13.5, lo que mejora su estabilidad. Esto se puede obtener agregando hidróxido de sodio a la solución, en una proporción entre 0.4 a 4 g/L de solución. Sin embargo la alcalinidad daña los textiles y toma más tiempo su acción como desinfectante (Oxychem, 2014).

## Temperatura

Estas soluciones deben mantenerse a temperaturas bajas ya que a medida que esta aumente, también aumentará su descomposición y será más rápida. Por ejemplo una solución a 45 °C se descompondrá cinco veces más rápido que una a 25 °C. Por otro lado, no se debería llegar a la temperatura de congelamiento y esta dependerá de la concentración de la solución (Oxychem, 2014).

## Concentración de ciertas impurezas que catalizan la descomposición

Trazas de ciertos metales como níquel, cobalto y cobre, forman óxidos de metales insolubles que causan una descomposición catalítica del mismo. Estos forman precipitados que pueden decolorar la solución de hipoclorito de sodio(Oxychem, 2014).

## Luz

La luz ultravioleta causa una reacción de descomposición del hipoclorito de sodio, por lo que se productos con estos componentes deben ser almacenados en envases opacos, para evitar exposición a los rayos UV (Oxychem, 2014).

## Almacenaje de soluciones de hipoclorito de sodio

En la selección de materiales de almacenamiento de esta solución, se debe tomar en cuenta su capacidad de reacción con los compuestos. Por lo general no se almacenan en metales ya que reaccionan fácilmente, a excepción de titanio y tántalo. Se deben utilizar tanques con venteo ya que la descomposición de este produce oxígeno, lo que podría provocar una explosión por el aumento de presión dentro del tanque. Se recomienda almacenarlo en tanques de acero revestido de caucho, fibra de vidrio o polietileno siendo este último el más común (Oxychem, 2014).

## B. Microorganismos patógenos

### *Staphylococcus aureus*

Es un tipo de bacterias del género *Staphylococcus* de la clase Cocci. Es conocido como estafilococo dorado o áureo, siendo una bacteria anaerobia facultativa. Entre sus características se encuentra que es productora de coagulasa, catalasa, inmóvil que se encuentra ampliamente en el mundo. Son microorganismos aerobios grampositivos que causan infecciones de la piel y a veces neumonía, endocarditis y osteomielitis. Este puede causar enfermedades como gastroenteritis, síndrome de la piel escaldada y de shock tóxico. Se puede realizar la detección por medio de una prueba de tinción gram y cultivo (Bush, 2019).

### *Salmonella entérica*

Es un microorganismo patógeno Es un microorganismo que puede causar fiebre tifoidea, que presenta una infección grave. Una característica de esta es que no resiste al calor, tiene una temperatura de crecimiento entre 35 y 37 °C. El hipoclorito de sodio es un agente químico que puede ser empleado como desinfectante para este microorganismo (Achipia, 2020).

### *Escherichia Coli*

Es un grupo de bacterias que forma parte de las enterobacterias y se encuentra en la microbiota del tracto gastrointestinal de animales homeotermos, como el humano. Es un bacilo gramnegativo, con características de catalasa positivo y oxidasa negativo, anaerobio, con una temperatura de crecimiento de 37 °C catalogándose como bacteria mesotermo, su movimiento se debe a flagelos periticos. Esta es la bacteria anaerobia facultativa comensal más abundante en la microbiota gastrointestinal, que cumplen con el funcionamiento correcto del proceso digestivo y favorecen a la producción de las vitaminas B y K. Se encuentran fácilmente en inodoros y han tenido procesos de adaptación (mutación genética), alterando sus funciones a una forma de virulencia (Ojeda, 2019).

Es un grupo de bacterias gramnegativas que generalmente se encuentran en los intestinos de las personas, de igual forma en los inodoros. Se pueden provocar infecciones por este microorganismos al consumir alimentos contaminados, contacto con animales infectados o

ingestión de agua contaminada. Estas infecciones causan diarrea, sangre y dolor abdominal (Bush, 2020).

## C. Desinfectantes

Son agentes químicos utilizados sobre superficies para eliminar microorganismos patógenos. Estos también son empleados en la desinfección de la piel antes de realizar una cirugía. No tienen actividad selectiva, ya que al ser utilizados eliminan cualquier microorganismo presente en la superficie. Se recomienda no utilizarlos sobre materia viviente ni tejidos vivos (Sánchez, Saenz, 2005).

### Clasificación de los desinfectantes según su intensidad de acción

Se clasifican de acuerdo con el nivel de desinfección que logran, tomando en cuenta microorganismos y su capacidad de eliminar cierto rango de estos (Sánchez, Saenz, 2005).

#### Desinfectantes de nivel bajo

Son capaces de inactivar la mayoría de bacterias vegetativas, grampositivas y las gramnegativas, algunos virus con envoltura lipídica y hongos levaduriformes, pero no el *Mycobacterium spp*, ni esporas de bacterias. Estos se utilizan en la limpieza doméstica. Entre estos se encuentran los compuestos de amonio cuaternario, con una concentración del 5 % (m/v) o menor y el hipoclorito de sodio en concentraciones menores a 0.01% (m/v) (Sánchez, Saenz, 2005).

#### Desinfectantes de nivel medio

Logran desactivar todas las bacterias vegetativas, incluyendo *Mycobacterium tuberculosis*, la mayoría de los virus y hongos filamentosos. Estos no son capaces de eliminar esporas bacterianas. Algunos ejemplos de estos desinfectantes, alcohol etílico e isopropílico, en concentraciones entre 70 - 90 % (m/v) (Sánchez, Saenz, 2005).

#### Desinfectantes de nivel alto

Estos desinfectantes son capaces de eliminar e inactivar todas las bacterias vegetativas, la mayoría de las esporas fúngicas, todo tipo de virus y los bacilos tuberculosos. Tomando en cuenta

las esporas fúngicas, para tener una mayor desinfección se debe mantener por al menos 20 min en contacto con el desinfectante. Algunos ejemplos de estos desinfectantes son los peróxidos de hidrógeno (concentración entre 6 - 8 % m/v), hipoclorito de sodio (concentración mayor a 0.1% m/v) y glutaraldehído (concentración de 2 % m/v) (Sánchez, Saenz, 2005).

#### Factores que influyen la acción de un desinfectante

La actividad de los desinfectantes depende de distintos factores como la naturaleza de los microorganismos, temperatura y pH entre otros. Es importante conocer estos factores para establecer las instrucciones correctas de uso del mismo y así lograr una desinfección correcta (Ríos, 2013).

#### Naturaleza de los microorganismos

Este depende de la resistencia de las bacterias con las que está interactuando. Tomando en cuenta esto, para el análisis de la eficiencia microbiana se debe tomar en cuenta una cepa representativa de la flora bacteriana común (Ríos, 2013).

#### Cantidad de microorganismos

La carga microbiana influye en la eficacia del desinfectante, existe una relación directamente proporcional entre la carga y la cantidad de desinfectante utilizado. Si las bacterias se encuentran formando en “biofilms”, serán menos susceptibles al desinfectante que las utilizadas en suspensión. (Ríos, 2013).

#### Concentración y tiempo de contacto

La concentración del desinfectante es el factor más importante para tomar en cuenta, ya que es dependiente de su actividad antimicrobiana. A medida que aumenta la concentración, por lo general su eficiencia será mayor y el tiempo de contacto debería ser menor. En los ensayos de suspensión se debe determinar la concentración crítica para asegurar la desinfección. Por lo general el tiempo de contacto en los ensayos de evaluación de desinfectantes es de 5 min (Ríos, 2013).

#### Materia orgánica

Existen sustancias capaces de neutralizar la acción del desinfectante. Previo al proceso de desinfección se debe limpiar el área de restos orgánicos, detergentes y jabones previos, ya que

pueden provocar una capa que impida contacto directo con el desinfectante a probar. Esta se puede eliminar llevando a cabo un enjuague previo a la desinfección (Ríos, 2013).

#### Tipo de superficie

Al realizar la desinfección los microorganismos pueden encontrarse en espacios donde el desinfectante no ingrese o exista obstrucción por materia orgánica. Se recomienda utilizar superficies lisas, para realizar una desinfección más práctica (Ríos, 2013).

#### Temperatura de acción

Existe una temperatura en la cual el desinfectante tiene mayor efectividad. Por ejemplo el peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) se vuelve inestable a temperaturas mayores de 45 °C por lo que se pierde su efectividad (Ríos, 2013).

#### Efecto del pH

El pH del desinfectante depende de las características del mismo. Se debe determinar un pH sobre el cual la acción sea máxima y su estabilidad se mantenga. El cambio de pH puede afectar a la ionización lo que disminuiría su mecanismo de acción (Ríos, 2013).

### D. Desinfectantes en gel

Un gel o coloide es un sistema semisólido formado por líquidos gelificados utilizando un agente gelificante. Están compuestos por una red continua de macromoléculas interconectadas y entrelazadas en una estructura tridimensional, atrapando la fase continua líquida y dando características de un semisólido. Se puede concebir como un estado en el que las macromoléculas coloidales se orientan formando fibrillas que al interactuar establecen un esqueleto como soporte para la retención del agua en el medio (Domínguez & Henríquez, 2016).

Los geles de una sola fase son los que se utilizan a nivel industrial por sus propiedades de estado semisólido, fácil aplicación, practicidad, aumentan el tiempo de contacto del componente activo con la superficie (Domínguez & Henríquez, 2016).

Al aumentar la adhesividad se mantiene el principio activo en contacto con la superficie por un periodo prolongado, aumentando su efectividad en contra de los microorganismos. Por otro

lado tienen la ventaja de humectación y se puede controlar su evaporación y absorción (Domínguez & Henríquez, 2016).

## E. Tipos de coloides:

### Coloides liófilos

Son aquellos que tienen una mayor afinidad por el medio dispersante, por ejemplo si este fuera agua se le llama un coloide hidrófilo. En este caso las partículas tienen una fuerte atracción por el agua dispersante, eso provoca que el coloide retenga el agua aumentando la viscosidad del sistema. Algunos ejemplos son los almidones, proteínas y polímeros sintéticos elevados. La ventaja de estos es la velocidad de formación de la gel debido a su afinidad con las moléculas de agua que la rodean (Domínguez & Henríquez, 2016).

### Coloides Liófilos

Estos coloides presentan muy poca o nula afinidad por el medio dispersante. Por ejemplo el agua fuera el dispersante, se le llama coloide hidrófobo. En estos casos para que las partículas coloidales se dispersen y mantengan en el agua se requiere agregarles un agente químico adicional, considerando un coloide protector (que tiene características hidrófilas e hidrófobas), dándole al medio propiedades de ambos. Comercialmente se utiliza el carbopol, que es el agente gelificante y necesita trietanolamina para la formación del gel (Domínguez & Henríquez, 2016).

### Surfactantes

Son sustancias empleadas para disminuir la tensión superficial entre la fase dispersa y continua. Al disminuir la tensión superficial en las dos fases de una emulsión se provocará de forma más fácil. La naturaleza de estos agentes es lipofóbica y lipofílica, con el objetivo de tener actuar tanto en productos hidrofóbicos e hidrófilicos. Estos son aplicados industrialmente por propiedades como: detergentes, espumantes, capacidad solubilizante, emulsionante, humectante y dispersante (Morales, 2007).

## F. Pruebas de estabilidad

Son pruebas realizadas para recopilar información sobre las condiciones en las que se debe procesar y almacenar materias primas o productos semielaborados o finales. Estas también se realizan para determinar la vida útil del producto en ciertas condiciones de almacenamiento (Rojas, 2013).

### Pruebas de estabilidad acelerada

Son estudios realizados con el objetivo de aumentar la tasa de degradación química o física de un producto, se realiza a condiciones extremas de almacenamiento. Estos estudios tienen como fin determinar los parámetros cinéticos en los procesos de degradación y así poder predecir la vida útil del producto en condiciones normales de almacenamiento. Se realizan aumentando la temperatura, humedad y/o intensidad de luz, en su almacenamiento. También se deben realizar estudios en condiciones normales de almacenamiento (Rojas, 2013).

### Parámetros en las pruebas de estabilidad

Físicos: Se deben realizar anotaciones de los cambios en las propiedades físicas respecto a las originales tales como color, olor, aspecto, precipitaciones entre otros. Se realizan mediciones de viscosidad, densidad, índice de refracción entre otros. Químicos: Se controlan los límites especificados para la integridad del producto en su estructura química, como lo es el principio activo del producto, los ingredientes y parámetros necesarios para el funcionamiento correcto. En algunos casos también se evalúan factores de funcionalidad y seguridad, siendo el primero las características que deben ser mantenidas para el funcionamiento correcto del producto. Por otro lado la seguridad hace referencia a cambios que afecten la seguridad hacia el consumidor en el uso del producto (Rojas, 2013).

## G. Efectos térmicos en los procesos de mezclado

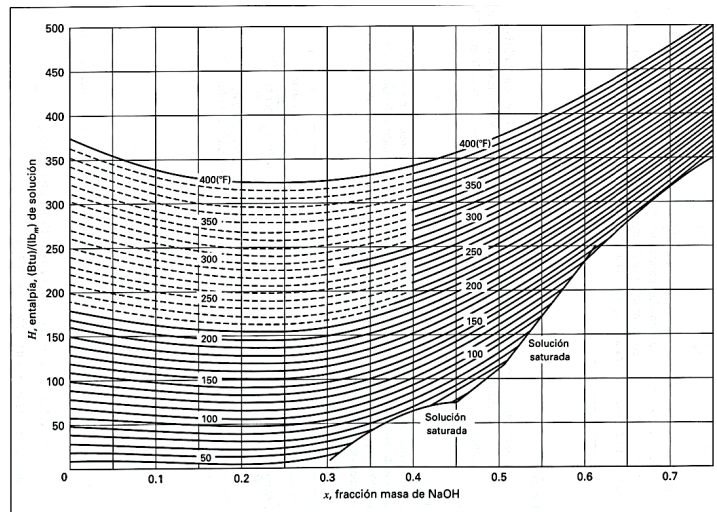
El calor de mezclado se define como el cambio de entalpía cuando las especies se mezclan a una presión y temperatura constantes, formando un mol de solución. Para determinar este calor en sistemas binarios se utiliza la siguiente ecuación:

$$H = x_1H_1 + x_2H_2 + \Delta H \quad (1)$$



Con esta ecuación se puede determinar las entalpías de mezclas binarias a partir de la información de entalpía para cada una de las especies. Si se tiene la información de capacidades caloríficas de cada especie pura y de mezcla, se puede determinar el calor de mezclado a otra temperatura, utilizando un método análogo al de calor estándar de reacción a altas temperaturas (Smith, Van Ness & Abbot, 2007).

**Figura 1-** Diagrama entalpía composición para el sistema hidróxido de sodio en agua



(Smith, Van Ness & Abbot, 2007)

## H. Viscosidad

La viscosidad es la medida de la resistencia al flujo de un sistema sobre algún estrés. Mientras más viscoso sea un líquido, necesitará más fuerza para provocar movimiento sobre el mismo. Se expresa con la siguiente ecuación de Newton (Thompson, 2004).

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{dv}{dr}$$

La viscosidad de los fluidos depende tanto de la presión como de la temperatura, por lo general la de la presión es despreciable por sus ligeros cambios. Para fluidos incompresibles la viscosidad disminuye al aumentar la temperatura, mientras que para los compresibles aumenta la viscosidad al aumentar la temperatura. Esta diferencia hace referencia a la diferencia de la estructura molecular (Thompson, 2004).

## Viscosidad dinámica “ $\mu$ ”

Es la propiedad de los fluidos caracterizada por su resistencia a fluir, debido al rozamiento entre las moléculas. La unidad tradicional utilizada es el poise (p), que se refiere al esfuerzo cortante en dinas requerido para producir una velocidad de 1 cm/s. Sin embargo, la más utilizada es el centipoise (cP) que es igual a 0.01 poise. En el Sistema Internacional, la unidad utilizada es el pascal segundo (Pa.s), que es igual a N.s/m<sup>2</sup> y equivale a 10 poise (Thompson, 2004).

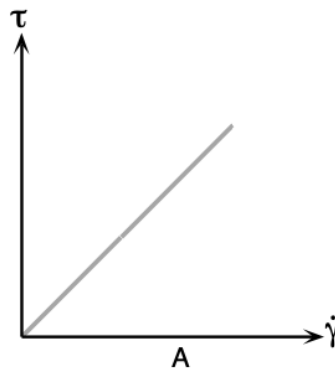
## Viscosidad cinemática

Es la medida de la resistencia al movimiento del fluido, al ser afectado por la fuerza gravitacional. Para realizar la medición de esta se debe utilizar un volumen fijo y hacerlo fluir por gravedad en una distancia conocida a través de un capilar calibrado. Las unidades de medidas para esta viscosidad son milímetros cuadrados por segundo o también los centistokes (cSt). En estas pruebas de viscosidad es necesario reportar la temperatura a la que se realizó el estudio (Thompson, 2004).

## Fluido Newtoniano

Es un tipo de comportamiento de los fluidos. Se puede definir como fluido newtoniano uno que su relación entre esfuerzo cortante y la velocidad de deformación lineal con intercepto en el origen. Es decir la viscosidad del fluido no se ve afectada por la velocidad de deformación, únicamente por cambios de temperatura. Algunos ejemplos típicos de estos es el agua y el aceite de los motores. Este tipo de fluidos tiene una viscosidad determinada a una temperatura estándar (Brookfield, 2017).

**Figura 2-** Esfuerzo cortante vs velocidad de deformación para fluidos newtonianos



(Brookfield, 2017)

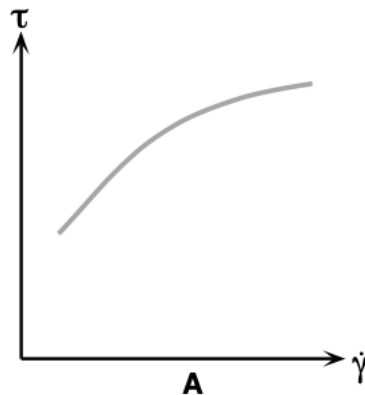
## Fluidos no newtonianos

Este tipo de fluidos no tiene una relación lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación. En otras palabras la viscosidad variará dependiendo del esfuerzo cortante que se realice sobre el fluido. La viscosidad determinada en este tipo de fluidos es llamada viscosidad aparente, ya que se debe definir el esfuerzo cortante al que se realizó la medición y la temperatura (Brookfield, 2017). Algunos tipos de fluidos no newtonianos son los siguientes:

### Pseudoplástico

Este tipo de fluidos presenta una disminución de la viscosidad cuando se aumenta la velocidad de corte. Algunos ejemplos de este tipo de fluidos son pinturas, emulsiones y dispersiones de muchos tipos (Brookfield, 2017).

**Figura 3-** Esfuerzo cortante vs velocidad de deformación para fluidos pseudoplástico

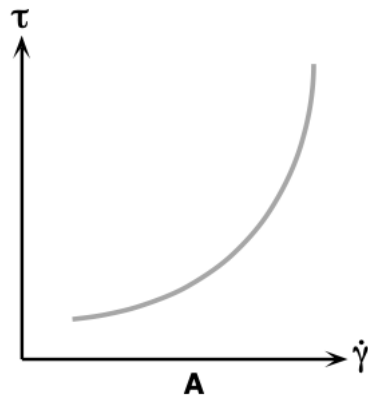


(Brookfield, 2017)

### Dilatante

El comportamiento de la viscosidad en estos fluidos aumenta dependiendo del esfuerzo cortante, como se muestra en la siguiente Figura. Estos fluidos por lo general tienen niveles altos de sólidos defloculados, como arcilla, dulces y arena en agua (Brookfield, 2017).

**Figura 4-** Esfuerzo cortante vs velocidad de deformación para fluidos dilatantes

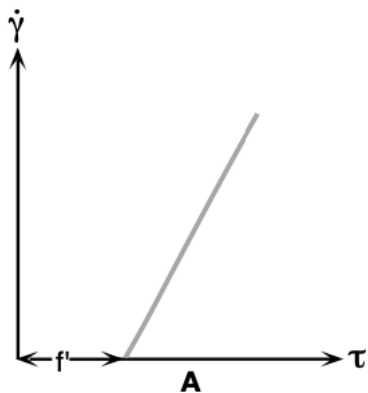


(Brookfield, 2017)

### Plásticos

Este tipo de fluidos se comporta como sólido bajo ciertas condiciones. Se debe aplicar cierto esfuerzo cortante para que el fluido tenga fluidez, este estrés es llamado “tensión de fluidez” ( $f'$ ). Como por ejemplo la ketchup, que se puede mover luego de aplicar cierta tensión, tal como se muestra en la siguiente gráfica (Brookfield, 2017).

**Figura 5-** Esfuerzo cortante vs velocidad de deformación para fluidos plásticos



(Brookfield, 2017)

## I. Resistencia de materiales de construcción en contacto con solución de hipoclorito de sodio

**Cuadro 1-** Resistencia de materiales de construcción en solución de hipoclorito de sodio

Solución Química	PP Santoprene® EPDM	Versilon®	PVC	LDPE	FKM	Silicone	Tántalo
Hipoclorito de Sodio, 5%	A*	B	A	A	A	B	A

(STENNER, 2016)

La resistencia de materiales del hipoclorito al 5 % m/m presenta un buen comportamiento en compuestos de polipropileno (PP), policloruro de vinilo (PVC), polietileno de baja densidad, y tántalo. Siendo estos materiales para almacenamiento de soluciones de hipoclorito de sodio con una concentración igual o menor al 5 % m/m.

**Cuadro 2-** Resistencia de distintos aceros inoxidable en solución de hipoclorito de sodio

MEDIO	CONCEN.	TEMP.	CALIDAD AISI			
CORROSIVO	%	°C	316	304	430	410
Sodio - Hipoclorito de	5	20	A	B	C	C

(MAINCO, 2021)

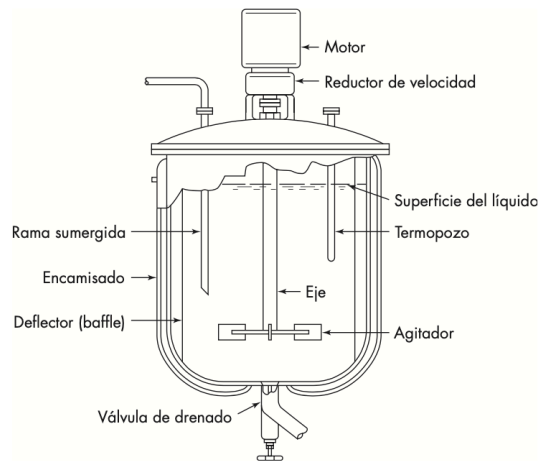
Para los aceros, se tiene como referencia este Cuadro de corrosión, donde para concentraciones iguales o menores a 5 % m/m de soluciones de hipoclorito de sodio, el acero inoxidable 316 es el único que presenta un buen comportamiento y resistencia contra este químico. Se estima un tiempo de vida de 5 años, según datos proporcionados por MAINCO.

## J. Tanque agitado

Por lo general tienen una forma cilíndrica con un eje vertical y la parte superior del tanque se encuentra cerrada, aunque existen algunos que se encuentra abierta al aire. El diseño estándar del fondo de este tipo de tanque es redondeado, para evitar que existan esquinas donde no penetren las corrientes del fluido. En los tanques típicos el diámetro es igual a la altura del líquido con el que se trabajará. El agitador se instala sobre el eje que se encontrará sostenido sobre la parte superior del

tanque y será accionado usando un motor, que comúnmente se encuentra conectado al eje por una caja reductora de velocidad. Los instrumentos adicionales que se utilizan en estos tanques son de medición de temperatura, líneas de salida y pozo para termómetros u otros equipos utilizados para mediciones (McCabe, Smith, & Harriot, 2007).

**Figura 6-** Tanque agitado con características típicas



(McCabe, Smith, & Harriot, 2007)

## Agitadores

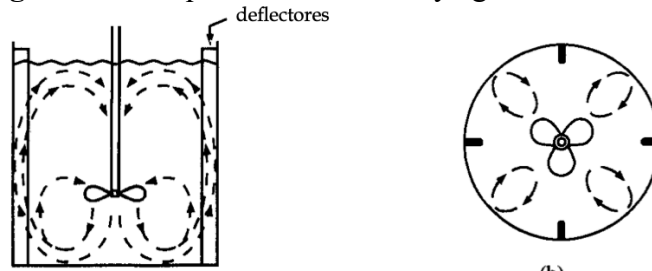
Los tipos de agitadores se dividen en dos clases que son; impulsores de flujo axial e impulsores de flujo radial. El primero tipo genera corrientes paralelas al eje del impulsor, mientras que el segundo genera corrientes en dirección tangencial (Geankopolis, 1998).

## Tipos de agitadores

### Propulsor de tres aspas

Es uno de los agitadores más utilizados y su forma es similar a la turbina de un motor para lanchas. Este puede ser móvil para así introducirlo lateral en el tanque o montarlo en una pared y sumergirlo al momento de realizar la mezcla. Estos operan a velocidades entre 400 y 1750 rpm y se utilizan para líquidos con viscosidades bajas (Geankopolis, 1998).

**Figura 7-** Tanque con deflectores y agitador de tres aspas

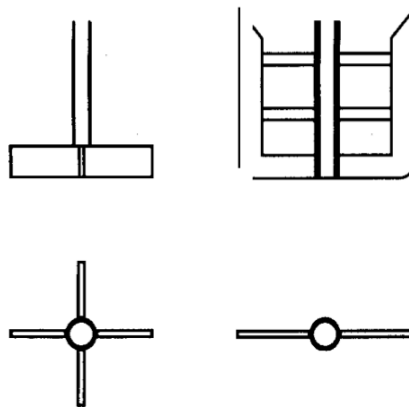


(Geankopolis, 1998)

### Paleta

Se utiliza para velocidades entre 20 y 200 rpm, alterando la cantidad de paletas utilizadas. El propulsor de paletas tiene una longitud entre el 60 al 80% del diámetro del tanque, con un ancho de paleta entre  $1/6$  a  $1/10$  de su longitud. A velocidades bajas, se obtiene una agitación sin necesidad de deflectores. Por otro lado a velocidades altas si se necesitan, ya que de lo contrario se formarían remolinos y no se mezclaría por completo. Este no se utiliza para sólidos suspendidos ya que tiene un buen flujo radial, pero poco flujo axial. Es utilizado para procesamiento de pinturas, cosméticos y adhesivos (Geankopolis, 1998).

**Figura 8-** Agitador de paleta de cuatro aspas y paleta de compuerta



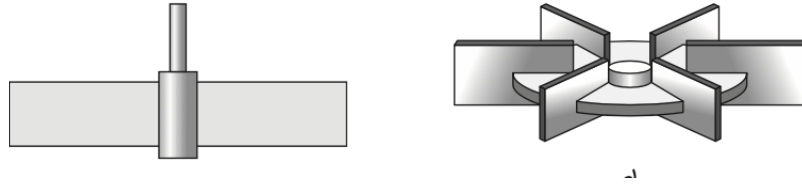
(Geankopolis, 1998)

### Turbina

Cuando se manejan diferentes viscosidades dentro del tanque, se utiliza este tipo de agitadores. Por lo general, el diámetro varía entre 30 y 50 % del diámetro del tanque y se utiliza entre cuatro y seis aspas. Las turbinas que tienen aspas planas tienen un mayor flujo radial. Cuando

las turbinas tienen una inclinación de  $45^\circ$ , tienen parte de flujo axial, por lo que se encontrarán los dos tipos de flujo. Estos son empleados en la mezcla de sólidos en suspensión, ya que las corrientes fluyen hacia abajo y mueven los que se encontraban depositados (Geankopolis, 1998).

**Figura 9-** Turbina simple de pala recta y de disco

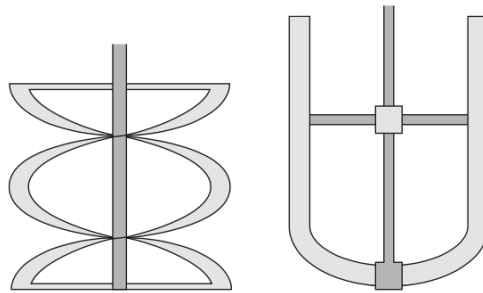


(Geankopolis, 1998)

#### Banda helicoidal

Se utiliza para soluciones con viscosidades altas y opera en la región laminar, por lo que es adecuado en bajas velocidades. La banda tiene una forma helicoidal y se encuentra unida al eje central. Debido al movimiento de giro el fluido se mueve hacia abajo en el centro y por los lados hacia arriba. Existen tipos de banda helicoidal doble y con tornillo (Geankopolis, 1998).

**Figura 10-** Agitadores de banda helicoidal de cinta de doble trayectoria y de ancla



(Geankopolis, 1998)



**Cuadro 3-** Parámetros de viscosidad y velocidad lineal para la selección de agitador

<b>Agitador</b>	<b>Viscosidades</b>	<b>Velocidad lineal</b>
<b>Propulsores de tres aspas</b>	< 8 Pa.s (8,000cP)	2 < x < 15 m/s
<b>Turbinas</b>	< 10 Pa.s (10,000cP)	3 < x < 8 m/s
<b>Paletas</b>	< 10 Pa.s (10,000 cP)	2 < x < 5 m/s
<b>Helicoidales</b>	<50 Pa.s (50,000 cP)	0.3 < x < 3 m/s

Nota:

Para viscosidades mayores a 5 Pa.s (5,000 cP) no se necesitan los deflectores porque hay poca turbulencia. (DIN, 1992)

## K. Número de Reynolds

Es un número adimensional utilizado para definir el tipo de flujo en un segmento que se encuentra en movimiento. Estos regímenes dependen de la velocidad, diámetro, densidad y viscosidad del fluido. La transición de flujo laminar a turbulento se encuentra en un intervalo grande de Reynolds. En una tubería se define el flujo como laminar cuando el valor del número de Reynolds se encuentra en valores inferiores a 2100. La región de transición se encuentra en los valores entre 2100 y 4000. Mientras que la región turbulenta ocurre a números de Reynolds mayores a 4000. La siguiente ecuación define el número de Reynolds:

$$Re = \frac{D\bar{V}\rho}{\mu} = \frac{D\bar{V}}{\nu} \quad (1)$$

Donde:

D= diámetro del tubo, en m

$\bar{V}$ = velocidad promedio del líquido, en m/s

$\rho$ = Densidad del fluido en kg/m<sup>3</sup>

$\mu$ = Viscosidad en kg/m.s.

(McCabe, Smith, & Harriot, 2007)

Consumo de potencia por agitación

Para el diseño de un tanque de agitación se debe determinar la potencia necesaria para mover el impulsor. Debido a que no se puede determinar de forma teórica, se cuenta con ciertas relaciones empíricas para estimar los requerimientos de potencia (Geankopolis, 1998).

$$N'_{Re} = \frac{D_a^2 N \rho}{\mu} \quad (2)$$

Donde:

$D_a$ = Diámetro del agitador, en m

$N$ = La velocidad de rotación en rev/s

$\rho$ = Densidad del fluido en  $\text{kg/m}^3$

$\mu$ = Viscosidad en  $\text{kg/m.s}$ .

(Geankopolis, 1998)

El flujo será laminar cuando se obtenga un número de Reynolds del impulsor menor a 10 y turbulento para cuando se encuentre mayor a 10,000. Cuando se obtiene un valor en un intervalo entre 10 y 10,000, el régimen se encontrará en la región de transición, que se encontrará turbulento en el impulsor y laminar en ciertas partes del tanque. Para determinar el consumo de potencia se debe relacionar el número de potencia en función del número de Reynolds para el impulsor (Geankopolis, 1998).

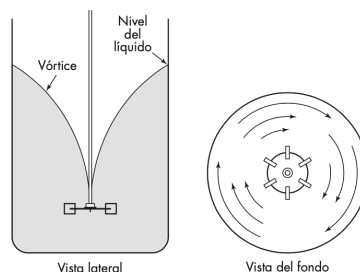
$$N_p = \frac{P}{\rho N^3 D_a^5} \quad (3)$$

(Geankopolis, 1998)

## L. Patrones de flujo

La dirección del flujo y velocidad en un tanque agitado depende de varios factores: proporciones del tanque, deflector, agitador y características del líquido, en especial la viscosidad. La velocidad se compone de tres tipos radial, longitudinal y tangencial. La primera es la que actúa en dirección perpendicular al agitador. La segunda de forma paralela al agitador y la tangencial es aquella que ocurre de forma tangente a la trayectoria del eje. Los componentes radial y longitudinal son necesarios para un mezclado homogéneo. Se debe tomar en cuenta que si el eje se encuentra en el centro, no será útil el movimiento tangencial ya que se puede crear vórtices (McCabe, Smith, & Harriot, 2007).

**Figura 11-** Patrón de flujo turbulento (Turbina de flujo radial sin deflectores)

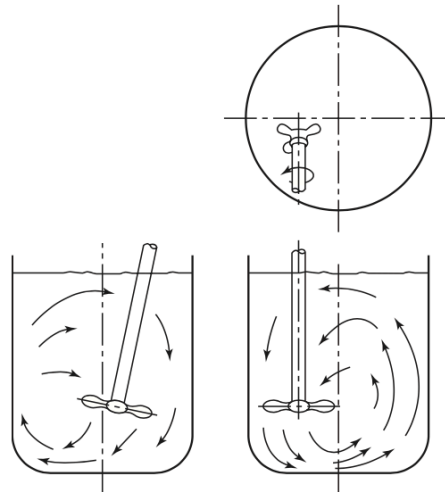


(McCabe, Smith, & Harriot, 2007)

## Prevención del vórtice

Cuando se usan tanques pequeños, se puede emplear el agitador no centrado para evitar la formación de vórtice en el mismo. Se puede llevar a cabo inclinando el impulsor o moviendo el eje a un costado del tanque como se muestra en la Figura 13. En tanques medianos se debe instalar el agitador al lado del tanque, con el eje en el plano horizontal formando un ángulo con el radio. Por otro lado en tanques grandes es necesario instalar deflectores para impedir el flujo tangencial sin afectar al longitudinal o radial (McCabe, Smith, & Harriot, 2007).

**Figura 12-** Patrón de flujo con agitación no centrada



(McCabe, Smith, & Harriot, 2007)

## M. Llenadoras de líquidos

Estos equipos funcionan bajo la operación unitaria de llenar o colocar el producto final en un envase o contenedor, para el consumo final. Estas pueden ser de dos tipos de llenado:

### Volumétricas

El funcionamiento de estas se basa en realizar el proceso en función del volumen especificado. Se realiza la medición por medio de un medidor de caudal, que se encuentra instalado en cada una de las boquillas de llenado, que se encargan de la dosificación. Estas pueden ser empleadas para distintas viscosidades, desde agua hasta cosméticos con viscosidades altas. El funcionamiento de estas se basa en un pistón, que es el encargado de succionar una cantidad

establecida de líquido para luego ser dosificada. Es importante realizar la calibración de forma manual, para asegurarse del cumplimiento en la dosis especificada.

#### Nivel

Son también llamadas de tipo “overflow”, ya que toman en cuenta el nivel de la botella estimando el contenido de la botella con menor cantidad. Se fija el nivel con un orificio de retorno en la caña. Su principal ventaja es la uniformidad aparente del producto que se desea embotellar. Estas llenadoras poseen una bomba que se encarga de presurizar las mangueras con el líquido a llenar. Se colocan las botellas bajo las boquillas en serie, donde sale el líquido llenando hasta el nivel deseado. Estos equipos son utilizados para llenar jugos, salsas, aguas y solventes.

#### Ponderal

El proceso de llenado en estos equipos se realiza usando una báscula calibrada de acuerdo con la botella a llenar. En este tipo se pesa el producto que entra en la botella con un sensor de masa.

## N. Tipos de medidores de flujo

### Medidor de presión diferencial

Miden el flujo de líquido dentro de la tubería por medio de una constricción que causa una caída de presión, su funcionamiento es similar al venturi. Los sensores de presión miden la presión antes y después de este cambio de presión. Se determina el flujo a partir de la caída de presión y la tasa de flujo establecida por el instrumento. Este tipo de medidores es adecuado para aplicaciones que utilizan filtros, intercambiadores de calor, dispositivos de prevención de reflujo entre otros. Su principal ventaja es que no tienen partes móviles, por lo que su mantenimiento será mínimo (BadgerMeter, 2020).

### Medidores ultrasónicos

Estos determinan la velocidad del fluido a partir del tiempo de tránsito también llamado tecnología “Doppler”, que mide la diferencia de frecuencia de las ondas sonoras de las burbujas o de partículas en la corriente. Esta se recomienda para la medición de líquidos aireados o sucios. Su tecnología se basa en el tiempo que transcurre entre las señales que se envían aguas arriba y aguas

abajo. Una de sus principales ventajas es la precisión que presentan y un mantenimiento bajo (BadgerMeter, 2020).

#### Medidores electromagnéticos

Estos equipos funcionan bajo la ley de Faraday de inducción electromagnética, para medir la velocidad del líquido. Según este principio, un conductor que se mueve por medio de un campo magnético produce una señal eléctrica dentro del conductor, con una relación directa entre la velocidad de flujo y la mencionada previamente. Estos medidores detectan cambios de voltaje, causados por la velocidad de las partículas. Este instrumento no presenta partes móviles, son principalmente empleados en procesos de aguas residuales (BadgerMeter, 2020).

#### Medidores de área variable

Estos instrumentos contienen un orificio dentro del pistón, formando una abertura con el cono de medición. Dentro del sistema se encuentra un imán cilíndrico de cerámica, acoplado a un indicador de flujo que se mueve dependiendo del flujo al que se ve sometido. Las principales ventajas de este instrumento es su facilidad de uso y mantenimiento, no se necesitan otros componentes para la medición y tienen un costo bajo (BadgerMeter, 2020).

#### Medidores de turbina

Estos medidores aprovechan la energía mecánica del líquido, girando el rotor que se encuentra dentro del sistema. La velocidad de rotación esta relacionada directamente con la velocidad de flujo que pasa por el instrumento. Estos medidores presentan lecturas de flujo volumétrico confiables, alta precisión, flexibilidad de medición a distintas temperaturas y presiones (BadgerMeter, 2020).

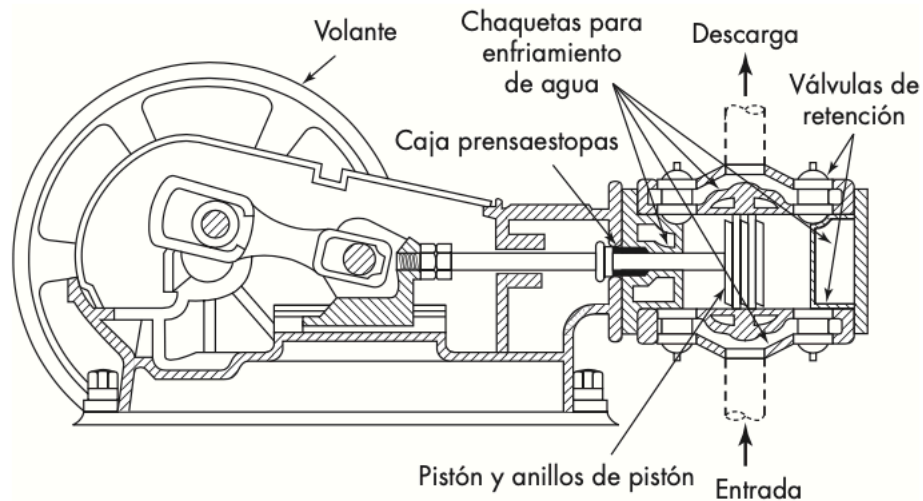
### O. Compresores

Equipos empleados para comprimir y mover gases. Su funcionamiento parte del aumento de presión de un fluido compresible, mediante el intercambio de energía entre la máquina y el fluido con el que se trabaja (McCabe, Smith, & Harriot, 2007).

## Compresores de desplazamiento positivo

Estos equipos se emplean para presiones de descarga hasta 6 atm, aproximadamente. Las piezas de estos son aspas móviles, tipo tornillo y compresores líquido-pistón. Su funcionamiento es enfocado en presiones de descarga elevadas y velocidades de flujo moderadas. Estas máquinas operan de la misma forma que las bombas reciprocantes, con la diferencia en la dificultad de la prevención de fugas y se debe tomar en cuenta el aumento de temperatura. Por lo general, estos se encuentran accionados por un motor y en la mayoría de los casos son de doble acción (McCabe, Smith, & Harriot, 2007).

**Figura 13-** Esquema de compresor de desplazamiento positivo tipo reciprocantes



(McCabe, Smith, & Harriot, 2007)

## Compresores centrífugos

Los de tipo centrífugo son de múltiple etapa y contienen una serie de impulsores en un solo eje que gira a altas velocidades. En los canales interiores se mueve el fluido desde la descarga de un impulsor hasta la entrada del siguiente. Estos equipos son empleados para volúmenes grandes de aire o gas procesado ( hasta 340000 m<sup>3</sup>/h) en la entrada y la descarga se da a una presión de hasta 20 atm. Estos equipos requieren de secciones de enfriamiento entre cada una de las etapas (Petter, 2003).

## P. Bombas

Equipos utilizados para mover líquidos de una ubicación a otra a través de conductos. La diferencia entre una bomba y un compresor es que el primero es utilizado para fluidos líquidos mientras que el segundo para gases. Los principales requerimientos para tomar en cuenta son la succión y entrega de presiones, pérdida de presión en transmisión y el flujo másico. Las principales fuentes de movimiento que causan flujo son; gravedad, fuerza centrífuga, fuerza electromagnética, transferencia de momento e impulso mecánico (DeNevers, 1991).

### Bombas de desplazamiento positivo

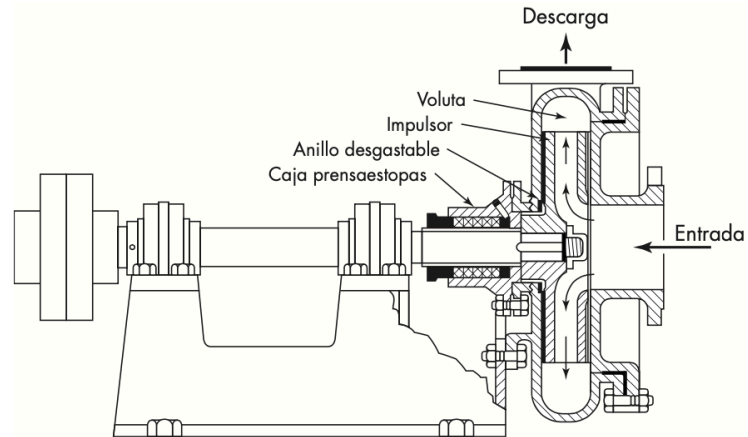
En este tipo de bombas ingresa un volumen determinado de líquido en una cámara, que se llena desde la entrada y sale por la descarga a una presión mayor. Las bombas de desplazamiento positivo se subdividen en reciprocantes y rotatorias. Un ejemplo de estas son las bombas de aceite que utilizan la mayoría de los carros y los corazones de la mayoría de los animales. (DeNevers, 1991).

El funcionamiento de las bombas de desplazamiento positivo es el siguiente, el primer paso consta de la carrera del pistón hacia abajo, creando vacío en el cilindro. La presión del fluido que ingresa es suficientemente alta para abrir la válvula que se encuentra del lado izquierdo y así ingresar al cilindro. Luego el pistón llega hasta la parte baja del cilindro y comienza la carrera hacia arriba, provocando un aumento de presión mayor al que ingreso el fluido. La válvula del lado derecho se abrirá hasta que alcance la presión deseada y esta se abrirá liberando el fluido (DeNevers, 1991).

### Bomba centrífuga

La acción centrífuga de la bomba aumenta la energía mecánica del líquido. El líquido entra a través de la conexión concéntrica al eje llamado impulsor, que se compone por aspas radiales. Luego fluye hacia fuera por los espacios entre las aspas y sale con una velocidad considerablemente mayor a la de la succión. En una bomba que funciona de forma correcta el espacio entre las aspas se encuentra lleno evitando la cavitación (McCabe, Smith, & Harriot, 2007).

**Figura 14-** Diagrama de una bomba centrífuga de succión sencilla



(McCabe, Smith, & Harriot, 2007)

**Cuadro 4-** Características de bombas de desplazamiento positivo y centrífugas

<b>Característica</b>	<b>Bomba desplazamiento positivo</b>	<b>Bomba centrífuga</b>
Caudal normal	Bajo	Alto
Aumento de presión normal por etapa	Alto	Bajo
Variable constante sobre el rango de operación normal	Caudal	Caída de presión
Cantidad de piezas móviles y de desgaste	Muchas	Pocas
Corriente de salida	Pulsante	Constante
Operación en fluidos viscosos	Sí	No

(DeNevers, 1991)



## V. Antecedentes

### A. Hipoclorito de sodio como desinfectante

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA, por sus siglas en inglés) determinó un listado de compuestos desinfectantes que pueden ser utilizados para eliminar el SARS-CoV-2 (COVID-19). Dentro de esta lista, se encuentran 74 productos que tienen como ingrediente activo el hipoclorito de sodio. La concentración de este agente activo en los productos varía en un rango entre el 2 % hasta el 7.5 % (m/m), con lo cual se elimina el virus en un lapso hasta de un minuto. Cabe mencionar que, en este listado, cuatro de los productos se catalogan como “cloro gel” (EPA, 2021).

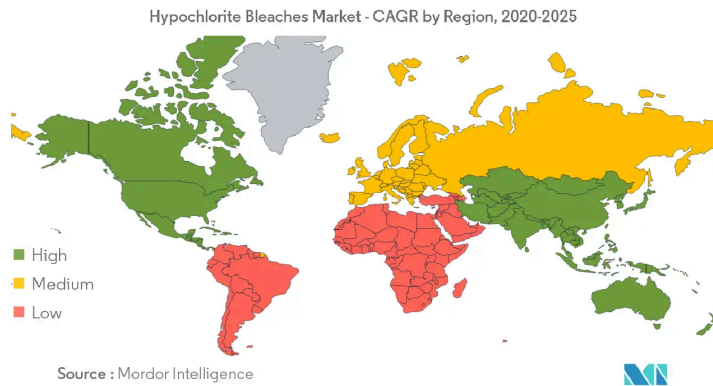
La Organización Mundial de la Salud recomienda utilizar soluciones acuosas de hipoclorito de sodio al 1 % m/m para la desinfección de superficies. Se menciona que primero estas deberán limpiarse con un detergente para remover la suciedad. Se recomienda también que se envase y almacene dichos productos de desinfección en empaques opacos para evitar exposición a la luz y que no exceda una temperatura de 30 °C (World Health Organization, 2020).

### B. Crecimiento del mercado de desinfectantes

El mercado de desinfectantes, durante el 2019, se encontraba valorado en US\$ 0.66 billones de dólares, esperando que para el 2023 tenga un incremento del 10.02 % y que se estabilizará en aproximado de US\$ 1.04 billones de dólares (tasa de cambio de Q 7.73802 por 1 USD el 13 de agosto del 2021). Este aumento se debe principalmente a la reciente pandemia del COVID-19, ya que el virus es transmitido, en muchos casos, por el contacto con superficies contaminadas. El virus, al ser principalmente una proteína, queda inactivado por desinfectantes químicos, razón por la cual se ha provocado este aumento en la demanda de estos productos (Wood, 2020).

Se espera que Norte América y Centro América tengan un crecimiento alto en el mercado de productos que contengan hipoclorito de sodio, como se muestra en la Figura 1.

**Figura 15-** Crecimiento del mercado de soluciones de cloro para los años entre 2020 y 2025,



(Extraída de Mordor Intelligence, 2020)

### C. Información proporcionada por la empresa

La empresa que solicitó este estudio se especializa en detergentes líquidos y soluciones de hipoclorito de sodio. Posee tres líneas de producción para satisfacer la demanda actual de estos productos. Dos de ellas están destinadas a la fabricación, envasado y empaque de desinfectantes y detergentes, usando llenadoras automáticas, mientras que el etiquetado y el taponado se realizan de forma manual. La otra línea de producción produce soluciones acuosas de hipoclorito de sodio al 3 % m/m, partiendo de diluciones de una solución madre, a una concentración mayor. Se cuenta con equipo para llenado en empaque tipo “Sachet” y galón, etiquetando y taponando de forma manual.

La empresa ya cuenta con equipos y sistemas que podrán ser utilizados e incorporados a la línea de producción propuesta para la fabricación y envasado del producto propuesto. Los principales que se tomaron en cuenta fueron: compresores, planta de tratamiento de aguas residuales, planta de tratamiento de ósmosis inversa, tanque reservorio de agua desmineralizada y tanque reservorio de hipoclorito de sodio (ambos de 10 m<sup>3</sup> de capacidad nominal), tanque reservorio de producto terminado (2.6 m<sup>3</sup> de capacidad nominal) bombas neumáticas para soluciones de hipoclorito de sodio, bombas centrífugas para desarrollar el flujo de los tanques reservorios de agua a los tanques de mezcla y sistema de tuberías de agua desmineralizada, agua de limpieza y aire comprimido. Se tiene disponibilidad de 169.5 m<sup>3</sup>/h (100.0 SCFM) a una presión promedio de 600 kPa (87.0 psig) de aire filtrado y seco. Actualmente, la empresa cuenta con un total de 36 empleados para el área de Producción, Control de Calidad y Bodega.

**Figura 16-** Esquema de planta de producción con espacio disponible para nueva línea de producción



**Notas:**

Todas las medidas están en mm a una escala: 2/55

Las líneas verdes corresponden a las tuberías de agua, la roja a solución de hipoclorito de sodio (12 % m/m), la azul a la línea de aire y la amarilla a conexiones eléctricas actuales de la planta.

Los equipos instalados, se encuentran en color verde (compresores, tanques reservorios de agua desmineralizado y solución madre de hipoclorito de sodio (12 % m/m) y cuarto de maquinas).

El espacio disponible para la implementación de la nueva línea de producción cuenta con dos reposaderas sanitarias para el drenaje del agua de limpieza

El piso de la planta de producción es de concreto pulido con curvas sanitarias.

La planta cuenta con iluminación natural (ventanas en la parte superior de las paredes) y con luminarias suspendidas del techo.

La altura máxima de la nave es de 5 m.

El laboratorio de Control de Calidad cuenta con equipo para realizar mediciones analíticas, fisicoquímicas y microbiológicas, tales como; viscosidad (viscosímetro Brookfield), densidad (balanzas analíticas y probetas), concentración de NaOCl (pipeta volumétrica, soluciones de yoduro de potasio y ácido acético glacial), ° Brix (refractómetro), pH (potenciómetro), siendo estos los que fueron utilizados para la realización del presente estudio. En promedio cada dos horas se realizan estas pruebas en el laboratorio.

El Departamento de Mercadeo de la empresa realizó un estudio para determinar las características y envasado para un producto tipo cloro gel, obteniendo el pronóstico de ventas y las especificaciones para producto, de acuerdo a datos de la competencia, para desarrollar las formulaciones que fueron evaluadas y luego determinar, la formulación que se presenta en este estudio. Del estudio anterior se obtuvo que la producción estimada debería ser de 80,000 unidades de producto tipo cloro gel (unidades de 500 mL) por mes, al finalizar el primer año de producción. Mercadeo también definió un crecimiento esperado del 5 % anual con una participación del 35 % en el mercado.

Las características fisicoquímicas promedio de los productos de la competencia fueron: viscosidad entre 1,400 – 2,200 cP, densidad entre 1.060 – 1.075 g/cm<sup>3</sup>, pH entre 12.85 – 13.25 y porcentaje de hipoclorito de sodio entre 2.5 – 3.5% (m/m). Estos productos se encuentran en una presentación de 500 mL, con un tiempo de vida en un rango entre uno y dos años (datos de etiquetas y lote de producción). De los productos analizados tres son importados y uno es fabricado en Guatemala. El principal uso del producto será la limpieza de loza sanitaria de baños. Se definió un aroma cítrico ya que es el adecuado, por recomendación del proveedor. Según el Departamento de Mercadeo, las presentaciones de la competencia presentaron un empaque consistente en botellas opacas de polietileno de alta densidad, con cuello de cisne, inserto, tapa y una etiqueta adhesiva de 5 x 15 cm. El motivo de este empaque es por su versatilidad de uso dentro la taza del inodoro.

Por políticas de confidencialidad de la empresa no se indicará el nombre de la empresa, localización, marca del producto, diseño de etiqueta y proveedores de materias primas.

## VI. Metodología

Todo el equipo y reactivos requeridos fue proporcionado por la empresa

### Equipo:

- Termómetro digital marca “Taylor”, modelo 9847N con una precisión  $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$
- Agitador marca DLAB, modelo OS20-S de tipo propela
- Balanza analítica marca Veritas, modelo M124A con un rango de 0.001 – 999.999 g con una precisión  $\pm 0.0003$  g
- Potenciómetro marca APERA, modelo PH700 con una precisión  $\pm 0.005$
- Viscosímetro marca BROOKFIELD, modelo DVE-110 con una precisión  $\pm 0.5$  cP
- Micropipeta marca DLAB rango de 100 – 1000  $\mu\text{L}$
- Pipeteador marca DLab, volumen máximo 25 mL
- Espátula analítica
- Vernier digital marca Black Box rango de medición de 0 – 150 mm y precisión  $\pm 0.03$  mm
- Refractómetro marca Hanna, modelo HI96800 con una precisión de  $\pm 0.2^{\circ}$
- Cámara de estabilidad marca Sysmedical a  $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de 35 %
- Cámara de estabilidad marca Sysmedical a  $45 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de 70 %
- Incubadora marca Permierre, modelo WHL-30B a  $36 \pm 1^{\circ}\text{C}$
- Baño térmico / ultrasonido marca Sonorex, modelo PS-10A, capacidad 2 L.
- Cinta métrica marca Truper, largo 10 m
- Nota: Todo el equipo es calibrado trimestralmente, por una empresa especializada y subcontratada. Para las mediciones, se tomó en cuenta esta calibración existente del equipo.

### Cristalería:

- Pipeta volumétrica marca Pyrex,  $10 \pm 0.2$  mL y  $5 \pm 0.2$  mL
- Bureta marca Marienfeld,  $50 \pm 0.10$  mL
- Beaker marca United de 250 mL, 500 mL y 3000 mL, de capacidad
- Ampolla de decantación marca QWORK, con una capacidad de 500 mL
- Probeta marca Pyrex de  $5 \pm 0.5$  mL,  $500 \pm 5$  mL,  $1000 \pm 10$  mL
- Erlenmeyer marca Pyrex de 250 mL
- Vidrio de reloj

### Reactivos:

- Petrifilm No. 6404 marca 3M para *Escherichia Coli/ Coliformes*
- Petrifilm No. 6475 marca 3M para mohos y levaduras
- Petrifilm No. 6400 marca 3M para recuento aeróbico
- Hisopos con agua peptonada marca 3 M
- Yoduro de potasio al 99 % de pureza, marca Merck, CAS 7681-11-0

- Tiosulfato de sodio al 99 % de pureza, marca Merck, CAS 7772-98-7
- Ácido acético glacial al 100 % de pureza, marca Merck, CAS 64-19-7

A. Calibración de los equipos, según procedimientos estándar de análisis de la empresa:

- Balanza analítica: Se preparó la balanza analítica, por medio de giros a perillas de su base para asegurar que este estaba centrado y nivelado, moviendo la burbuja indicadora al centro del círculo.
- Potenciómetro: Se calibró el potenciómetro utilizando soluciones buffer de pH 4, 7 y 10. Se presionó la tecla “CALIBRATE” y se sumergió el electrodo en la solución buffer de pH 7, hasta que indicara una lectura constante. Luego se presionó la tecla “ACCEPT” y se lavó el electrodo con agua desmineralizada. Se procedió a repetir el procedimiento con las soluciones buffer de pH 4 y 10, respectivamente.
- Viscosímetro: Se preparó el viscosímetro, por medio de giros a perillas de su base para asegurar que este estaba centrado y nivelado, moviendo la burbuja indicadora al centro del círculo.
- Refractómetro: Se calibró el refractómetro utilizando un gotero para medir 1 mL de agua desmineralizada, se vertió sobre el prisma del refractómetro y se presionó la tecla “ZERO”.

B. Caracterización de productos de la competencia, según procedimientos estándar de análisis de la empresa:

Se analizó el producto cloro gel A, B, C y D de la competencia y se realizó mediciones de viscosidad, densidad, potencial de hidrógeno, índice de refracción y concentración de hipoclorito de sodio por requerimientos de la empresa. Para la toma de muestras, se vertió 200 mL de cada producto en un beaker de 250 mL directamente de la botella. Se colocó el beaker en el baño ultrasónico por 15 minutos, para eliminar burbujas y estabilizar su temperatura a 20 °C. A cada muestra se le analizó los siguientes parámetros, en triplicado, obteniendo un promedio y desviación estándar correspondiente de las mediciones:

- Viscosidad:
  - Se analizaron las muestras estabilizadas a una temperatura de 20 °C y presión atmosférica de 102.2 kPa.
  - Se encendió el viscosímetro, presionando el switch que se encuentra en la parte de atrás del equipo.
  - Se quitó el protector del viscosímetro para luego colocar la aguja que se utilizará.
  - Con la tecla “SELECT SPINDLE” se seleccionó el número de aguja (2).
  - Con la tecla “SET SPEED” se seleccionó la velocidad deseada en revoluciones por minutos (20 rpm), ajustando con las flechas ascendente y descendente.
  - Se colocó el beaker de la muestra en la base del equipo y se sumergió la aguja, hasta la medida indicada en la aguja.
  - Se presionó el botón de encendido para que el viscosímetro midiera la viscosidad de la muestra y se tomó la lectura.
  - Se retiró la aguja, la muestra y se apagó el viscosímetro con el botón de apagado.

- Densidad:
  - Se analizaron las muestras estabilizadas a una temperatura de 20 °C y presión atmosférica de 102.2 kPa.
  - Se utilizó una probeta de 5 mL y se llenó hasta su capacidad máxima con la muestra del beaker.
  - Se determinó la masa utilizando una balanza analítica.
  - Se determinó la densidad con la siguiente ecuación:

Ecuación No. 1

$$\rho = \frac{\text{masa (g)}}{\text{volumen (mL)}}$$

- Potencial de hidrógeno:
  - Se analizaron las muestras estabilizadas a una temperatura de 20 °C y presión atmosférica de 102.2 kPa.
  - Se encendió el potenciómetro e introducir el electrodo directamente en la muestra.
  - Se dejó estabilizar la medición potenciométrica por cinco minutos y se tomó la lectura.
  - Se retiró el electrodo, se lavó con abundante agua desmineralizada y se apagó el equipo.
- Índice de refracción:
  - Se analizaron las muestras estabilizadas a una temperatura de 20 °C y presión atmosférica de 102.2 kPa.
  - Se encendió el equipo.
  - Se tomó aproximadamente 1 mL de la muestra, con un gotero.
  - Se agregó sobre el lector del equipo, se presionó la tecla “READ”, y se anotó el resultado medido.
  - Se limpió el medidor de sólidos utilizando agua desmineralizada y Kimwipes, y se apagó el equipo.
- Concentración de hipoclorito de sodio disuelto:
  - Se analizaron las muestras estabilizadas a una temperatura de 20 °C y presión atmosférica de 102.2 kPa.
  - Se montó el sistema de soporte universal y bureta de 50 mL.
  - Con una pipeta volumétrica, se tomó 1 mL de la muestra y se mezcló con 50 mL de agua desmineralizada, dentro de un Erlenmeyer de 250 mL.
  - Luego, utilizando una pipeta volumétrica, se agregó 10 mL de yoduro de potasio en solución acuosa al 15 % m/m, 5 mL de ácido acético concentrado y se mezcló la muestra, agitando el Erlenmeyer con movimientos circulares.
  - Se determinó la concentración titulando con una solución acuosa de tiosulfato de sodio 0.1 N hasta observar un cambio de color, de naranja oscuro hasta levemente transparente.
  - Se anotó el volumen utilizado para la titulación, al llegar al cambio de color.
  - Se desmontó el sistema y se lavó la cristalería.

- Se utilizó la siguiente relación para determinar el porcentaje de hipoclorito de sodio en la muestra:

Ecuación No. 2

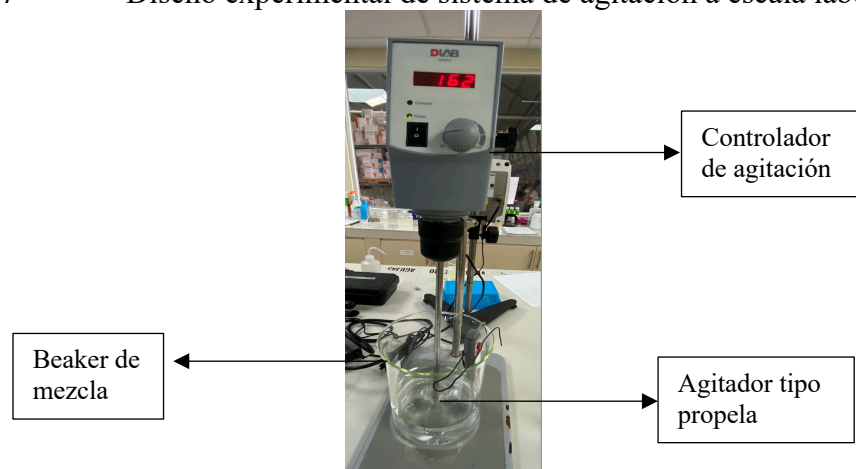
$$\% \text{NaClO} = (\text{Volumen titulado}) * (0.03722)$$

C. Procedimiento de formulación proporcionadas por la empresa, según procedimientos estándar de operación:

A partir de tres formulaciones proporcionadas por la empresa se realizó el proceso de mezclado a escala laboratorio, con un beaker de 2.0 L, un agitador tipo propela, balanza analítica, potenciómetro y termómetro. La formulación se llevó a cabo en triplicado.

- Se midió la masa del agua desmineralizada directamente en el beaker
  - Se colocó el beaker en la balanza analítica y se taró su masa.
  - Posteriormente, se vertió la masa de agua desmineralizada, según la formulación (consultar Cuadro 6).
- Se colocó el sistema de agitación, sumergiendo el agitador tipo propela en el beaker con agua, dejando aproximadamente 2 cm entre el fondo del beaker y la punta del agitador (ver Figura 17).
- La agitación se llevó a cabo con velocidad de giro en un rango de 150 y 165 rpm, a lo largo de toda la formulación.
- Se midió la cantidad de cada una de las materias primas a utilizar en vidrios de reloj, utilizando la balanza analítica (consultar Cuadro 6).
- Se agregó lentamente cada materia prima y se esperó a que cada una se disolviera por completo para agregar la siguiente.
- Se midió la temperatura, pH y tiempo de disolución, luego de agregar cada uno de los reactivos, como se muestra en el Cuadro 36.

**Figura 17-** Diseño experimental de sistema de agitación a escala laboratorio





#### D. Selección de formulación

Se realizó el mismo procedimiento de mezclado para las tres formulaciones propuestas por el Departamento de Innovación y Desarrollo de la empresa (consultar Cuadros 6, 40, 41). Se eligió la formulación No. 1 por su apariencia (cristalina) y el aroma de esta. Por orden de la empresa, se descartó la formulación No. 2, porque era opaca, la formulación No. 3 presentó mal olor, y ambas tenían un costo más alto que el de la formulación No. 1. A las formulaciones No. 2 y 3, no se les determinó las propiedades fisicoquímicas porque fueron descartadas del proyecto.

#### E. Análisis de propiedades fisicoquímicas de formulación seleccionada

- Se realizó un lote de 3 kg de cloro gel y se caracterizó fisicoquímicamente, de igual forma que a los productos de la competencia (ver procedimiento No. 1). Se anotó la información obtenida como caracterización de semana 0.

#### F. Pruebas de estabilidad para formulación seleccionada y productos de la competencia, según procedimientos estándar de análisis de la empresa:

- Se midió 300 mL del cloro gel formulado en una probeta de 500 mL y se trasvasó a un envase opaco de 500 mL. Esto se repitió para 9 muestras, usando envases separados y anotando la siguiente información: “Cámara de estabilidad (Temperatura)”, “Muestra (A, B ó C)”. Donde la temperatura de la cámara fue 5 °C y una humedad relativa de 35 %, ambiente y 45 °C y una humedad relativa de 70 %, temperatura ambiente en un rango entre 16 – 24 °C a una humedad relativa entre 60 – 75 %, establecidos de acuerdo con procedimientos estándar de control de calidad de la empresa.
- Se realizó en triplicado, por lo que la muestra A, B, o C correspondía a una de las tres muestras tomadas, del cloro tipo gel formulado.
- Se tomó una muestra semanalmente para la caracterización fisicoquímica y se repitió por cinco semanas, para cada una de las muestras, de acuerdo con el procedimiento No. 1.
- Nota: Se realizó la prueba de estabilidad para las muestras de la competencia. No se realizó en triplicado por motivos económicos y de espacio en las cámaras de estabilidad.

#### G. Análisis del comportamiento del fluido formulado (Newtoniano o no Newtoniano), según procedimientos estándar de análisis de la empresa:

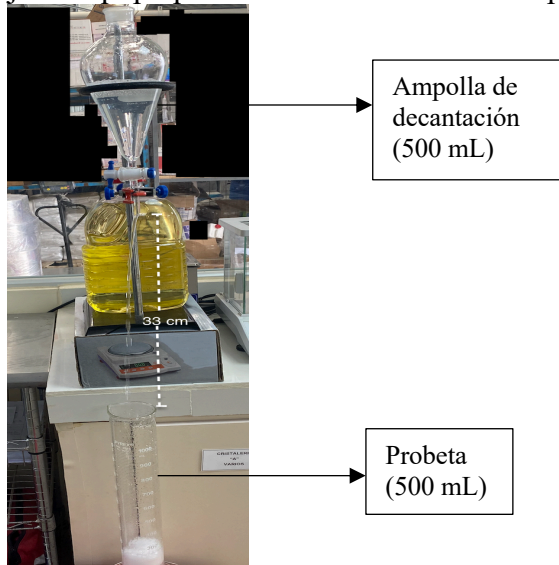
- Para la determinación del comportamiento del fluido, en triplicado, se utilizó el viscosímetro y el cloro gel formulado.
  - Se analizaron la muestra estabilizada a una temperatura de 20 °C y presión atmosférica de 102.2 kPa.
  - Se encendió el viscosímetro, presionando el switch que se encuentra en la parte de atrás del equipo.
  - Se quitó el protector del viscosímetro para luego colocar la aguja que se utilizará.

- Con la tecla “SELECT SPINDLE” se seleccionó el número de aguja (2).
- Con la tecla “SET SPEED” se seleccionó la velocidad más alta en revoluciones por minutos.
- Se colocó el beaker de la muestra en la base del equipo y se sumergió la aguja, hasta la medida indicada en la aguja.
- Se presionó el botón de encendido para que el viscosímetro midiera la viscosidad de la muestra y se tomó esta lectura y el porcentaje de torque.
- Se procedió a disminuir la velocidad de giro y se realizó las mismas anotaciones previas, hasta llegar a la velocidad mínima de lectura.
- Se retiró la aguja, la muestra y se apagó el viscosímetro con el botón de apagado.
- Los datos se graficaron, como se muestra en la Figura 41.

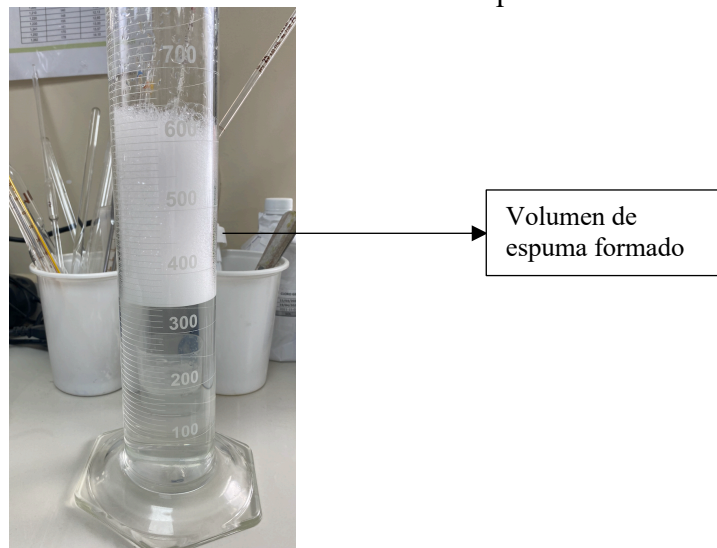
H. Prueba comparativa de espuma del producto formulado y de la competencia, según procedimientos estándar de análisis de la empresa, en triplicado:

- Se utilizó la balanza analítica y se pesó 3.5 g de cloro gel a 20 °C, en un beaker de 250 mL. Se tomó una muestra del producto formulado y los productos de la competencia.
- Se midió 350 mL de agua del grifo a 20 °C y se vertió 150 mL en el beaker que contenía el cloro gel, para disolver el producto.
- Se vertió a la ampolla el cloro gel disuelto, evitando la formación de espuma y turbulencia, empleando una varilla y provocando que el fluido bajara pegado a esta.
- Luego se agregó los 200 mL de agua restantes al beaker, para hacer lavados y extraer el cloro gel restante, y se trasvasó nuevamente a la ampolla.
- Se colocó la ampolla en un sistema de soporte y una probeta de 1000 mL a 33 cm debajo de la descarga del vástago de la ampolla (consultar Figura 18).
- Se abrió la válvula de la ampolla y se anotó el volumen formado de espuma como “volumen en tiempo cero”, hasta que todo el contenido estuviera en la probeta.
- Se esperó 5 minutos y se anotó el volumen en ese instante, realizando el mismo procedimiento al pasar 10 minutos.
- Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 7
- Nota: Se utilizó como referencia la descarga del inodoro de la empresa (6 L) y la etiqueta de los productos de la competencia que indicaban en promedio 60 g de cloro gel por descarga. Se determinó una relación de 10 gramos de cloro gel por litro de agua.

**Figura 18-** Montaje de equipo para medición de altura de espuma



**Figura 19-** Medición de volumen formado de espuma



I. Prueba de merma, realizada en triplicado:

- Se determinó el diámetro y masa bruta de dos beakers de 600 mL (consultar Figura 20 y Cuadro 5). Se etiquetaron e identificaron como “Beaker 1” y “Beaker 2”.
- Se colocó 500 mL de cloro gel formulado en el beaker 1 de 600 mL.
- Se trasvasó el contenido del beaker 1 al beaker 2 y se midió la altura a la que llegó el líquido en el beaker.
- Se determinó la masa de cloro gel utilizando una balanza analítica y se anotó como “masa de cloro gel sin raspar”.

- Se utilizó una espátula analítica para raspar el cloro gel que permaneció en las superficies del beaker 1 y se trasvasó al beaker 2. Se tomó la nueva masa como “masa de cloro gel posterior a raspado.”
- Se calculó el área superficial con el diámetro y la altura del líquido en el recipiente y se determinó la merma de producto por metro cuadrado de superficie.
- Nota: Los resultados se muestran en la sección de anexos Cuadro 31

**Figura 20-** Determinación de diámetro de beakers de 600 mL



**Cuadro 5-** Medidas de beakers utilizados para la prueba

<b>Instrumento</b>	<b>Diámetro interno (mm)</b>	<b>Masa bruta (g)</b>
Beaker 1	85.05	213.0
Beaker 2	85.03	210.2

J. Pruebas de efectividad microbiológica del producto formulado tipo cloro gel, según procedimientos estándar de análisis de la empresa, en triplicado:

Se utilizó hisopos con agua peptonada, petrifilm No. 6404 para E. Coli / Coliformes, No. 6400 para recuento aeróbico y No. 6475 para mohos y levaduras.

- Debido a que el producto estaba formulado para la limpieza y desinfección de loza sanitaria, se analizaron un lavamanos de cerámica, delimitando las áreas de muestreo con cinta adhesiva y señalización.

- Utilizando los hisopos con agua peptonada se analizaron un segmento del lavamanos antes de aplicar el cloro gel formulado y se identificó como “muestra antes”.
- Se colocó un beaker de 250 mL en la balanza analítica y se procedió a agregar 5 g de cloro gel, los cuales se agregaron en la superficie del lavamanos y se frotó para formar espuma.
- Se esperó un minuto y se agregó agua para remover el remanente de cloro gel de la superficie del lavamanos.
- Se muestreó utilizando un hisopo con agua peptonada nuevo y se marcó como “muestra después”.
- Para evitar la contaminación de las muestras se realizó las mediciones en la cámara de flujo laminar y se limpió con etanol al 90 % m/m, se prendió un mechero.
- Se colocó los petrifilms a utilizar en la cámara
- Utilizando la micropipeta con puntas estériles se procedió a tomar una muestra de la solución de agua peptonada analizada con el hisopo estéril 1 mL  $\pm 0.05$  y se agregó al petrifilm.
- Se colocó los petrifilms en la incubadora a una temperatura controlada de 36 °C.
- Se esperó 48 horas para realizar el conteo de microorganismos.
- El conteo de microorganismos se llevó a cabo observando las unidades formadoras de colonias en cada uno de los petrifilm y se anotó en valor en el Cuadro 39
- Nota: Se realizó el mismo procedimiento para recuento aeróbico, E. Coli/Coliformes y mohos/levaduras en triplicado, para la concentración inicial de NaOCl (3.02% m/m) y para la concentración al finalizar la vida útil del producto (1.23 % m/m).

#### K. Dimensionamiento de tanque agitado

A partir del volumen efectivo del tanque reservorio disponible en la empresa (2.068 m<sup>3</sup> efectivos) y el balance de masa realizado, se estableció el tamaño del lote y la masa necesaria en el tanque agitado, como se muestra en el cálculo 1.

- Utilizando la densidad del cloro tipo gel formulado (1070  $\pm$  0.3 kg/m<sup>3</sup>) y la masa necesaria en el tanque agitado, se determinó el volumen efectivo del tanque agitado (2.100 m<sup>3</sup>).
- De acuerdo con la relación de altura máxima por agitación se determinó una relación de 1.10 (altura máxima/diámetro del tanque), para evitar el rebalse al realizar la agitación se utilizó un factor de seguridad de 1.30 (altura del tanque/diámetro del tanque).
- Para el cálculo del agitador se utilizó la norma DIN 28131, considerando un agitador tipo propela, ya que puede ser utilizado para líquidos con viscosidades hasta 8,000 cP. Se utilizó las relaciones de las proporciones del agitador y el diámetro del tanque, para determinar las dimensiones del agitador.
- Se realizó el cálculo de la potencia del agitador utilizando la densidad del cloro tipo gel formulado (1070 kg/m<sup>3</sup>), la viscosidad máxima (2000 cP) y la velocidad de giro utilizada en el proceso de agitado a escala laboratorio (160 rpm), consultar cálculo 6.

#### L. Dimensionamiento de línea de llenado automática

Tomando como referencia el cálculo 3 (balance de masa llenadora), se determinó la masa total que ingresa a esta etapa y estimando un tiempo de dos horas, para el proceso de llenado:

- Con la información del balance de masa obtenida del balance de masa en esta etapa y utilizando la densidad del cloro gel formulado ( $1070 \pm 0.3 \text{ kg/m}^3$ ) y el flujo másico por lote, se definió el volumen disponible para llenar.
- A partir del volumen por unidad de cloro gel (500 mL), se determinó las botellas por minuto necesarias en el proceso de llenado, taponado y etiquetado.

#### M. Cotización de equipos, según procedimiento estándar de operación de la empresa

- Para este proceso se consideraron los siguientes criterios:
  - Precio: con ponderación de 0.40. Se refiere a el costo del equipo, con relación a los otros cotizados.
  - Origen: con ponderación de 0.20. Se refiere al origen del equipo, con relación a los otros cotizados.
  - Comunicación: con ponderación de 0.10. Se refiere a la información proporcionada del equipo, con relación a los otros cotizados.
  - Rango de operación (flexibilidad): con ponderación de 0.30. Se refiere a la flexibilidad del equipo de trabajar c
  - Nota: La puntuación de estos criterios está dada en un rango entre 1 y 5, siendo 1 muy malo y 5 muy bueno.

#### N. Distribución de los equipos en el área designada en las instalaciones de la empresa

- Utilizando una cinta métrica marca Truper, se realizó las mediciones de la planta, equipos actuales y servicios auxiliares (consultar Figura 27, 28 y 29)
- Posteriormente se esquematizó la planta de producción con el programa de diseño AutoCad Plant3D versión 2021.
- Utilizando las especificaciones de los equipos cotizados se realizó el esquema de la línea de producción propuesta, considerando los servicios auxiliares necesarios para la operación de esta (cableado eléctrico, tramos de tuberías de flujo de proceso, agua de limpieza y aire comprimido) utilizando el programa mencionado previamente (consultar Figura 27, 28 y 29).

#### O. Análisis económico

- Utilizando información del Ministerio de Economía de Guatemala, se realizó la gráfica de estacionalidad de productos derivados de cloro, para determinar los meses en los que se esperaría mayores ventas de cloro tipo gel, como se indica en la Figura 48.
- Se definió el plan de producción anual (por 10 años) a partir de la información proporcionada por la empresa, ventas esperadas de 80,000 unidades al finalizar el primer año y crecimiento del 5 % anual. Considerando la estacionalidad de los productos derivados del cloro.

- Se estableció el tiempo de lote a partir de un diagrama de ocupación
  - Se realizó el diagrama de ocupación utilizando información de tiempos de metrología y limpieza de equipos de la empresa, tiempo de mezclado (Cuadro 44) y tiempo de llenado establecido (2 h), como se indica en la Figura 35.
  - Se realizó el diagrama de ocupación para un turno diurno (8 h), estableciendo el tamaño del lote por turno laboral, para definir la mano de obra necesaria para la producción de cloro tipo gel (consultar Figura 36).
- Se utilizó como herramienta Microsoft Excel 2021, para tabular los costos fijos y variables, para definir los costos de producción, los gastos fueron proporcionados por la empresa como un porcentaje (confidencial) de los costos de producción.
- A partir de estos datos y del precio de venta a distribuidores establecido por la empresa se realizó el flujo de efectivo antes de impuestos.
- Se realizó el flujo de efectivo después de impuestos, tomando en cuenta el 12 % del IVA y 0 % del DAI (SAC 8422.30.90.00).
- Por medio del flujo de efectivo después de impuestos, se determinó el flujo acumulado durante los primeros 10 años de producción, para establecer el periodo de retorno de la inversión.
- A partir del flujo de efectivo después de impuestos se determinó la tasa interna de retorno, el valor presente neto y la relación beneficio costo.
- Se realizó un análisis de sensibilidad utilizando la herramienta de Excel (tabal de datos), variando los costos de materia prima, material de empaque, Mercadeo (publicidad) y distribución, para establecer las variables que afectan la tasa interna de retorno.
- Nota: Se realizó esta evaluación para dos líneas de llenado cotizadas.

## VII. Resultados

**Cuadro 6-** Formulación final propuesta para producto tipo cloro gel, al 3 % (m/m) de hipoclorito de sodio, base 1 kg de mezcla

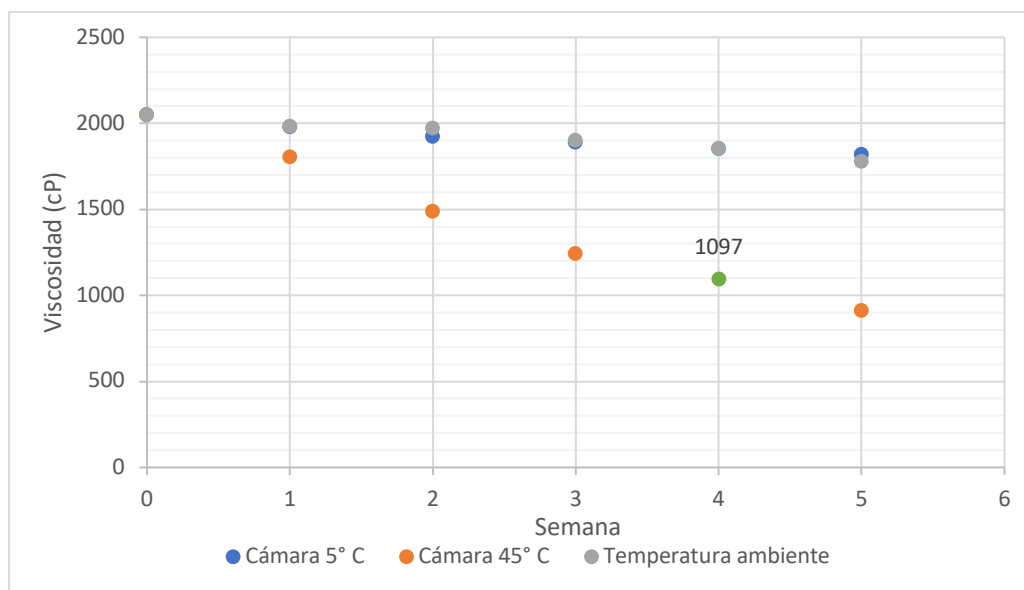
Materia prima	% (m/m)	Masa (kg)	Precio (Q/kg)	Costo (Q)
Agua desmineralizada	61.77	0.618	0.290	0.179
Surfactante A	3.50	0.035	9.697	0.339
Surfactante B	0.30	0.003	59.436	0.178
Agente viscosante A	1.23	0.012	17.940	0.221
Solución acuosa NaOH (50 % m/m)	1.00	0.010	2.964	0.030
Hipoclorito de sodio (solución acuosa al 12 % m/m)	32.00	0.320	2.018	0.646
Fragancia	0.20	0.002	117.000	0.234
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>1.000</b>		<b>1.827</b>

Nota:

La formulación seleccionada se refiere al producto cuyas características corresponden al rango de valores fisicoquímicos determinados para los productos estudiados de la competencia (ver Cuadro 7).

Los precios de las materias primas no toman en cuenta el IVA

**Figura 21-** Comparación del comportamiento de la viscosidad vs tiempo en tratamiento térmico, para la formulación seleccionada del producto tipo cloro gel, en cámaras de estabilidad a diferentes temperaturas reguladas





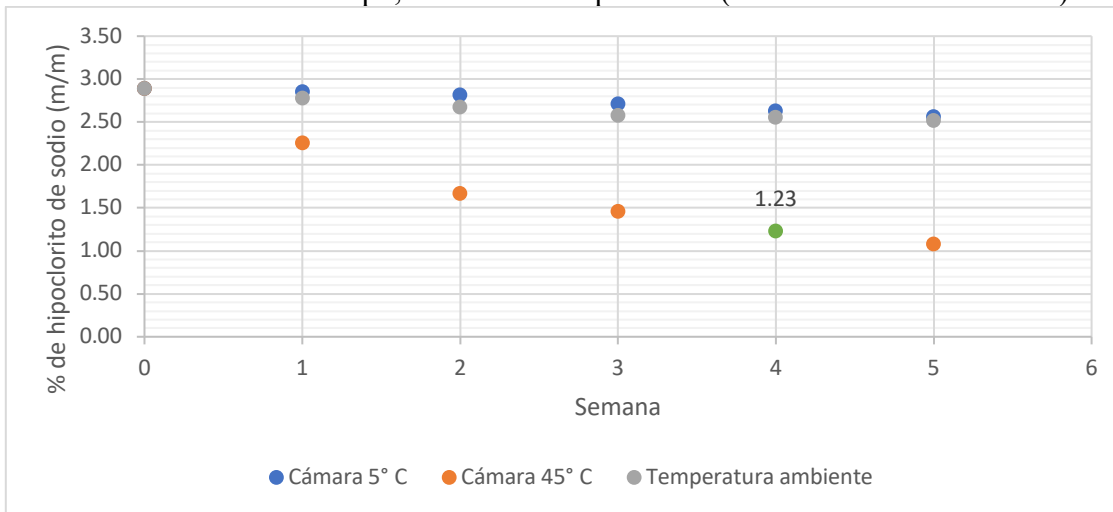
Nota:

El punto verde representa la viscosidad equivalente por tratamiento térmico a 45°C, para 1 año, siendo este el tiempo de vida requerido para el producto formulado tipo cloro gel.

Todas las muestras analizadas fueron llevadas a 20 °C para hacer la determinación de viscosidad y a una presión atmosférica de 102.2 kPa.

La información utilizada para realizar la gráfica se encuentra en la sección de anexos (Cuadro 54)

**Figura 22-** Comparación de la variación en la concentración de hipoclorito de sodio en el tiempo, a distintas temperaturas (en cámaras de estabilidad)

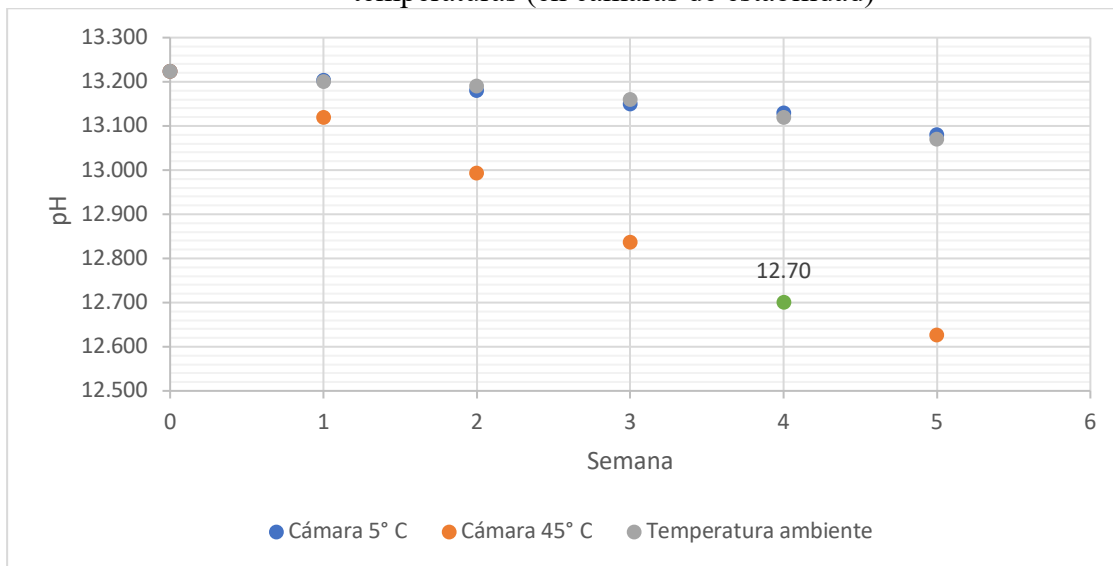


Nota:

El punto verde muestra la concentración de hipoclorito de sodio (en % m/m), equivalente a 1 año, evaluado en la cámara de estabilidad a 45 °C, y que corresponde al tiempo de vida requerido para el producto tipo cloro gel formulado

La información utilizada para realizar la gráfica se encuentra en el Cuadro 54

**Figura 23-** Comparación de la variación del pH en el tiempo, a distintas temperaturas (en cámaras de estabilidad)

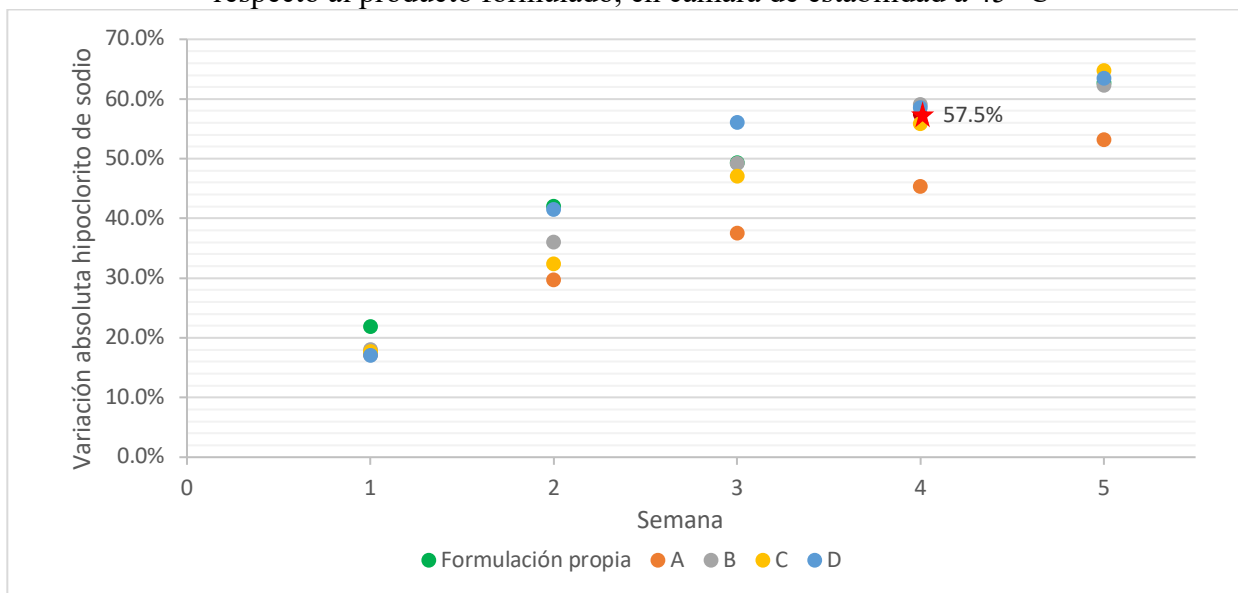


Nota:

El punto verde muestra el pH equivalente a 1 año, evaluado en la cámara de estabilidad a 45 °C, y que corresponde al tiempo de vida requerido para el producto tipo cloro gel formulado

La información utilizada para realizar la gráfica se encuentra en el Cuadro 54

**Figura 24-** Comparación de variación en la concentración de hipoclorito de sodio, por semana, para los productos seleccionados de la competencia con respecto al producto formulado, en cámara de estabilidad a 45 °C



Nota:

La estrella roja muestra la pérdida de hipoclorito de sodio equivalente a 4 semanas de tratamiento en la cámara, que corresponden a 1 año en condiciones ambiente, siendo este el tiempo de vida del mismo.

La información utilizada para realizar la gráfica se encuentra en los Cuadros 54, 55, 56, 57 y 58

**Cuadro 7-** Propiedades fisicoquímicas promedio del producto formulado tipo cloro gel y rangos de productos competidores

Propiedad fisicoquímica	Producto formulado tipo cloro gel <sup>1</sup>	Rango de productos de la competencia <sup>2</sup>
% NaOCl (m/m)	3.02 ± 0.01	(2.5 – 3.5)
pH	13.21 ± 0.03	(12.88 – 13.25)
Viscosidad (cP)	1,980.5 ± 6.1	(128.4 – 2020.0)
P (g/mL)	1.070 ± 0.003	(1.063 – 1.072)
° Brix	11.3 ± 0.1	(9.7 – 12.7)

Nota:

<sup>1</sup>Las mediciones fueron realizadas en cuadruplicado y los valores se encuentran en el Cuadro 37, en la sección de anexos.

<sup>2</sup>Los resultados entre paréntesis hacen referencia al rango de propiedades fisicoquímicas de la competencia. La tabla de resultados se encuentran en el Cuadro 38 en la sección de anexos.

**Cuadro 8-** Evaluación microbiológica realizada en el laboratorio de la empresa para producto formulado tipo cloro gel

Prueba	Recuento aeróbico	Coliformes	Escherichia Coli	Levaduras
	% reducción de UFC	% reducción de UFC	% reducción de UFC	% reducción de UFC
Concentración original de NaOCl <sup>1</sup>	98 ± 3	100 ± 0	100 ± 0	99 ± 2
Concentración de hipoclorito de sodio al finalizar su vida útil <sup>2</sup>	98 ± 2	93 ± 7	92 ± 14	--- <sup>3</sup>

Notas:

La evaluación se realizó en triplicado en Petrifilms 3M, ver sección de anexos Cuadro 39 y Figura 43, 44.

<sup>1</sup> La concentración inicial de NaOCl es de 3.02 % m/m

<sup>2</sup> La concentración de NaOCl al finalizar su vida útil es de 1.23 % m/m, se determinó a partir de las pruebas de estabilidad a 45 °C, consultar Cuadro 54

<sup>3</sup>En la prueba realizada para levaduras no se observó crecimiento antes de realizarla

**Cuadro 9-** Evaluación externa de efectividad microbiológica

Inóculo	Tiempo de contacto	Porcentaje de reducción de microorganismos (%)
<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	30 segundos	100
	1 minuto	100
	5 minutos	100
<i>Salmonella entérica</i> ATCC 14028	30 segundos	100
	1 minuto	100
	5 minutos	100
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	30 segundos	100
	1 minuto	100
	5 minutos	100

Notas:

La evaluación la realizó un laboratorio certificado, los resultados se muestran en la Figura 45 de la sección de anexos La concentración de NaOCl a la que se realizó la evaluación fue de 3.02 % m/m

**Cuadro 10-** Requerimientos de producción de producto tipo cloro tipo gel

Presentación del producto	500 mL
Tamaño del lote	2,031.84 L
Lotes por turno de producción <sup>1</sup>	4,063 unidades
Demanda esperada <sup>2</sup>	2
Crecimiento de producción anual	80,000 unidades mensuales
	5%

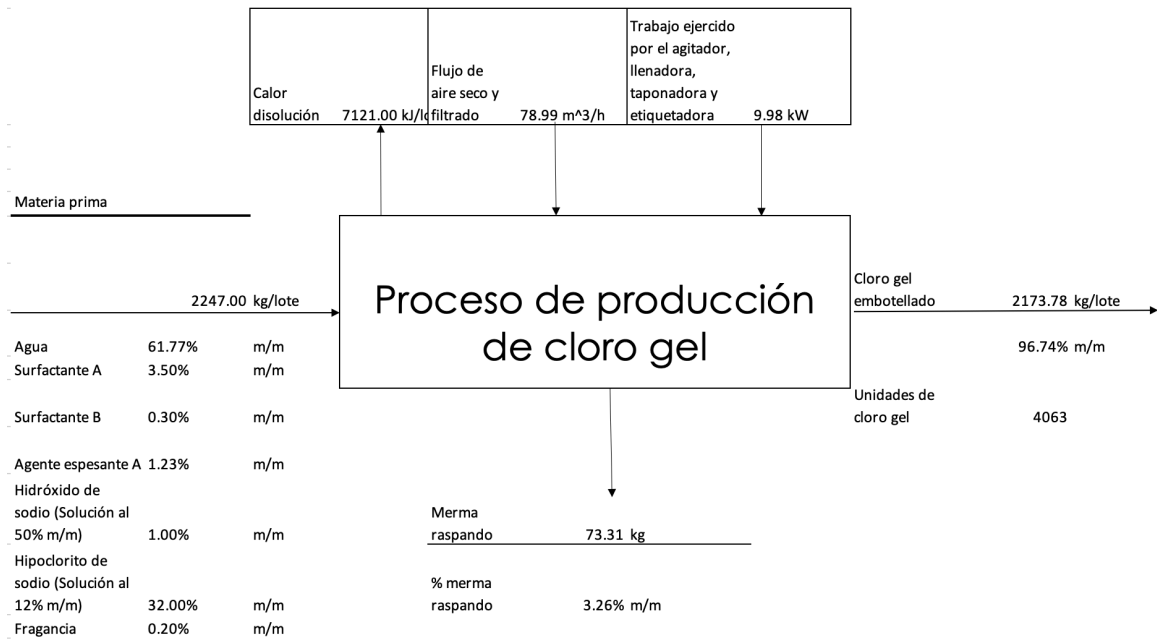
Notas:

La presentación del producto, pronóstico de ventas y crecimiento de producción anual fue proporcionado por el departamento de Mercadeo, se encuentra en antecedentes

<sup>1</sup>Se definió 2 lotes por turno de producción utilizando como herramienta un diagrama de ocupación (Figura 36). Los lotes de producción mensuales se encuentran en la sección de anexos, lotes de producción

<sup>2</sup>Se espera alcanzar la demanda al finalizar el primer año de producción.

**Figura 25-** Balance general de masa y energía, para el proceso de producción de cloro gel, con base de cálculo de 2247 kg por lote de producción.



**Notas:**

La base de cálculo corresponde a un lote de producción de la línea de producción.

El balance de masa y energía de cada una de las etapas se encuentra en las Figuras 32, 33 y 34 en la sección de anexos.

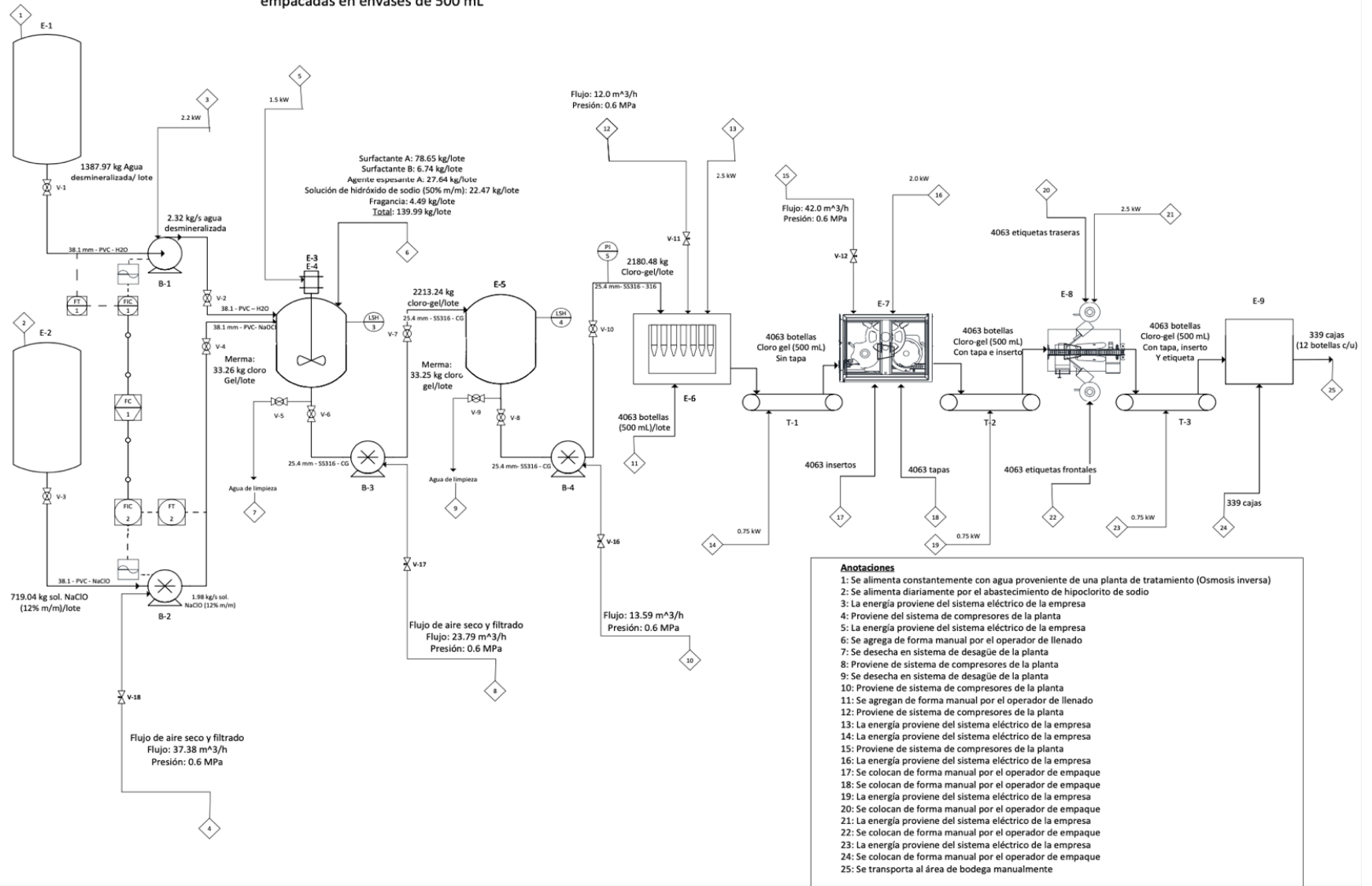
El trabajo realizado por los equipos: potencia del agitador, llenadora, taponadora, etiquetadora y bandas transportadoras, se calculó a partir de la potencia requerida de cada uno.

Por lote de producción se envasan 4063 botellas de producto tipo cloro tipo gel, ingresando 4063 unidades de lo siguiente: tapas, insertos y etiquetas delanteras y contraetiquetas.

Se utilizan 339 corrugados con sus respectivos espaciadores (12 unidades/cada caja) para empaquetar las unidades producidas de cloro tipo gel, por lote de producción.

**Figura 26-** Diagrama de proceso de producción de cloro gel

Base de cálculo: 1 lote de cloro gel equivale a 2173.71 kg de producto y 4063 unidades empacadas en envases de 500 mL



**Notas**

La planta trabajaría para la producción de dos lotes por turno de 8 horas.  
 Condiciones de operación: Presión atmosférica 102.2 kPa, temperatura ambiente en un rango de 16 – 28 °C.  
 Ver cuadros 11 y 12, para la codificación de equipos

**Cuadro 11-** Descripción de codificación de equipos utilizada en diagrama de flujo

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
E-1	Tanque reservorio (H <sub>2</sub> O desmineralizada) Volumen nominal 10.00 m <sup>3</sup>
E-2	Tanque reservorio (NaClO 12 % m/m) Volumen nominal 10.00 m <sup>3</sup>
E-3	Tanque agitado Volumen nominal 2.73 m <sup>3</sup>
E-4	Agitador tipo propela 3 aspas
E-5	Tanque reservorio de producto Volumen nominal 2.58 m <sup>3</sup>
E-6	Llenadora de pistón, 8 cabezas de llenado, 2000 botellas/h
E-7	Insertadora y taponadora, 12 boquillas de insertos y 2 para tapas, 2000 botellas/h
E-8	Etiquetadora, 2000 botellas/h
E-9	Encajado, banda transportadora con mesa de trabajo
T-1	Banda transportadora de llenadora a taponadora
T-2	Banda transportadora de taponadora a etiquetadora
T-3	Banda transportadora de etiquetadora a encajado
B-1	Bomba centrífuga para agua desmineralizada a tanque mezclador
B-2	Bomba neumática para solución NaOCl (12 % m/m) a tanque agitado
B-3	Bomba neumática para solución cloro gel a tanque reservorio
B-4	Bomba neumática para solución cloro gel a llenadora

**Cuadro 12-** Descripción de codificación de instrumentos y válvulas utilizada en diagrama de flujo

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
FT-1	Medidor de flujo (H <sub>2</sub> O desmineralizada), tipo electromagnético
FC-1	Controlador (PLC)
FT-2	Medidor de flujo (NaClO 12 % m/m), tipo electromagnético
LSH-3	Medidor de nivel para tanque agitado
LSH-4	Medidor de nivel para tanque reservorio
PI-5	Indicador de presión manométrica
V-1	Válvula de bola de tanque reservorio H <sub>2</sub> O desmineralizada a bomba centrífuga
V-2	Válvula de bola de bomba centrífuga a tanque agitado
V-3	Válvula de bola de tanque reservorio solución NaOCl a bomba neumática
V-4	Válvula de bola bomba neumática solución NaOCl a tanque agitado
V-5	Válvula de bola de salida agua de limpieza de tanque agitado
V-6	Válvula de bola de salida de cloro gel a bomba neumática
V-7	Válvula de bola de salida de bomba neumática a tanque reservorio cloro gel
V-8	Válvula de bola de salida de tanque reservorio de cloro gel a bomba neumática
V-9	Válvula de bola de salida de agua de limpieza de tanque reservorio cloro gel
V-10	Válvula de bola de salida de bomba neumática a llenadora
V-11	Válvula de aguja para regular el flujo de aire de bomba neumática B-2
V-12	Válvula de aguja para regular el flujo de aire de bomba neumática B-3
V-13	Válvula de aguja para regular el flujo de aire de bomba neumática B-4
V-14	Válvula de aguja para regular el flujo de aire hacia llenadora
V-15	Válvula de aguja para regular el flujo de aire hacia taponadora

**Cuadro 13-** Tanques necesarios para la línea de producción de cloro tipo gel propuesta

Tanque	Diámetro (m)	Altura (m)	Volumen nominal (m <sup>3</sup> )	Volumen efectivo (m <sup>3</sup> )	Material
Agitado <sup>1</sup>	1.524	1.447	2.487	2.273	Polietileno
Reservorio de producto terminado	1.448	1.800	2.576	2.068	Polietileno

Notas:

Los tanques reservorios de materia prima (agua y solución de hipoclorito de sodio) no se tomaron en cuenta para el cálculo de la inversión inicial, ya que se encuentran instalados actualmente. Las especificaciones de todos los tanques del proceso se encuentran en el Cuadro 25 de la sección de anexos. Ambos tanques tienen cuatro patas y se encuentran a una altura de 0.30 m.

<sup>1</sup>El tanque agitado tiene dos placas deflectoras con un ancho de 0.139 m y separación con la pared del tanque de 0.0279 m (Consultar Figura No. 31). El tipo de agitador propuesto fue de tipo propela de 3 aspas, con una potencia de 2 hp (Consultar Cuadro 26).

**Cuadro 14-** Bombas necesarias para la línea de producción de cloro tipo gel propuesta

Bomba	Tipo	Suministro de aire seco y filtrado	Flujo máximo de salida (L/min)	Marca
Traslado de cloro tipo gel a tanque reservorio	Desplazamiento positivo – doble diafragma	500 – 700 kPa 16.99 m <sup>3</sup> /h (10 SCFM)	87	Sandpiper
Traslado de cloro tipo gel a llenadora	Desplazamiento positivo – doble diafragma	500 – 700 kPa 8.00 m <sup>3</sup> /h (2 SCFM)	52	Sandpiper

Notas:

Las especificaciones de las bombas se encuentran en la sección de anexos Cuadro 27 y las curvas características en Figura 54 y 55.

El material de construcción para ambas bombas es propileno en la estructura y teflón en partes móviles

**Cuadro 15-** Equipos necesarios para el llenado, taponado y etiquetado (Propuesta 1)

Equipo	Potencia	Suministro de aire seco y filtrado	Capacidad de producción	Precisión	Marca
Llenadora de pistón <sup>1</sup>	2.5 kW	600 – 800 kPa 12.00 m <sup>3</sup> /h (6.00 SCFM)	1500 – 3000 botellas/h	± 99.0 %	STRPACK
Taponadora <sup>3</sup>	2.0 kW	600 – 800 kPa 42.00 m <sup>3</sup> /h (21.00 SCFM)	2000 – 3600 botellas/h	± 99.0 %	STRPACK
Etiquetadora <sup>4</sup>	2.5 kW	---	2000 – 3600 botellas/h	± 99.0 %	STRPACK

Notas:

El origen de estos equipos es de la empresa STRPACK de China

El material de construcción de estos equipos es polipropileno.

Las especificaciones se encuentran en anexos Cuadro 28

<sup>1</sup>Cuenta con ocho cabezas de llenado, fabricadas de polipropileno.

**Cuadro 16-** Equipos necesarios para el llenado, taponado y etiquetado  
(Propuesta 2)

<b>Equipo</b>	<b>Potencia</b>	<b>Suministro de aire seco y filtrado</b>	<b>Capacidad de producción</b>	<b>Precisión</b>	<b>Marca</b>
Llenadora de pistón <sup>1</sup>	3.0 kW	600 – 800 kPa 10.00 m <sup>3</sup> /h (5.89 SCFM)	2000 – 4200 Botellas/h	±99.5 %	IC FILLING SYSTEMS
Taponadora <sup>3</sup>	3.0 kW	600 – 800 kPa 33.98 m <sup>3</sup> /h (20.00 SCFM)	2000 – 4200 Botellas/h	99.5 %	IC FILLING SYSTEMS
Etiquetadora <sup>4</sup>	3.0 kW	---	2000 – 4200 botellas/h	± 99.5	IC FILLING SYSTEMS

Notas:

El origen de estos equipos es de la empresa IC FILLING SYSTEMS de Italia

El material de construcción de estos es acero inoxidable 316 cubierto de policloruro de vinilo.

Las especificaciones se encuentran en anexos Cuadro 28

<sup>1</sup>Cuenta con ocho cabezas de llenado, fabricadas de titanio.

**Cuadro 17-** Equipo de transporte mecánico necesario para la línea de  
producción propuesta

<b>Equipo</b>	<b>Potencia</b>	<b>Longitud</b>	<b>Cama</b>
Banda transportadora recta	1.0 kW	1000 mm	Polietileno 114 mm:
Banda transportadora a 90°	0.2 kW	790 mm	Polietileno 114 mm

Nota:

Para la línea de producción propuesta se necesitan tres bandas transportadoras rectas y dos a 90°

**Cuadro 18-** Sensores de nivel para tanque de mezcla y reservorio de producto terminado

<b>Instrumento</b>	<b>Capacidad de contacto</b>	<b>Resistencia de contacto</b>	<b>Presión de trabajo</b>	<b>Material</b>
<b>Sensor de nivel horizontal</b>	70W	100 m	600 kPa	Polipropileno

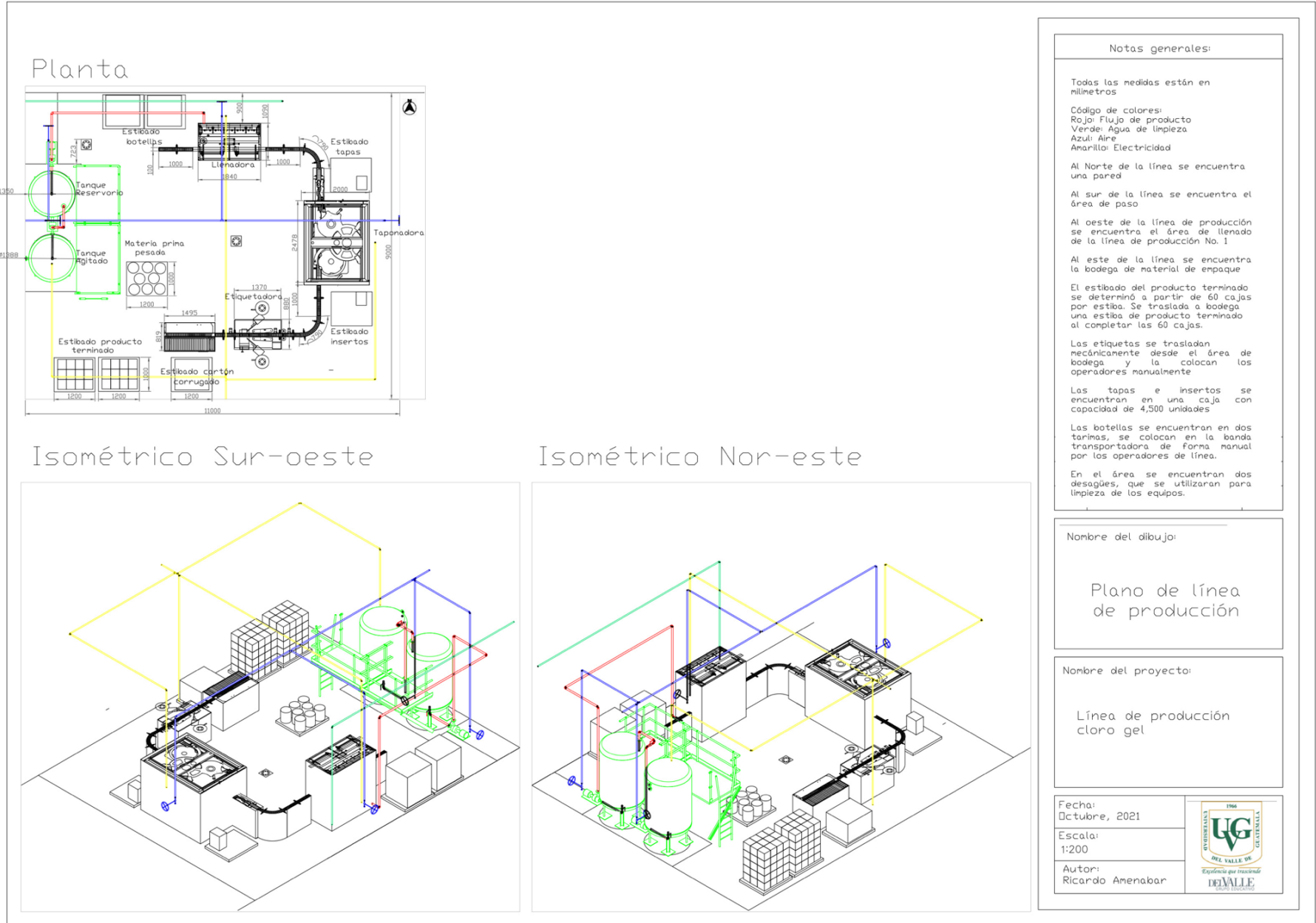
Nota:

Para la línea de producción propuesta se necesitan dos medidores de nivel.



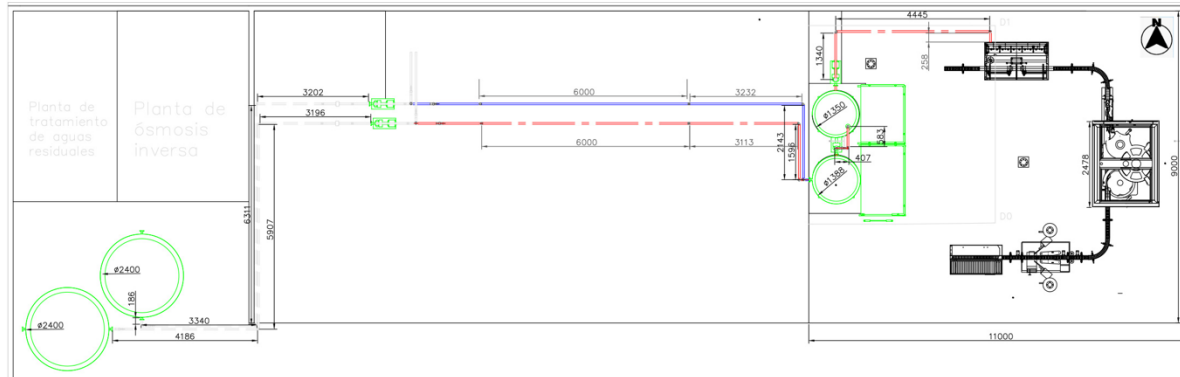
**Figura 27-**

**Esquemas de la línea propuesta de producción de cloro gel**



**Figura 28-** Esquema de líneas (tuberías) de agua desmineralizada, solución de hipoclorito de sodio y cloro gel, necesarias para la producción de producto tipo cloro gel

Planta



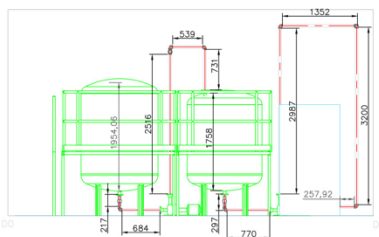
Elevación sur



Elevación norte



Sección D0-D1



Notas generales:

Tubería de HRD desmineralizada

Accesorios:  
Válvulas de bola: 3  
Codos 90°: 5  
Medidor de flujo: 1  
Distancia de tubería: 31,301 mm  
Altura: 1,830 mm

Tubería de NaOCl (10% m/m)

Accesorios:  
Válvulas de bola: 3  
Codos 90°: 4  
Medidor de flujo: 1  
Distancia de tubería: 30,729 mm  
Altura: 2,068 mm

Tubería de cloro-gel a tanque reservorio

Accesorios:  
Válvulas de bola: 2  
Codos 90°: 3  
Distancia de tubería: 4,687 mm  
Altura: 1,758 mm

Tubería de Tanque reservorio a llenadora

Accesorios:  
Válvulas de bola: 2  
Codos 90°: 4  
Distancia de tubería: 13,051 mm  
Altura: 0 mm

Nombre del dibujo:

Tramo de tuberías

Nombre del proyecto:

Línea de producción cloro-gel

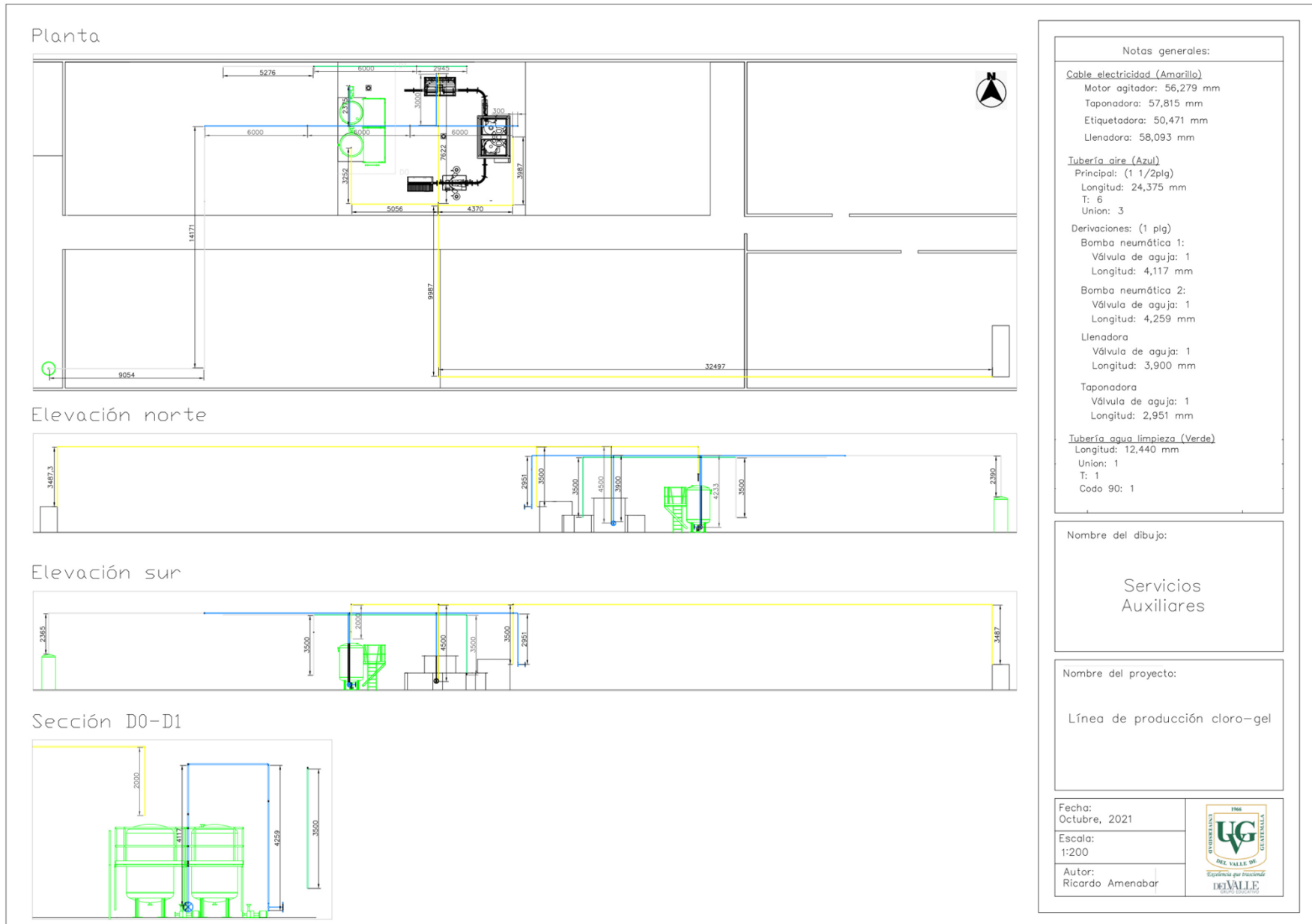
Fecha:  
Octubre, 2021

Escala:  
1:200

Autor:  
Ricardo Amenabar



**Figura 29-** Esquema de servicios auxiliares (agua de limpieza, aire comprimido y electricidad)



**Cuadro 19-** Requerimiento de tuberías necesarias para la conexión de las bombas y tanques en la línea de producción de cloro gel

Tubería	Material	Longitud total (m)	Cantidad tubos (6 m c/u)	Accesorios
Tramo de tubería para agua desmineralizada a tanque agitado 40 mm (1 ½ in)	PVC 160 psi	16.6	3	Unión recta: 1 Unión T: 1 Codo 90°: 5 Válvula de bola: 2
Tramo de tubería para NaOCl a tanque agitado 40 mm (1 ½ in)	PVC 160 psi	15.9	3	Unión recta: 1 Unión T: 1 Codo 90°: 5 Válvula de bola: 2
Tramo de tubería para cloro tipo gel a tanque agitado 25 mm (1 in)	Acero inoxidable 316L	4.7	1	Unión recta: 2 Codo 90°: 3 Válvula de bola: 2 Válvula cheque: 1
Tramo de tubería para cloro tipo gel a llenadora 25 mm (1 in)	Acero inoxidable 316L	13.1	3	Codo 90°: 5 Válvula de bola: 2 Válvula cheque: 1
Tramo de tubería para agua de limpieza 25 mm (1 in)	PVC 160 psi	12.5	3	Unión recta: 1 Unión T: 1 Codo 90°: 1 Válvula de bola: 1

Nota:

Todas las tuberías son de cédula 40

Consultar la Figura 28 y 29

Consultar Cuadros de corrosión (Cuadros 1 y 2, en la sección de marco teórico)

**Cuadro 20-** Requerimiento de aire filtrado y seco para la producción de producto tipo cloro tipo gel

Aire filtrado y seco disponible en la planta	Aire filtrado y seco necesario para línea de producción propuesta 1	Aire filtrado y seco necesario para línea de producción propuesta 2
169.5 m <sup>3</sup> /h (100.0 SCFM)	78.99 m <sup>3</sup> /h (46.49 SCFM)	68.97 m <sup>3</sup> /h (40.59 SCFM)

Nota:

Todos los valores son a condiciones estándar (100 kPa, 20 °C y humedad relativa 0 %)

El aire filtrado y seco disponible fue un valor obtenido por estudios de aire realizados en la empresa

**Cuadro 21-** Requerimiento energético total para la producción de producto tipo cloro gel

Consumo energético propuesta 1	Consumo energético propuesta 2
9.98 kW (13.38 hp)	10.5 kW (14.1 hp)

Nota:

El consumo energético de cada propuesta se calculó sumando la potencia necesaria de cada uno de los equipos para su correcto funcionamiento

**Cuadro 22-** Requerimiento de tuberías de aire comprimido para la nueva línea de producción

Tubería Diámetro externo	Material	Longitud total	Cantidad tubos (6 m c/u)	Accesorios
Principal 40 mm (1 ½ in)	Aluminio	24.4 m	5	Unión recta: 3 Unión T:3 Derivación 40 mm a 25 mm: 4 Tapón: 1
Derivaciones 25 mm (1 in)	Aluminio	15.3 m	3	Unión recta: 1 <sup>1</sup> Válvula de aguja: 4 NPT macho: 4
Manguera para aire comprimido 10 mm		8.0 m	4 <sup>2</sup>	NPT hembra: 4 NPT macho: 4

Nota:

Consultar la Figura 29 esquema de servicios auxiliares

Todas las tuberías son cédula 40

<sup>1</sup>La unión recta se utilizaría para la derivación hacia la taponadora, utilizando 2.1 m disponibles de tubería de la llenadora y 0.8 m de la bomba de doble diafragma.

<sup>2</sup>Se necesitan cuatro mangueras de aire de 2 m c/u.

**Cuadro 23-** Requerimiento de cables para electricidad para la instalación de la nueva línea de producción

Equipo	Longitud	Suministro eléctrico – Propuesta 1	Corriente máxima propuesta 1 (A)	Suministro eléctrico – Propuesta 2	Corriente máxima – Propuesta 2 (A)	Cable
Motor agitador	56.3 m	1.5 kW 220 V 5 A	17.3	1.5 kW 220 V 5 A	17.3	THN AWG 12
Llenadora	58.1 m	2.5 kWh 220 V 8.5 A	29.3	3.0 kWh 220 V 10.5 A	36.1	THN AWG 10
Taponadora	57.8 m	2 kWh 220 V 7.0 A	24.2	3.0 kWh 220 V 10.5 A	36.1	THN AWG 10
Etiquetadora	50.5 m	2.5 kWh 220 V 8.5 A	29.3	3.0 kWh 220 V 10.5 A	36.1	THN AWG 10

Nota:

La corriente máxima se refiere a la corriente necesaria de arranque tomando en cuenta un factor de seguridad del 15%.

**Cuadro 24- Resultados de análisis económico**

<b>Descripción</b>	<b>Propuesta 1</b>	<b>Propuesta 2</b>
Inversión inicial <sup>1</sup>	GTQ 850,875.81	GTQ 2,245,345.96
VAN	GTQ 2,664,500.52	GTQ1,759,435.56
Relación Beneficio/Costo	3.13	0.78
TIR (%)	58	24
Tiempo de recuperación de inversión	1 año y 11 meses	4 años y 2 meses

Notas:

Se tomó una tasa mínima atractiva de retorno del 10 %, valor proporcionado por la empresa

Se utilizó como tasa de cambio a Q7.735/US\$ y Q9.065/€, obtenido del banco de Guatemala el 5 de septiembre 2021

En la sección de anexos (análisis económico), se encuentra la información que se utilizó para obtener estos resultados

<sup>1</sup>La inversión inicial considera los costos de importación, instalación e impuestos de los equipos necesarios.

## VIII. Análisis de resultados

Se realizó la propuesta de una línea de producción de un artículo de limpieza y desinfección tipo cloro gel, por solicitud de una fábrica de detergentes, cuya política de confidencialidad no permite divulgar el nombre de la organización, localización, proveedores, marca, precio de venta y especificaciones de las materias primas del producto. Surgió la necesidad de una formulación que cumpliera con las especificaciones determinadas por el Departamento de Mercadeo (Cuadro 7), efectividad de desinfección, costos de formulación, y línea de equipo adaptable a su infraestructura y servicios auxiliares. La empresa requirió de un análisis económico para la evaluación de la propuesta de línea de producción de cloro gel.

Las propiedades fisicoquímicas del producto formulado fueron tabuladas y comparadas con las de los productos de la competencia, y se encuentran en el Cuadro 7. A partir de análisis experimentales realizados a las muestras de los productos obtenidos de la competencia se determinó los rangos para estas propiedades. Se definió que la concentración inicial de hipoclorito de sodio varió en un rango entre 2.5 y 3.5 % m/m, a partir de una extrapolación para cada producto. Con los rangos obtenidos se determinó el promedio para que sirviera de referencia para la formulación que se desarrollaría. La distribución de valores de concentración mostró que únicamente un producto se encontraba en el punto máximo del rango establecido. De acuerdo a los resultados de las pruebas de estabilidad a 45 °C se corroboró que el porcentaje inicial de hipoclorito de sodio (en la formulación propuesta) fue adecuado ya que al finalizar la cuarta semana de evaluación esta disminuyó a 1.23 % m/m, y se demostró su efectividad microbiana en la prueba realizada en el laboratorio de la empresa. El producto formulado presenta un rango de pH,  $13.21 \pm 0.03$ , lo cual se tomó en cuenta para declararlo en la etiqueta del producto envasado y en la futura hoja de MSDS, en la parte de precauciones de uso de este producto..

La formulación seleccionada del desinfectante tipo cloro gel se muestra en el Cuadro 6, la cual cumple con las especificaciones y requerimientos de la empresa, resultando en el menor costo de formulación, en comparación a las otras formulaciones realizadas (ver anexos Cuadro 40 y Cuadro 41). Los requerimientos fisicoquímicos del producto tipo cloro gel se establecieron a partir

del análisis de productos de la competencia. De acuerdo con este estudio, se determinó los rangos de concentración de hipoclorito de sodio, pH, viscosidad, densidad y grados Brix que se muestran en el Cuadro 7, estableciendo una vida útil para el producto formulado de 1 año. El control de cambios se llevo a cabo semanalmente, haciendo las mediciones mencionadas.

En el Cuadro 54 presenta los resultados de pruebas de estabilidad para el desinfectante formulado tipo cloro gel. En estas pruebas, el comportamiento en los cambios de concentración de hipoclorito de sodio fue similar a los productos de la competencia, como se muestra en la Figura 24. Debido a que el desinfectante en cuestión contiene hipoclorito de sodio, se esperaba un cambio en la concentración del mismo, ya que es un químico inestable y propenso a degradación, por la reacción catalítica de descomposición del compuesto (reacción 1), que describe la formación de cloruro de sodio y oxígeno. En la cámara de estabilidad a 45 °C, el tratamiento térmico por una semana equivale a tres meses de vida del producto en condiciones ambientales, por lo tanto, la cuarta semana reflejaría los cambios que se obtendrían a una vida de anaquel de un año. Los principales cambios observados en esta prueba se determinaron en la concentración de hipoclorito de sodio (en porcentaje), viscosidad y pH, siendo los últimos dos directamente dependientes del primer factor. Lo anterior se debe a que el agente espesante empleado se activa a pH mayor a 12.0, según información del proveedor y varía según la concentración de hipoclorito de sodio.

La Figura 22 describe los cambios de hipoclorito de sodio, determinados semanalmente, para las tres pruebas realizadas. Se observa que la concentración promedio determinada al cumplir cuatro semanas en la cámara térmica a 45 °C fue de 1.23 % m/m, obteniendo una variación del 57.5 % con respecto a la concentración inicial. La Figura 23 indica los cambios de pH en función del tiempo, determinando que, al finalizar su vida útil (un año), el pH estaría en un rango de  $12.70 \pm 0.020$ . Por último, la Figura 21 ilustra la comparación del comportamiento de la viscosidad en el tiempo, en cámaras de estabilidad a distintas temperaturas, donde se muestra la disminución constante de viscosidad a lo largo de las cinco semanas analizadas, disminuyendo hasta  $1097 \pm 47.3$  cP para la prueba a 45 °C, al cumplir cuatro semanas. Dicho valor se encuentra dentro del rango aceptable según las pruebas del Cuadro 7.

En el tratamiento usando la cámara de estabilidad a 5 °C y las muestras almacenadas a temperatura ambiente (16 – 24 °C), las variaciones de las propiedades fisicoquímicas fueron mínimas, como se observa en las Figuras 22, 23 y 24. Se determinó un cambio de la concentración de hipoclorito de sodio con respecto a la concentración inicial de 9.01 % y 11.59 %



respectivamente, para los valores determinados después de la cuarta semana de tratamiento. La viscosidad determinada para estos tratamientos, luego de las cuatro semanas, fue de  $1856 \pm 9.2$  cP y  $1855 \pm 16.2$  cP respectivamente. Esta disminución de viscosidad se puede deber a la estabilización del agente viscosante. La Figura No. 42, presenta la evaluación del comportamiento de la viscosidad en el tiempo para el producto formulado tipo cloro gel. En esta se muestra que a partir de las 20 horas de producido, la viscosidad del producto alcanza su estabilidad, en un valor promedio de 1980 cP.

Con el objetivo de contar con parámetros de control de calidad para la empresa, se determinó el comportamiento de la viscosidad y densidad a distintas temperaturas, del producto formulado tipo cloro gel. La relación de la densidad y temperatura se ilustra en la Figura, donde se muestra un  $R^2$  de 0.9404, lo cuál indica una correlación leve entre las variables. La principal razón de este valor bajo fue por el equipo de medición empleado, ya que se utilizó una probeta de 5 mL por la falta de un picnómetro en el laboratorio de la empresa. La Figura 40 muestra el comportamiento de la relación de viscosidad y temperatura, con un  $R^2$  de 0.9856 indicando un comportamiento lineal entre las variables.

La Figura 41 presenta los datos velocidad de deformación vs esfuerzo cortante del producto formulado tipo cloro, lo cuál se realizó para determinar la reología del producto. Se observó en la gráfica que el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la velocidad de deformación, partiendo desde el origen e indicando que el producto tiene un comportamiento de fluido newtoniano, asemejándose a la Figura 4.

El siguiente análisis realizado fue la comparación de la cantidad de espuma formada después de utilizar el producto, con respecto a la que produjeron los productos de la competencia, como se muestra en la Figura 46. El producto formulado tipo cloro gel presentó un volumen de espuma ( $465 \pm 13$  mL) similar al producto A ( $468 \pm 5$  mL) y menor al producto B ( $493 \pm 10$ ). De acuerdo con los resultados presentados en esta gráfica, se determinó que la cantidad de surfactante agregado a la formulación estaba en el rango determinado de los productos de la competencia. Se recomienda realizar una prueba normada de espuma, para su validación a nivel global.

En el Cuadro 8 se muestra el resumen correspondiente a los análisis microbiológicos realizados en el laboratorio de la empresa, para determinar la efectividad del producto formulado de acuerdo con la disminución en el número de colonias/microorganismos después de utilizar el

producto formulado. En las pruebas realizadas con hipoclorito de sodio al 3.02 % m/m, se determinó una disminución significativa para cada uno de los microorganismos evaluados después de 1 minuto de contacto. En el caso del recuento aeróbico, se redujo un  $98 \pm 3\%$  ( $484 \pm 10$  a  $6 \pm 2$  UFC/mL). En el caso de los Coliformes la reducción de microorganismos fue de  $100 \pm 0\%$  ( $221 \pm 8$  a  $0 \pm 0$  UFC/mL), *Escherichia Coli* de  $100 \pm 0\%$  ( $66 \pm 10$  a  $0 \pm 0$  UFC/mL), y las levaduras de  $99 \pm 2\%$  ( $14 \pm 23$  a  $0 \pm 0$  UFC/mL). Lo cuál esta dentro del rango de la norma USP 42 (98 – 100 % de reducción). Adicionalmente, al realizar de nuevo la evaluación de microorganismos, con la concentración de hipoclorito de sodio al finalizar la vida útil del producto (1.23 % m/m), se obtuvo una disminución de  $98 \pm 2\%$  ( $334 \pm 40$  a  $3 \pm 1$  UFC/mL) para el recuento aeróbico, de  $93 \pm 7\%$  ( $9 \pm 6$  a  $0 \pm 0$  UFC/mL) en Coliformes, y  $100 \pm 0\%$  de *Escherichia Coli*. En este caso no se tomó en cuenta la prueba de levaduras, ya que no se presentó crecimiento inicial, previo a la aplicación del producto para realizar el análisis.

Se corroboró la efectividad microbiológica del producto formulado tipo cloro gel con la comparación de los resultados realizados en la empresa con valores obtenidos en pruebas realizadas por un laboratorio externo, como se muestra en el Cuadro 9. La muestra empleada para la evaluación en diluciones fuera de la empresa presentó una concentración promedio de hipoclorito de sodio de 3.02 % m/m, con lo que se obtuvo un porcentaje de reducción de microorganismos del 100% para *Escherichia Coli*, *Salmonella entérica* y *Staphylococcus aureus*. Estos resultados de desinfección indican que el producto formulado si es efectivo para la eliminación de estos microorganismos en un tiempo de contacto de 30 s, 1 min y 5 min. Por motivos de costos no se realizó esta evaluación externa, al finalizar la vida útil del producto, con concentración de hipoclorito de sodio 1.23 % m/m.

Para el proceso de producción de la línea de desinfectante tipo cloro gel, se propuso mezclar las materias primas en un tanque agitado, según la formulación establecida, y transportar la mezcla a un tanque reservorio que serviría de almacenamiento. Este tanque alimentaría la llenadora y al mismo tiempo permitiría el vaciado del tanque agitado para realizar otra mezcla, simultáneamente. Luego, se transportaría el producto a la llenadora de botellas según el volumen requerido, se colocaría la tapa, inserto y etiqueta a la botella y, por último, se empacaría en cajas de 12 unidades con sus respectivos separadores de producto terminado, para su posterior traslado a la bodega de almacenamiento.

En la Figura 26 se muestra el diagrama del proceso de producción propuesto de desinfectante tipo cloro gel. El tanque reservorio de agua desmineralizada (E-1) alimenta el tanque de mezcla (E-3) utilizando una bomba centrífuga. La cantidad de agua a agregar a la mezcla se establece con el controlador de flujo (FC1), que mide el flujo volumétrico por la tubería y a partir de la relación de densidad establece la alimentación correspondiente. La materia prima sólida y líquida de menores proporciones es pesada por el operador de metrología en el área asignada actualmente dentro de la empresa y son agregadas al tanque agitado por el operador de mezcla. Posteriormente, se alimenta la solución de hipoclorito de sodio al tanque de mezcla y se realiza con el controlador mencionado anteriormente (FC1), midiendo el flujo volumétrico de agua por medio de un rotámetro (FT2). La bomba de tipo diafragma, utilizada para impulsar la solución, es accionada neumáticamente desde el tanque reservorio de solución madre NaOCl (E-2) al tanque agitado (E-3); debido a que el hipoclorito de sodio es una sustancia que corroe los materiales, se evita utilizar equipos con partes móviles en contacto con la solución. El dispositivo de accionamiento de dicha bomba es de teflón. El tanque tiene un agitador tipo propela de tres aspas y tres placas deflectores para evitar la formación de turbulencia en el proceso de mezclado. La descarga de los tanques de mezcla (E-3) y reservorio (E-5) tienen una unión tipo T para cuando sea necesaria una limpieza se pueda drenar el agua utilizada por esta salida. Los tanques tienen un indicador de nivel como medida preventiva de rebalse.

La mezcla del producto formulado se traslada al tanque reservorio de producto terminado usando una bomba de doble diafragma (neumática), la cual es adecuada por la viscosidad (2,000 cP) del producto y evita la formación de burbujas en la solución. Con una bomba del mismo tipo se traslada el producto formulado del tanque reservorio (E-5) a la llenadora de líquidos (E-6). Las botellas llenadas son transportadas en una banda (T1) e ingresan al equipo que coloca el inserto y tapas en los envases. Los insertos y tapas se agregan por la parte superior del equipo en las tolvas receptoras. El producto envasado, con inserto y tapa, ingresa a la etiquetadora, transportado por una banda mecánica de cadena (T2) donde se coloca una etiqueta adhesiva frontal y una contraetiqueta, también autoadhesiva (en la parte trasera del envase). Previo a la aplicación, los rollos de etiqueta son colocados de forma manual por el operario. El producto se codifica de forma manual, con etiquetas brindadas por control de calidad.

Los envases taponados y etiquetados son trasladados por la banda transportadora (T3) al área de encajado, donde se procede a colocar los productos en cajas de cartón corrugado. El proceso de sellado de las cajas se realiza manualmente, con cinta adhesiva, se coloca una etiqueta con el

número de lote y posteriormente es transportada por un operario a una tarima de 1.2 x 1 metros. Por último, la tarima es trasladada por personal de bodega al almacén de producto terminado.

En toda la línea se realizarían periódicamente evaluaciones de control de calidad, para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos y cumplimiento de las especificaciones requeridas. En el proceso de llenado se harían mediciones de volumen de las botellas llenadas (500 mL), en la taponadora se verificaría el enrosque de la tapa e inserto, por medio de pruebas de fuga, en la etapa de etiquetado se analizaría la adhesión de la etiqueta a la botella. En el área de empaque se contarían las unidades por caja, se verificaría el sellado de las cajas con cinta adhesiva y el estibado del producto terminado.

La Figura 25 muestra las entradas y salidas del proceso global de producción, tomando en cuenta la merma de los procesos de mezclado, llenado del tanque reservorio y llenado de botellas. Se observó que la entrada del proceso son 2247.00 kg de cloro gel, obteniendo una salida de 2173.83 kg, equivalente a las 4063 botellas de cloro gel de 500 mL, previamente mencionadas, y una merma resultante de 3.26 % (m/m). Se calculó que en el proceso se disiparía 7121 de calor de disolución por lote, provenientes de la mezcla del hidróxido de sodio y agua. Este dato se determinó a partir de la Figura 3, con una concentración molar final de NaOH de 34 % m/m, considerando la mezcla hidróxido de sodio y agua.

En la Figura 32 se ilustra el balance de la etapa de agitación de la materia prima en un tanque de mezcla. La merma promedio en esta parte del proceso sería del  $1.50 \pm 0.08\%$  con respecto a la masa total inicial de las materias primas alimentadas al proceso, valor que se determinó al escalar el dato obtenido de merma durante las pruebas de raspado del recipiente mezcla de producto a nivel laboratorio. Los resultados de la variación de acumulación, previo y posterior al raspado, se muestran en el Cuadro 31.

La siguiente fase del proceso es el trasvase al tanque reservorio del granel de producto terminado. En esta parte se calculó una merma total de 1.51 % con respecto a la masa del producto formulado a la entrada del tanque (consultar Figura 33), valor que se compone de la acumulación en el tanque luego del raspado que se realizaría después del vaciado (por el llenado de envases), y la adherencia en la superficie de la tubería de entrada al tanque. Este segundo componente de la merma se determinó empleando un factor que relaciona la cantidad de producto que permanece

después de raspar (usando como referencia el tanque de mezcla) y el área superficial de contacto de la tubería. El valor obtenido fue de 0.01 % (m/m) de materia adherida en las paredes.

En la etapa de proceso de llenado de botellas, la merma corresponde al 0.31 % con respecto al producto remanente en el tramo de la tubería, áreas de cabeza de llenado y calibración de llenadora (consultar Figura 34). Para este cálculo se incluyó una pérdida de producto utilizado para la calibración diaria del equipo en esta operación, la cual se determinó a partir del área superficial de las boquillas de llenado (8) y el volumen de llenado (500 mL), estimando que 8 unidades de cloro gel se pierden por turno.

Para el cálculo del tamaño del lote de producción, se tomó en cuenta el volumen efectivo del tanque reservorio de producto terminado, con el que cuenta actualmente la empresa, y el balance de masa descrito previamente. A partir de la capacidad efectiva de este equipo, se definió un tamaño de lote de 2173.83 kg de producto terminado por lote de producción, lo cual equivale a 4,063 botellas de 500 mL de desinfectante tipo cloro gel.

Para el análisis del dimensionamiento del tanque agitado, llenadora, taponadora y etiquetadora se tomó como base de cálculo la capacidad del tanque reservorio de producto terminado con el que dispone la empresa (capacidad efectiva de 2.200 m<sup>3</sup>). Este análisis se realizó construyendo el balance de masa y energía de la Figura 25, usando la merma estimada del 1.5 % sobre la masa total al integrar todas las materias primas agregadas al tanque agitado y, utilizando la densidad del producto formulado (1.07 kg/L) se estableció su volumen efectivo (2.250 m<sup>3</sup>). Se determinó las dimensiones del tanque de acuerdo con el volumen efectivo y utilizando la fórmula de volumen de un cilindro, se obtuvo el valor del diámetro (1.388 m) y altura efectiva (1.803 metros). Se determinó, con pruebas de laboratorio, una relación de altura máxima (nivel máximo) que alcanza el líquido en agitación (de la mezcla de materias primas), a la velocidad requerida y diámetro del recipiente utilizado (que representó al tanque a usar) correspondiente a 1.10 y se tomó un factor de seguridad de 1.30 veces el diámetro del tanque para establecer su altura. Esto se hizo para evitar el derramamiento del líquido durante el mezclado, obteniendo una altura de diseño de 1.803 metros.

Se utilizó la norma DIN 28131, para seleccionar el agitador de tipo propela, el cual se adecua al proceso de mezclado del cloro gel y otros productos fabricados dentro de la empresa (viscosidades menores a 8,000 cP). Con esta norma se determinó un diámetro de 0.4164 metros

para el agitador, una altura desde el fondo y ancho de placas deflectoras (0.4164 y 0.1388 metros ) En el Cuadro 36 se observa el tiempo que toma disolver por completo en la mezcla, cada una de las materias primas agregadas a escala laboratorio. Tomando en cuenta que el surfactante A tarda en promedio,  $28.4 \pm 1.1$  minutos en disolver por completo, se propone el uso de tres placas deflectoras de (0.1388 metros de ancho y 0.0278 metros de espaciado) para evitar la formación de remolinos en la agitación y así disminuir este tiempo. Empleando como referencia la velocidad de giro del agitador (160 rpm), la densidad del fluido (1.07 kg/L), viscosidad máxima (2,000 cP) y diámetro del agitador, se calculó una potencia correspondiente a 1.29 kW para este, como se muestra en el cálculo 6. El esquema del tanque agitado se muestra en la Figura 31.

Se determinó la potencia requerida para cada una de las bombas para la propuesta de nueva línea de producción, utilizando los esquemas de la distribución de tuberías en la Figura 28, en la cual se detallan las tuberías y accesorios requeridos, y los Cuadros 83, 85, 87 y 89 en donde se tabuló las propiedades del fluido y velocidad de flujo. Posteriormente se realizó la ecuación de Bernoulli para determinar la potencia requerida para mover el fluido entre el punto de carga y descarga, y se determinó una potencia de 255.7 W para el tramo de tubería entre la descarga del tanque reservorio de agua desmineralizada a la descarga dentro del tanque agitado (de mezcla). En el caso de la bomba que mueve el fluido desde la descarga del tanque reservorio de la solución madre de NaOCl (12 % m/m) a la descarga dentro del tanque agitado (de mezcla), la potencia calculada fue de 255.2 W. La potencia calculada para el tramo del tanque agitado al reservorio de producto terminado fue de 809.0 W, y del tanque reservorio a la llenadora de 539 W.

De acuerdo con el flujo mostrado en el diagrama del proceso y el balance de masa realizado, se cotizó una máquina de llenado para la capacidad correspondiente obtenida de la demanda y el análisis de producción (ver sección cotizaciones en anexos). Se llevó a cabo una calificación de proveedores, tabulada en los Cuadros 32, 33 y 34, según aspectos determinados por la empresa (precio, origen, comunicación y rango de operación), utilizando las ponderaciones mencionadas en la metodología (40% precio, 20 % origen, 10 % comunicación y 30 % rango de operación). Para el tanque agitado, se seleccionó la marca MIXERDIRECT proveniente de Estados Unidos., cuya calificación fue de 85 %. Para la línea de llenado, se seleccionó la marca STRPACK proveniente de China y la marca ICC FILLING proveniente de Italia, ya que en promedio, sus calificaciones fueron las más altas (87 % y 70 %, respectivamente). En el caso de las bombas de doble diafragma, se seleccionó la marca SANDPIPER, distribuida en Guatemala, ya que en promedio, su calificación

fue la más alta (100 %). Las tuberías y cableado eléctrico fueron cotizadas con el proveedor autorizado de la empresa.

El tanque agitado marca MIXERDIRECT es de polietileno con capacidad efectiva de 2.273 m<sup>3</sup> y volumen nominal de 2.487 m<sup>3</sup>, como se muestra en el Cuadro 13. Este tiene cuatro soportes con una altura de 0.30 m desde el suelo a la parte inferior del tanque. La salida del tanque se encuentra en el fondo, que es redondeado. El ingreso de la materia prima sólida se realiza desde la parte superior del tanque, ya que cuenta con techo abatible. El tanque tiene un agitador de tipo propela de 3 aspas de 0.381 m de diámetro y un ángulo de 25 °, también cuenta con tres placas deflectoras. El consumo de energía eléctrica de este equipo es de 1,47 kW, suministrado por un motor trifásico (1750 rpm y reductor controlador 100 – 430 rpm) (consultar Cuadro 26 y Figura 31).

La llenadora marca STRPACK, proveniente de China, es de polipropileno en su estructura de construcción. Las boquillas de llenado son de polipropileno y tiene un módulo de medición/dosificador de pistones según el volumen requerido, el cual es un mecanismo adecuado para el manejo de líquidos con viscosidades medias (en un rango entre 1 y 5000 cP) y una capacidad de producción entre 1500 y 3000 botellas/hora. Para el funcionamiento de este equipo es necesaria una potencia eléctrica de 2.5 kW, que acciona el motor trifásico del equipo, y un suministro de aire seco y filtrado de 12.0 m<sup>3</sup>/h a una presión de 600 kPa (consultar Cuadro 28).

La llenadora marca ICC FILLING, proveniente de Italia, es de acero inoxidable 316 en su estructura de construcción y cubierto de polipropileno. Las boquillas de la llenadora son de titanio que, según especificaciones del proveedor, es un material adecuado para el manejo de soluciones de hipoclorito de sodio al 3 % m/m. El rango de viscosidades que se pueden trabajar en este equipo es entre 1 y 6500 cP, a una capacidad de producción entre 2000 a 4200 botellas/hora. Para el funcionamiento de este equipo se necesita una potencia eléctrica de 2.5 kW, que acciona el motor trifásico del equipo, y un suministro de aire seco y filtrado de 10.0 m<sup>3</sup>/h a una presión de 600 kPa (consultar Cuadro 28).

Para ambas opciones de línea de llenado, STRPACK y ICC FILLING, la cámara de alimentación de la llenadora cuenta con un indicador de presión manométrica que es utilizado para determinar y controlar la presión de operación del producto, desplegando una alerta si esta se excede. La taponadora de los equipos es de doble carrusel con 12 cabezas de inserto y 2 para tapas,

lo que evita tener un equipo extra para colocar la tapa roscada a la botella. La etiquetadora de ambos equipos tiene una velocidad de etiquetado mínima de 2,000 botellas/hora. Para ambas opciones de líneas de llenado son necesarias tres bandas transportadoras rectas de 1 m, y dos bandas a 90 °, con un consumo de potencia de 1.0 kW y 0.2 kW respectivamente, cabe destacar que ambas tienen una cama de polietileno con un ancho variable de 80 - 114 mm. La principal diferencia entre estas dos marcas es la versatilidad del equipo italiano (ICC FILLING), ya tienen mayor velocidad de operación y un rango más amplio de aplicación. Sin embargo, el equipo proveniente de China (STRPACK) cumple con los requerimientos planteados por la empresa y especificaciones de la línea de producción.

Son necesarias dos bombas de desplazamiento positivo de doble diafragma, para mover el cloro gel formulado del tanque de mezcla al tanque reservorio, y para mover de este tanque a la llenadora. El material de estas bombas es propileno en la estructura y teflón en las partes móviles. El flujo de salida máximo de las bombas es 87 L/min y 52 L/min, respectivamente. El consumo de aire seco y filtrado de estas bombas es de 16.99 m<sup>3</sup>/h y 8.00 m<sup>3</sup>/h, respectivamente, a una presión de 600 kPa.

Para el funcionamiento de los equipos de la línea propuesta de producción fue necesario determinar el consumo total de energía eléctrica y aire, tabulados en los Cuadros 20 y 21. De acuerdo con las especificaciones de los equipos, se calculó la energía eléctrica necesaria para la operación de cada una de las propuestas, siendo 9.98 kW y 10.5 kW para la línea con llenadora proveniente de China y la línea llenadora proveniente de Italia, respectivamente. En el caso del requerimiento de aire comprimido, según requerimientos por equipos descritos previamente, la empresa dispone un extra de 169.5 m<sup>3</sup>/h (100.0 SCFM), lo cuál satisface el requerimiento de aire total para ambas propuestas (línea con equipo de China y línea con equipo de Italia), 78.99 m<sup>3</sup>/h (46.49 SCFM) y 68.97 m<sup>3</sup>/h (40.59 SCFM), respectivamente.

En la Figura 28 se encuentra un esquema de las líneas de proceso y servicios auxiliares, en representación de las tuberías necesarias para llevar a cabo la instalación de la línea de producción. La línea roja representa el flujo de la solución acuosa madre de hipoclorito de sodio (12 % m/m) para el primer tramo. La verde representa la conducción del agua desmineralizada al tanque agitado. Estas dos se propusieron en PVC, los detalles de estas tuberías se encuentran en el Cuadro TUBEPVC.



En la vista de sección D0D1 se presenta la distribución propuesta de la línea de llenado del tanque reservorio y la correspondiente para el traslado de este tanque al depósito de la llenadora. El material de estas tuberías es acero inoxidable 316L, el cual, según indicaciones del proveedor, tiene una vida útil de 5 años para productos con concentraciones de hipoclorito de sodio menores al 5 % m/m. Las tuberías son pulidas interna y externamente con 240 grit. Las uniones de los accesorios y los nipples cuentan con bridas, empaques y abrazaderas de unión a presión tipo “clamp” (por lo que no necesitan soldadura o rosca, y pueden colocarse y quitarse fácilmente, pero las bridas si deben soldarse a cada nipple). El principal motivo de la elección de este tipo de tuberías es la versatilidad de las mismas, ya que permiten la limpieza rápida y mantenimiento del equipo, necesarios previos a un cambio de producto en la línea.

En el esquema correspondiente (Figura 29) a las líneas de servicios auxiliares se ilustra la tubería de agua de limpieza, usando una línea de color verde, que es una adaptación del sistema actual de tuberías y se propone para la limpieza de los equipos. Cabe mencionar que la empresa cuenta con dos reposaderas para desagüe, como se describen en la Figura, y se usarían para coleccionar el agua de limpieza de los equipos. La información de diámetro y cantidad de tubos necesarios se encuentra en el Cuadro 19.

Las tuberías de aire comprimido se determinaron a partir del esquema de la planta que se muestra en la Figura 28, para el tramo de tuberías existentes hacia la nueva línea de llenado. El detalle de las tuberías necesarias para la línea propuesta se encuentran en el Cuadro 19 (datos establecidos de acuerdo con Figura 28)

El tipo de cableado eléctrico necesario para hacer la instalación desde los tableros a los equipos se determinó a partir de la distancia desde el cuarto de máquinas a cada equipo y el calibre del cable a partir de la corriente máxima con un factor de seguridad del 15 % de sobrediseño, estos resultados se muestran en el Cuadro 23. El cable seleccionado es de tipo THHN, de cobre y aislado con policloruro de vinilo (PVC). Se necesita cableado de calibre 12 para el motor del agitador, y calibre 10 para los motores del equipo de llenado, taponado y etiquetado (consultar Cuadro 21). La planta cuenta con un sistema de canaletas de metal, adaptables al área disponible para la propuesta, como se muestra en la Figura 29.

El espacio disponible para la línea de producción propuesta corresponde a 99.0 m<sup>2</sup> (11.0 m x 9.0 m). La distribución de los equipos propuestos se muestra en la Figura 27, donde se

esquematiza cada uno de los equipos, correspondientes al mezclado, llenado, taponado y etiquetado. También se puede observar la distribución de tuberías adecuadas para las líneas de los servicios auxiliares necesarios del proceso; aire comprimido, electricidad y agua de limpieza. En la vista de planta de los equipos de la línea de producción propuesta se muestra al oeste, el tanque agitado y reservorio de producto. En el norte se ilustra la maquina de llenado con un espacio de 0.9 m entre la pared, para evitar el sobrecalentamiento de los equipos y tener espacio disponible para el paso de los operadores. Al este del esquema se encuentra la taponadora, con sus respectivos servicios auxiliares. Al sur de la línea de producción se indica el equipo de etiquetado y el área de encajado.

Con las cotizaciones de maquinaria y equipos auxiliares, se calculó la inversión inicial necesaria para la línea de producción propuesta de desinfectante tipo cloro gel. Se llevaron a cabo dos análisis tomando en cuenta el tanque agitado cotizado de EEUU, y ambas opciones de línea de envasado, de China y de Italia. Seguidamente, con los requerimientos de energía y aire, calculados en el balance de energía, se monetarizó el costo de estos insumos. Con el tamaño del lote, establecido previamente, se determinó la cantidad de materia prima a utilizar y los costos asociados a esta. Dentro de estos últimos, se incluyó los químicos de formulación y materiales para el empaque del producto terminado. Para completar el análisis, se realizó un diagrama de ocupación con el cual se estableció la cantidad de personal necesario y la jerarquía correspondiente, para el funcionamiento de la línea de producción de cloro gel. Seguidamente, según acuerdo gubernativo No. 250-2020 e información de la empresa, se definió el salario de estos operarios.

Para determinar la inversión inicial del proyecto de la línea de producción de cloro gel se tomó en cuenta el tanque agitado cotizado por la empresa MixerDirect de EEUU y las cotizaciones de la línea de llenado de las empresas STRPACK de China y ICC FILLING de Italia, respectivamente. Para la propuesta 1 (tanque agitado de EEUU y línea de llenado proveniente de China), la inversión inicial es de Q744,204.84, con tasa de cambio de Q7.735/US\$. En el caso de la propuesta 2 (tanque agitado de EEUU y línea de llenado proveniente de Italia), el monto es Q2,040,573.77, con tasa de cambio de Q9.065/€. Estos precios mencionados incluyen los precios de la maquinaria, el flete y seguro para la importación a Guatemala (costo CIF), gastos de tramites legales, instalación y supervisión en la empresa, gastos imprevistos, instalación de equipos de servicios auxiliares, conexiones y tuberías. Es notorio que la propuesta 1 para la línea de producción de desinfectante tipo cloro gel, es 63 % más económica que la propuesta 2.

Los servicios auxiliares de la línea propuesta de producción son principalmente energía, aire comprimido, para bombas, bandas transportadoras, agitación del tanque de mezclado y funcionamiento de la línea de empaque. Se evaluó los requerimientos del equipo para ambas propuestas y se determinó un costo por lote del consumo de energía eléctrica de Q25.29 y Q26.23, para la propuesta 1 y 2 respectivamente. En el caso del consumo de aire comprimido, el costo determinado fue Q156.87 y Q154.15, respectivamente para el funcionamiento de los equipos mencionados previamente. Estos valores fueron tabulados en los Cuadros 77 y 78. Para el cálculo del costo de la materia prima y material de empaque mostrados en el Cuadro 117. Por motivos de confidencialidad, se tomó datos promedio de los proporcionados por la empresa. El costo calculado de materia prima por lote de formulación (4063 unidades) fue de Q4,597.64 y para el material de empaque fue Q11,858.76.

En la Figura 36 se observa el diagrama de ocupación por cada proceso en la línea de producción del cloro tipo gel. Para la actividad de metrología se necesita un operario, que estará encargado de pesar y colorcar la materia prima necesaria para el proceso de mezclado en los recipientes correspondientes. Tomando en cuenta promedio de curva de aprendizaje en esta actividad, proporcionado por la empresa, el tiempo para el pesaje de materias primas sólidas, líquidos y material con alta viscosidad, es de 1 hora y 15 minutos. El siguiente proceso, mezclado, lo realiza otra persona, encargada de añadir la materia prima sólida y semi-sólida de forma manual al tanque agitado y utilizar el controlador de flujo para el agua e hipoclorito de sodio al 12%. El tiempo de mezclado se observa en el Cuadro 39, el cual se obtuvo de las pruebas de laboratorio. Para la formulación de 1 kg de cloro gel se tomó en promedio 45 min. El proceso de llenado del tanque reservorio de producto terminado, lo inicia la misma persona del mezclado, accionando la bomba, y al finalizar realiza la limpieza de este tanque. Cuando se vacía, otras dos personas son las encargadas de manejar la máquina de llenado de botellas; una se encarga de liderar la línea de llenado y del manejo del controlador, y la otra persona es encargada de colocar botellas vacías en la banda transportadora. Para el caso del taponado y etiquetado de botellas, se definió como necesaria solamente una persona, que será encargada de llenar la tolva de tapas e insertos, y cambiar la bobina de etiquetas en la máquina. Por último, en la etapa de encajado, son requeridos 3 operarios; uno será encargado de armar las cajas, y los otros dos deberán introducir las unidades (12 botellas por caja) y estibar en tarimas de 12 cajas por cama y 5 camas por pallet, según Figura 53. Con esta estructura, se observa en la Figura 36, que por turno pueden producirse dos lotes de producto terminado.

En el Cuadro 82 se tabuló el costo de mano de obra según jerarquía y responsabilidades del personal de la línea propuesta de producción. Actualmente, la empresa tiene categorizados los operarios en dos escalas de salario por responsabilidades. En el caso del área de metrología la persona encargada debe estar capacitada para el uso correcto de las balanzas y tiene la responsabilidad de asegurarse que las cantidades sean exactas según la formulación. El operador del proceso de mezclado también debe estar capacitado en esta área, conocer acerca del panel controlador del tanque de agitación y del equipo en general en caso de fallas o necesidad de ajustes. Por último, el líder de línea pertenece al mismo grupo de los dos trabajadores descrito previamente, ya que debe conocer acerca de la línea de llenado en general para poder controlar cada etapa de la misma. El costo calculado de mano de obra para este primer tipo de operador fue de Q29.03/hora. En el segundo grupo se encuentran los operarios con menor responsabilidad; en este caso son los trabajadores de las etapas de llenado, taponado y etiquetado, y encajado. El costo calculado de mano de obra de esta segunda clasificación fue de Q22.33/hora. El costo total de mano de obra es Q795.10 por lote de producción de cloro gel.

Se determinó la producción mensual de cloro gel a partir del pronóstico de ventas de la empresa y la estacionalidad de artículos de este tipo, según el Ministerio de Economía de Guatemala. En la Figura 48 se ilustra una variación en las ventas de productos que contienen cloro. Esta se tomó como referencia para determinar el plan de producción según la demanda esperada a diez años, que será el tiempo de evaluación del proyecto, la cuál corresponde a la menor vida útil de la línea de llenado seleccionada dentro de las dos opciones evaluadas. Según la estacionalidad de la demanda del producto las ventas son mayores en los meses enero y agosto (9.8 y 9.6 %, respectivamente, con relación a las exportaciones de productos con cloro). Al finalizar el primer año, las ventas esperadas calculadas fueron de 80,000 unidades, valor que se obtuvo integrando las ventas de los doce meses y usando un incremento del 5% mensual a partir del primer mes de ventas. Una vez alcanzada la demanda esperada se estableció un crecimiento anual del 5 %, según un estudio confidencial de mercado, realizado por el Departamento de Investigación y Desarrollo de la empresa. Este crecimiento se debe a que a partir del segundo año se espera que el producto tenga una venta anual estable, pero continúe un crecimiento en la porción del mercado.

Se realizó un análisis económico para determinar la tasa interna de retorno, el tiempo de recuperación de la inversión y la relación beneficio – costo del proyecto de propuesta de línea de producción desinfectante tipo cloro gel en la empresa, para las dos propuestas mencionadas previamente. Adicionalmente, también se hizo un análisis de sensibilidad de la tasa interna de

retorno variando costos de materia prima, material de empaque, mercadeo (publicidad), y distribución.

Se realizó el flujo de efectivo respectivo para cada propuesta, mostrados en el Cuadro 35 y 36. Los parámetros adicionales a los mencionados previamente para el análisis fueron la proyección de ventas esperada a finales del primer año de producción (80,000 unidades), gastos administrativos, financieros, de distribución y de mercadeo, y el precio de venta del producto. Los datos monetarios de los gastos fueron proporcionados por la empresa como un porcentaje sobre los costos de producción, y el precio de venta para el distribuidor fue un valor definido según precios de desinfectantes tipo cloro gel de la competencia, descontando la utilidad del distribuidor. En ambos casos de la información proporcionada, se hicieron modificaciones por políticas de confidencialidad de la empresa. Para el flujo de efectivo se detalló distintamente el primer año, como se observa en los Cuadros 70 y 71, ya que, por ser un producto nuevo, se propuso un descuento sobre el precio establecido como precio de introducción los primeros tres meses. Esta promoción se planteó con el fin de dar a conocer el producto, posicionarlo ante los clientes objetivo y aumentar la participación en el mercado.

Con la información descrita anteriormente, se calculó la tasa interna de retorno del proyecto, siendo de 109 % y 40 % para las propuestas 1 y 2, respectivamente. La propuesta 1, con la línea de llenado proveniente de la empresa STRPACK de China, representó una rentabilidad significativamente mayor, lo cual se traduce en un mayor porcentaje de beneficio para la empresa, con respecto a la inversión inicial. Se realizó un análisis de sensibilidad de la tasa interna de retorno, para ambas propuestas, planteando variaciones desde -20% a 50% de costos de materia prima, material de empaque, gastos de mercadeo (publicidad) y distribución. El factor con más efecto sobre la TIR, en los dos análisis de sensibilidad, fue el costo del material de empaque, como se observa en la Figura 37 y 38, debido a la pendiente más negativa y alejada del resto. Esto ilustra la necesidad de un buen sistema de inventarios para contar con insumos de este tipo y disminuir el efecto látigo en caso de fluctuaciones en la demanda. Posteriormente se determinó el tiempo de recuperación de la inversión para ambas propuestas, de acuerdo con el flujo de efectivo. Para la primera opción, el periodo de recuperación es menor a dos años y para la segunda es menor a tres años.

Por último, se determinó las relaciones beneficio – costo para las propuestas de línea de producción de desinfectante tipo cloro gel, que se muestran en el Cuadro 24. Dentro de este cálculo se obtuvo el valor actual neto al año 10, los cuales fueron Q7,281,167.79 y Q6,203,896.60,

respectivamente. Las relaciones beneficio – costo fueron 9.78 para la primera propuesta, lo que representa Q9.78 de beneficios por cada Q1 de costo, y dicho índice para la segunda propuesta fue 2.72 , que indica Q2.72 de beneficios por cada Q1 de costo. De nuevo, el valor de la propuesta 1 fue más atractivo para la empresa, siendo mayor en más de Q1,000,000 en el valor actual neto, y describiendo un mayor beneficio. En la empresa, se ha trabajado exitosamente con equipo y maquinaria proveniente de China y de Italia, pero en su mayoría del primer país, por lo que es una opción viable de selección.

## IX. Conclusiones

1. Se formuló un producto de limpieza y desinfección tipo cloro gel, con una viscosidad promedio de  $1,980.0 \pm 7.4$  cP, densidad promedio de  $1.070 \pm 0.003$  g/mL, pH de  $13.22 \pm 0.02$  y porcentaje inicial de hipoclorito de sodio promedio de  $3.02 \pm 0.01$  % m/m, con un efectividad microbiológica del 100 % contra los microorganismos *Escherichia coli* ATCC 8739, *Salmonella entérica* ATCC 14028 y *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, en distintos tiempos de contacto.
2. Se calculó un tamaño de lote correspondiente a 4,063 unidades de desinfectante tipo cloro gel, cada una conteniendo 500 mL (0.535 kg) de producto, para la línea de producción propuesta, compuesta de un tanque de mezclado ( $2.729$  m<sup>3</sup> volumen nominal), tanque reservorio de producto terminado ( $2.576$  m<sup>3</sup> volumen nominal), ambos de polietileno de; una línea de llenado (2,000 botellas/h, promedio) de llenadora (8 boquillas) polipropileno y titanio en partes móviles, taponadora (12 cabezas para insertos y 2 para tapas) de acero inoxidable 316 y polipropileno en partes móviles, y etiquetadora de acero inoxidable 316.
3. Se determinó el requerimiento de servicios auxiliares para ambas propuestas de líneas de llenado, resultando en 9.98 kW (13.38 hp) de energía eléctrica y 78.2 m<sup>3</sup>/h (40.9 SCFM) de aire comprimido para el equipo proveniente de la empresa STRPCK en China, y 10.5 kW (14.1 hp) de energía eléctrica, 78.2 m<sup>3</sup>/h (40.9 SCFM) de aire comprimido para el equipo proveniente de Italia de la marca ICC FILLING.
4. Se planteó la distribución de equipos (Ver Figura 27) en un área asignada de 99 m<sup>2</sup> en la empresa donde se propuso la línea de producción de desinfectante tipo cloro gel, con un requerimiento de tuberías de PVC con diámetro nominal de 38 mm (catálogo 40) y longitud total de 24.4 metros; tuberías de acero inoxidable con diámetro nominal de 25 mm (catálogo 40) con una longitud total de 13.1 metros, todas con sus respectivos accesorios (unión recta, unión T, codo de 90 °, válvula de bola y de cheque).

5. El análisis económico para la línea propuesta de desinfectante tipo cloro gel se realizó para tiempo de vida del equipo de diez años, con un aumento en la demanda estimado de 5% anual; para línea con equipo de llenado proveniente de la empresa STRPCK en China, la tasa interna de retorno fue de 109 %, periodo de recuperación de 1 año, 2 meses con inversión inicial de Q744,204.84, y una relación beneficio – costo de 9.78; para el caso con el equipo de llenado proveniente de Italia de la marca ICC FILLING, la TIR fue de 40%, recuperación de 2 años y 8 meses con una inversión de Q2,040,573.77, y una relación beneficio – costo de 2.50; indicadores de que ambas opciones generan un retorno de la inversión positivo y son rentables para la empresa.



## X. Recomendaciones

1. Hacer un estudio de la reología de los productos tipo cloro gel de la competencia, para conocer sus potenciales efectos en la aplicación de los productos.
2. Si la empresa deseara disminuir costos en la formulación, se recomienda reducir la cantidad de surfactantes y posteriormente realizar un análisis de espuma con el objetivo de definir si se encuentra en el rango esperado (Figura 46).
3. Realizar la prueba de calorimetría de la formulación planteada, para obtener un valor exacto del calor de disolución.
4. Se recomienda realizar una prueba normada de espuma, para su validación a nivel global.
5. Realizar un análisis microbiológico con una empresa externa del producto tipo cloro gel al finalizar su vida útil para establecer si el producto es efectivo al terminar su vida útil (1.23 % m/m NaOCl).
6. Al escalar el proyecto a la línea de producción, en las etapas de tanque de mezcla y reservorio de producto terminado, se recomienda un raspador flexible industrial para minimizar la merma dentro del tanque, ya que si no se realiza este proceso, el producto acumulado representaría el 3.3 % respecto a la masa de producto formulado entrante.
7. Realizar análisis fisicoquímicos al agua desechada posterior a la limpieza de los equipos de la línea de producción, con el fin de establecer si puede ser utilizada para el proceso de desinfección dentro de la planta de producción.

## XI. Bibliografía

1. ACHIPIA. (2017). *Salmonella entérica serovar Typhi*. Extraído de: <https://www.achipia.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/Ficha-Peligro-06-Salmonella-typhi-v01.pdf> [Fecha de consulta 10 enero del 2022]
2. BadgerMeter. (2020). *Medidores de flujo*. Extraído de: <https://www.badgermeter.com/es-us/blog-informacion-privilegiada/medidores-de-flujo-que-son-y-como-funcionan/> [Fecha de consulta 10 de mayo de 2021]
3. Barbosa, G. Ortega, P. (2005) *Food powers physical properties, processing and functionality*. Kluwe Academic. New York.
4. Brookfield. (2017). *More solutions to sticky problems*. Nueva York: AMETEK Brookfield
5. Bush, L. (2019). *Infecciones por estafilococos - Enfermedades infecciosas - Manual MSD versión para profesionales*. [Fecha de consulta 18 de enero 2022], from <https://www.msmanuals.com/es/professional/enfermedades-infecciosas/cocos-grampositivos/infecciones-por-estafilococos>
6. Bush, L. (2020). *Infecciones por Escherichia coli - Infecciones - Manual MSD versión para público general*. [Fecha de consulta 18 de enero de 2022], from <https://www.msmanuals.com/es/hogar/infecciones/infecciones-bacterianas-bacterias-gramnegativas/infecciones-por-escherichia-coli>
7. De Nevers, N. (1991). *Fluid mechanics for chemical engineers*. 2da ed. New York: McGraw-Hill Inc.

8. Domínguez, J, & Henríquez, K. (2015). *Formulación, pruebas de funcionamiento y de aceptabilidad de desinfectantes en gel clorados y yodados*. Universidad de El Salvador, El Salvador.
9. EPA. (2021). List N: *Disinfectants for Coronavirus (COVID-19)*. EPA. Recuperado de: <https://www.epa.gov/pesticide-registration/list-n-disinfectants-coronavirus-covid-19> [Fecha de consulta 12 de febrero de 2021]
10. Fidel, Rivail Antonio, & Rivera Fidel, Sandra, & Hirata Junior, Rafael (2012). *Antimicrobial activity of sodium hypochlorite, chlorhexidine and MTAD® against Enterococcus faecalis biofilm on human dentin matrix in vitro*. *RSBO Revista Sul-Brasileira de Odontologia*, 9(2),143-150.[fecha de Consulta 12 de Febrero de 2021]. ISSN: 1806-7727. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1530/153023704004>
11. Flamenco, J, & Guevara, G. (2011). *Formulación de tres productos desinfectantes y evaluación de su actividad microbiana*. Universidad de El Salvador, El Salvador.
12. Geankopolis, C. (1,998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. 3ra ed. México: Compañía editorial continental S.A.
13. MAINCO. (2021). *Resistencia a químicos de aceros inoxidable*. Guatemala
14. McCabe, W., Smith, J., y Harriot, P. (2007). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química* (7ma ed). McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.
15. Mendoza, J. (2020). *México: productos con una mayor demanda por el coronavirus 2020*. *Statista*. Recuperado de: <https://es.statista.com/estadisticas/1110032/productos-mas-consumidos-covid-19-mexico/> [fecha de consulta 14 de febrero de 2021].
16. Ojeda, A. (2019). *Manejo inadecuado de los paquetillos radiográficos antes de tomar la radiografía*. Universidad Veracruzana, México.

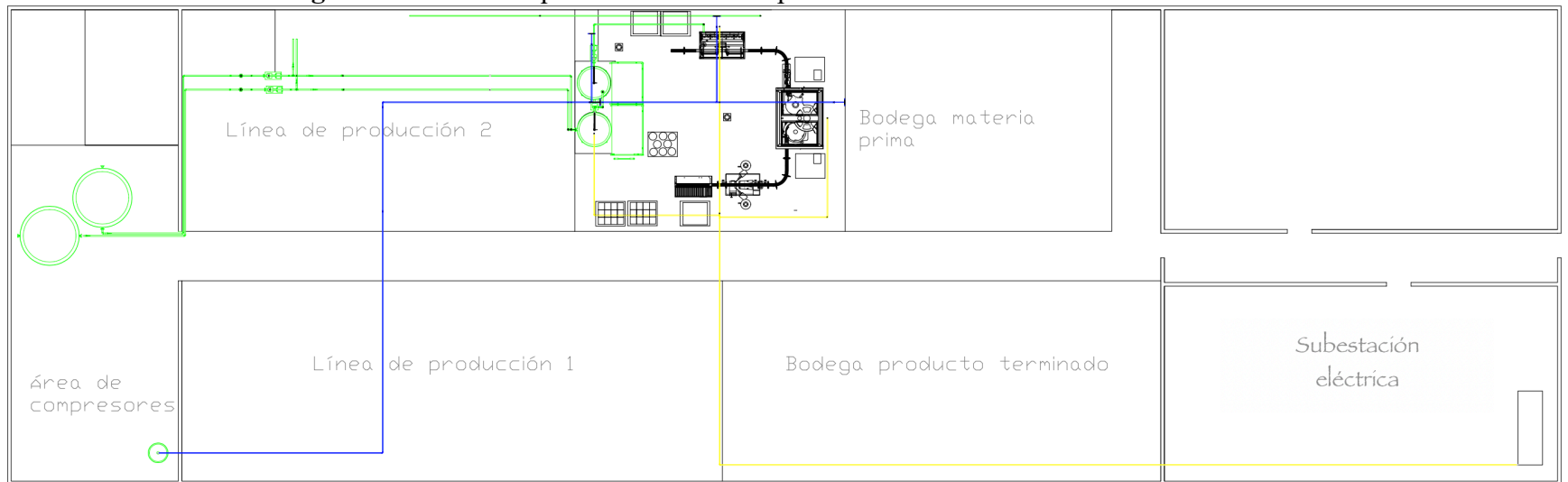
17. Oxychem. (2014). *Sodium Hypochlorite Handbook*. Oxy. Recuperado de: <https://www.oxy.com/OurBusinesses/Chemicals/Products/Documents/sodiumhypochlorite/bleach.pdf> [fecha de consulta 11 de febrero de 2021].
18. Peters, M. (2003) *Plant Design and economics for Chemical Engineers*; McGraw-Hill. 5ta edición. New York.
19. Ríos, A. (2013). *Evaluación del nivel de contaminación de superficies y la eficacia de productos desinfectantes a corto y largo plazo. Nuevos métodos (tesis doctoral)*. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España. Recuperado de: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/129381/agrc1de1.pdf?sequence=1> [fecha de consulta 16 de febrero de 2021].
20. Rojas, J. (2013) *Estudio de estabilidad acelerada en lotes piloto de un gel exfoliante elaborado a base de cáscara de huevo por medio de la cuantificación de calcio disuelto*. Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala. Recuperado de: <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QF1269.pdf> [fecha consulta 12 de diciembre de 2021]
21. Sánchez, L. & Saenz, E. (2005). *Antisépticos y desinfectantes. Dermatología Peruana*. Recuperado de: [http://metabase.uaem.mx/bitstream/handle/123456789/1468/280\\_4.pdf](http://metabase.uaem.mx/bitstream/handle/123456789/1468/280_4.pdf) [Fecha de consulta 16 de febrero de 2021].
22. Sinnot, T. (2008) *Chemical Engineering Design*; Elsevier. Indiana.
23. Smith, J. Van Ness, M. (2007). *Introducción a la termodinámica en Ingeniería Química*, 7ma . McGraw-Hill
24. STENNER. (2016). *Guía de resistencia de químicos*. Jacksonville. Recuperado de: <http://stenner.com/wp-content/uploads/2014/06/FCRGS.pdf> [Fecha de consulta 25 de marzo de 2021]
25. Thompson, J. E., & Davidow, L. W. (2004). *A practical guide to contemporary pharmacy practice*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

26. World Health Organization.(2020) *Coronavirus disease (COVID-19): Cleaning and disinfecting surfaces in non-health care settings*. World Health Organization. Recuperado de: <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-cleaning-and-disinfecting-surfaces-in-non-health-care-settings> [Fecha de consulta 14 de febrero de 2021].
27. Wood, L. *Global disinfectants Market Report (2020 to 2030) – COVID-19 Growth and Change*. Research and markets. Recuperado de: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5027897/disinfectantsglobalmarketreport2020-30> [fecha de consulta 14 de febrero de 2021]

## XII. Anexos

### A. Distribución de la línea de producción en la planta

**Figura 30-** Esquema de la línea de producción en las instalaciones actuales



## B. Especificaciones de equipos

**Cuadro 25-** Especificaciones de tanques seleccionados para el proceso de producción de cloro tipo gel

Tanque	Diámetro (m)	Altura (m)	Volumen nominal (m <sup>3</sup> )	Volumen efectivo (m <sup>3</sup> )	Fondo/ Material	Marca
Tanque reservorio (H <sub>2</sub> O desmineralizada) <sup>1</sup>	2.320	2.840	10.000	8.000	Plano/ Polietileno	Tecnotanques
Tanque reservorio (NaClO 12 % m/m) <sup>2</sup>	2.320	2.840	10.000	8.000	Plano/ Polietileno	Tecnotanques
Tanque agitado <sup>3</sup>	1.388	1.804	2.729	2.250	Cónico 15 °/ Polietileno	Mixer Direct
Tanque reservorio de producto	1.350	1.800	2.576	2.070	Cónico 15 °/ Polietileno	Tecnoplast

Notas:

Los tanques reservorios de agua desmineralizada, solución de hipoclorito de sodio (12 % m/m) y de producto, se encuentran instalados actualmente en la planta de producción de la empresa.

<sup>1</sup>El tanque reservorio de agua desmineralizada se encuentra conectado a la planta de tratamiento tipo osmosis inversa y mantiene la capacidad en un rango entre 3.0 – 8.0 m<sup>3</sup>

<sup>2</sup>El tanque reservorio de solución de hipoclorito de sodio se llena en promedio 5 veces por semana, para los procesos dentro de la planta de producción

<sup>3</sup>El tanque agitado tiene dos placas deflectoras con un ancho de 0.139 m y separación con la pared del tanque de 0.0279. El tanque es diseñado a la medida, tomando como referencia la Figura 31 de la sección de anexos.

**Cuadro 26-** Especificaciones del agitador propuesto para la línea de producción de cloro tipo gel

Equipo	Tipo	Flujo	Diámetro (m)	Angulo	Material	Motor	Marca
Agitador	Propela 3 aspas	Axial	0.381	25 °	Acero inoxidable 316	2 hp Trifásico 60 Hz 1750 RPM Reductor acero inoxidable 100 -437 RPM	Mixer Direct

Nota:

Consultar Figura 31, esquema del tanque agitado

**Cuadro 27-** Especificaciones de bombas seleccionadas para el proceso de producción de cloro tipo gel

Bomba – Tipo	Descripción	Potencia	Suministro de aire seco y filtrado	Diámetro de carga	Diámetro de descarga	Flujo de salida máximo	Altura máxima	Material	Marca	Modelo
Centrífuga <sup>1</sup>	Agua desmineralizada de tanque reservorio a tanque agitado	1.49 kW (2.00 hp)	---	38.1 mm (1 ½ in)	38.1 mm (1 ½ in)	450 l/min	47 m	Acero inoxidable	Siemens	B-009
Desplazamiento positivo – Diafragma <sup>2</sup>	Solución de NaOCl (12 % m/m) a tanque agitado	---	600 – 800 kPa 42.48 m <sup>3</sup> /h (25 Sft <sup>3</sup> /min)	38.1 mm (1 ½ in)	38.1 mm (1 ½ in)	157 l/min	84 m	Cuerpo de polipropileno y teflón en partes móviles	HYPV	HY-010
Desplazamiento positivo – Doble diafragma	Cloro tipo gel a tanque reservorio	---	500 – 700 kPa 16.99 m <sup>3</sup> /h (10 SCFM)	25.4 mm (1.0 in)	25.4 mm (1.0 in)	87 l/min	70 m	Cuerpo de Fluoruro de polivinilideno (PVDF) y teflón en partes móviles	Sandpiper	S10B2 P2
Desplazamiento positivo – Doble diafragma	Cloro tipo gel a llenadora	---	500 – 700 kPa 8.00 m <sup>3</sup> /h (2 SCFM)	25.4 mm (1.0 in)	25.4 mm (1.0 in)	52 l/min	70 m	Cuerpo de Fluoruro de polivinilideno (PVDF) y teflón en partes móviles	Sandpiper	S05B2 P2

Nota:

Los tanques reservorios de agua desmineralizada, solución de hipoclorito de sodio (12 % m/m) y de producto, se encuentran instalados actualmente en la planta de producción de la empresa.

<sup>1</sup>La bomba centrífuga se encuentra instalada actualmente en la planta de producción de la empresa.

<sup>2</sup>La bomba de desplazamiento positivo tipo diafragma se encuentra instalada actualmente en la planta de producción de la empresa.



**Cuadro 28-** Especificaciones de equipo de llenado, taponado y etiquetado propuestos para la producción de cloro tipo gel

Equipo	Potencia	Suministro de aire seco y filtrado	Capacidad	Precisión	Rango	Material	Marca	Modelo
Llenadora de pistón <sup>1</sup>	2.5 kW	600 – 800 kPa 12.00 m <sup>3</sup> /h (6.00 SCFM)	1500 – 3000 botellas/h	± 99.0 %	250 – 1000 mL <sup>2</sup>	Estructura de polipropileno y cabezas de llenado de polipropileno	STRPACK	STRF2-8C
Taponadora <sup>3</sup>	2.0 kW	600 – 800 kPa 42.00 m <sup>3</sup> /h (21.00 SCFM)	2000 – 3600 botellas/h	± 99.0 %	Ø 10 – 40 mm	Estructura de Polipropileno	STRPACK	STR2C
Etiquetadora <sup>4</sup>	2.5 kW	---	2000 – 3600 botellas/h	± 99.0 %	Ancho: 15 – 150 mm Largo: 15 – 300 mm	Acero inoxidable 316	STRPACK	STL-200
Llenadora de pistón <sup>1</sup>	3 kW	600 – 800 kPa 10.00 m <sup>3</sup> /h (5.89 SCFM)	2000 – 4200 Botellas/h	±99.5 %	300 – 2000 mL	Estructura de acero inoxidable 316, cubierto de policloruro de vinilo (PVC) cabezas de llenado de titanio	IC FILLING SYSTEMS	MINILIN 6 CPR
Taponadora <sup>3</sup>	3 kW	600 – 800 kPa 33.98 m <sup>3</sup> /h (20.00 SCFM)	2000 – 4200 Botellas/h	99.5 %	Ø 10 -60 mm	Estructura de acero inoxidable 316, cubierto de policloruro de vinilo (PVC)	IC FILLING SYSTEMS	TPRO P/I
Etiquetadora <sup>4</sup>	3 kW	---	2000 – 4200 botellas/h	± 99.5	Ancho: 10 – 250 mm Largo: 20 – 300 mm	Acero inoxidable 316	IC FILLING SYSTEMS	ET AUT 2T

Notas:

La marca ICC FILLING SYSTEMS es de origen Italiano y STRPACK Chino

<sup>1</sup>La llenadora de pistón tiene 8 cabezas de llenado, puede llenar líquidos con viscosidades menores a 5000 cP

<sup>2</sup>La velocidad de llenado depende de la capacidad a llenar, para 500 mL se encuentra desde 2000 -2500 botellas/h

<sup>3</sup>La taponadora tiene 12 cabezas para insertos y 2 para tapas

<sup>4</sup>La etiquetadora dispone de sensores que detectan si hay botellas en la banda, si no hay esta para automáticamente

<b>Cuadro 29-</b> Especificaciones de equipos de transporte mecánico necesarios para la producción de cloro tipo gel						
<b>Equipo</b>	<b>Potencia</b>	<b>Longitud</b>	<b>Alto</b>	<b>Cama</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
Banda transportadora recta	1.00 kW	1000 mm	Ajustable 850 ± 100 mm	Polietileno 114 mm	STRPACK	STC-1L
Banda transportadora a 90 °	0.200 kW	790 mm	Ajustable 850 ± 100 mm	Polietileno 114 mm	STRPACK	STC-U

Nota:

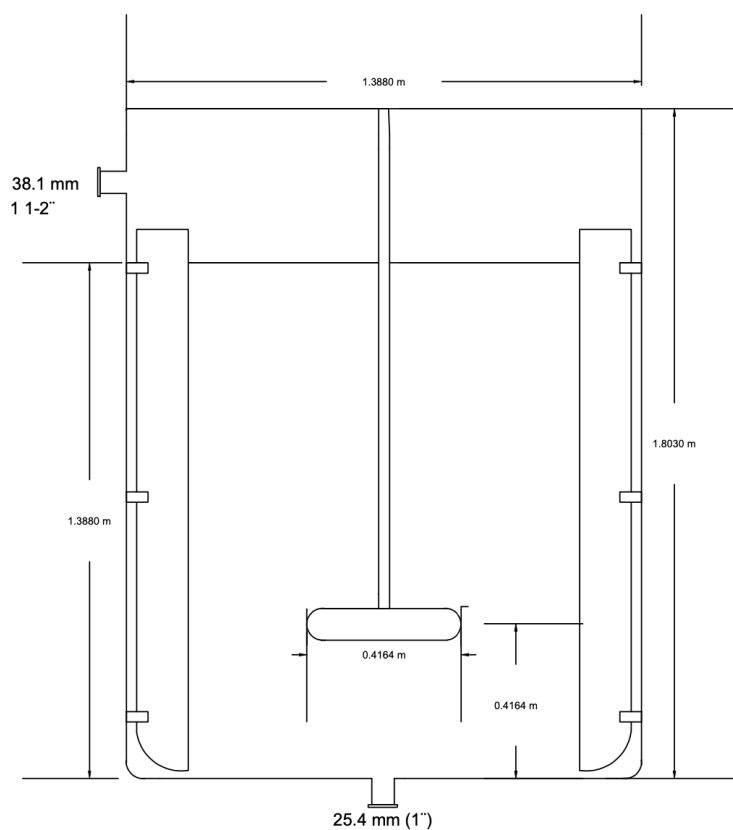
Se necesitan tres bandas transportadoras rectas y dos bandas a 90 °, para la producción de cloro tipo gel

<b>Cuadro 30-</b> Especificaciones de equipos de instrumentación y control						
<b>Equipo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Rango</b>	<b>Precisión</b>	<b>Corriente de salida</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Modelo</b>
Medidor de flujo	Turbina	1 – 20 m <sup>3</sup> /h	0.5 %	4 – 20 mA	24 V	FR80-040A

Nota:

Este medidor de flujo es utilizado actualmente en la planta de producción para la solución de hipoclorito de sodio y agua desmineralizada.

**Figura 31-** Esquema del tanque agitado propuesto



Nota:  
Se utilizó la norma DIN 28131, para determinar proporciones del agitador tipo propela.

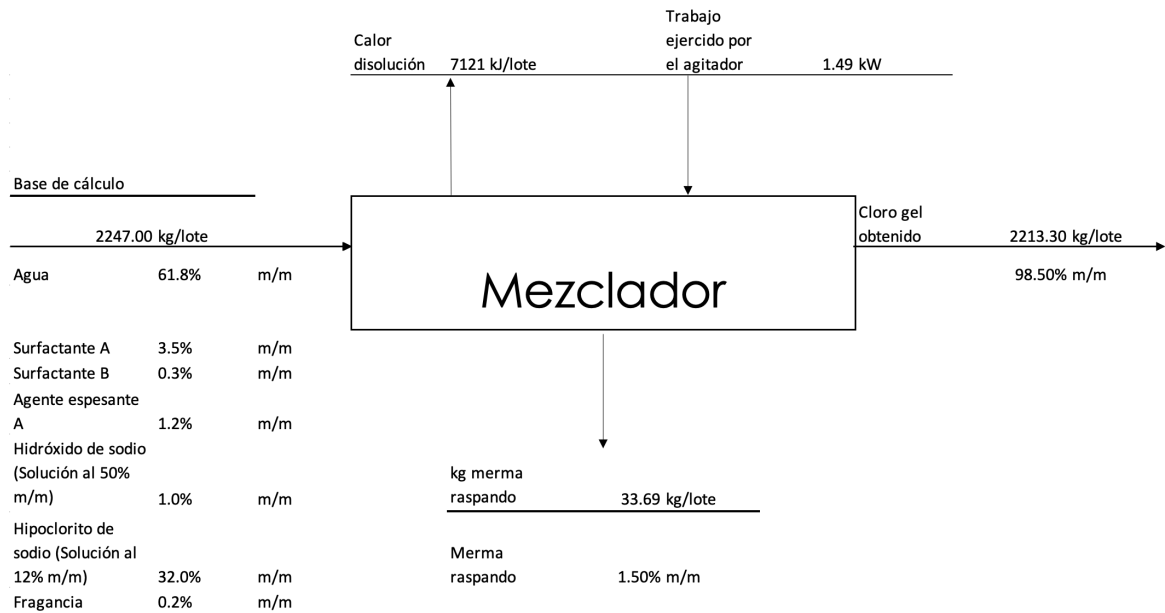
**Cuadro 31-** Evaluación de merma del cloro tipo gel formulado

Prueba No.	Altura del cloro-gel (cm) <sup>1</sup>	Masa cloro-gel inicial (g)	Merma sin raspar (g) <sup>2</sup>	Merma raspando (g) <sup>3</sup>	Área superficial cloro-gel (cm <sup>2</sup> ) <sup>4</sup>	Merma/área superficial (g/cm <sup>2</sup> )	% de merma raspando
1	7.1	375.5	14.2	5.4	492.9	2.88E-02	1.4%
2	6.9	370.1	11.2	5.2	482.1	2.32E-02	1.4%
3	6.7	364.9	10.8	5.5	471.5	2.29E-02	1.5%
4	6.5	359.4	12.6	5.7	460.7	2.73E-02	1.6%
Promedio	6.8	367.5	12.2	5.5	476.8	2.56E-02	1.5%
Desviación estándar	0.26	6.91	1.54	0.21	13.83	2.96E-03	0.08%

Nota:  
Todas las medidas fueron tomadas con las muestras a una temperatura de 20 °C y una presión atmosférica de 102.2 kPa  
El recipiente utilizado fue un beaker de vidrio, con un diámetro de 8.50 cm  
<sup>1</sup>Es la altura de cloro gel que estuvo en el recipiente  
<sup>2</sup>La merma sin raspar son los gramos de cloro gel obtenidos al trasladarlo de un recipiente a otro sin utilizar una espátula para obtener el producto adherido en las paredes del recipiente. El porcentaje de merma sin raspar promedio es de 3.3%.  
<sup>3</sup>La merma raspando son los gramos de cloro gel obtenidos al trasladarlo de un recipiente a otro utilizando una espátula para obtener el producto adherido en las paredes del recipiente  
<sup>4</sup>El área superficial cloro gel es el área superficial del recipiente siendo la altura del cloro gel que estuvo en contacto con el recipiente

### C. Balance de masa y energía (Mezclado, llenado tanque reservorio y llenado botellas)

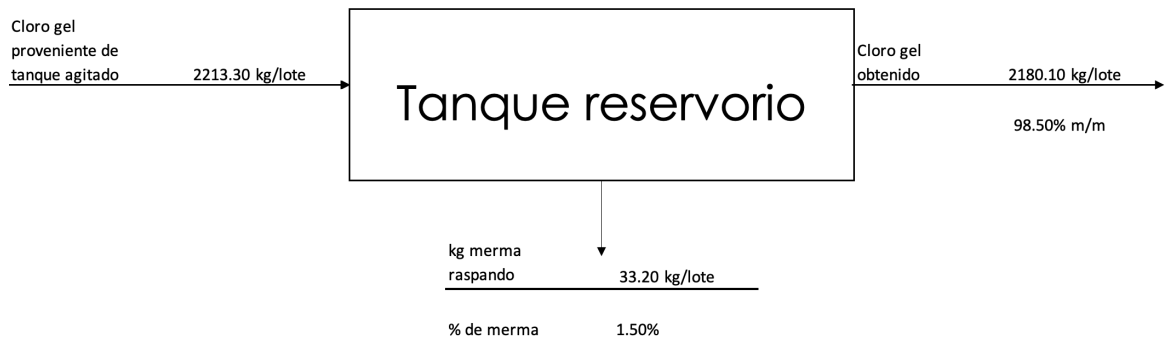
**Figura 32-** Balance de masa y energía del proceso de mezclado, para la producción de cloro gel



Nota:

La merma se calculó por medio de la evaluación de merma por cloro gel, que se muestra en el Cuadro 31  
La merma toma en cuenta 0.50 kg de cloro gel empleados para el control de calidad durante el proceso de mezclado (consultar cálculo 1).

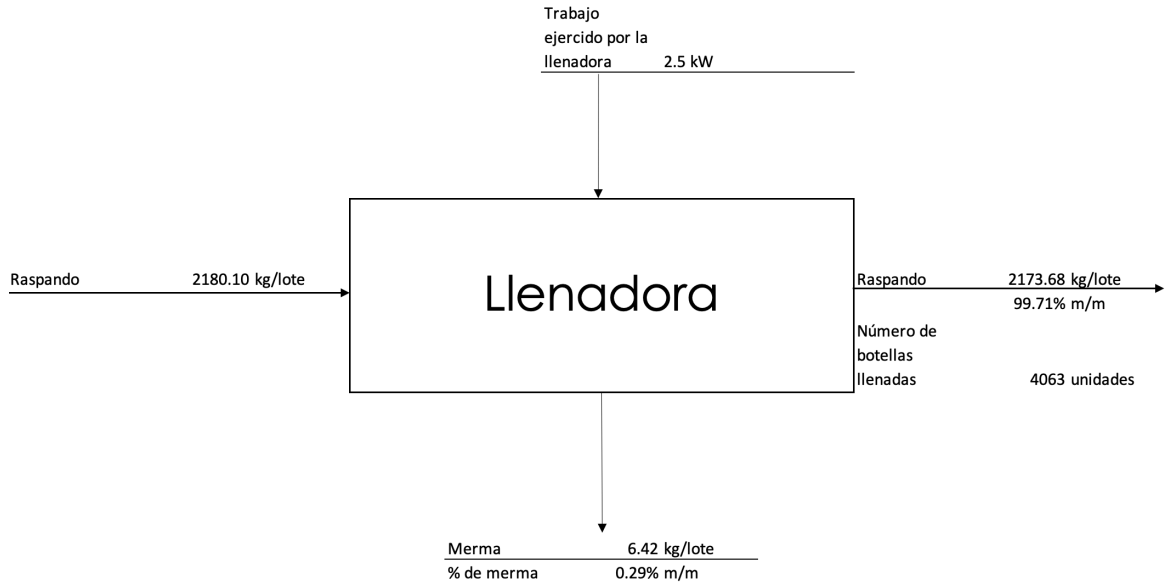
**Figura 33-** Balance de masa y energía del proceso de llenado del tanque reservorio de cloro gel



Nota:

La merma se calculó por medio de la evaluación de merma por cloro gel, que se muestra en el Cuadro 31 (consultar cálculo 2).

**Figura 34-** Balance de masa y energía del proceso de llenado, para la producción de cloro gel



Nota:

La merma se calculó por la evaluación de merma por área superficial que se muestra en el Cuadro 31, con el área superficial de tuberías y cabezas de llenado del proceso (consultar cálculo 3).

La merma toma en cuenta que para la calibración del equipo se pierde 1.5 llenadas de 500 mL por cada una de las cabezas (8 cabezas)

### Evaluación de proveedores

**Cuadro 32-** Evaluación de proveedores para tanque agitado

Marca	Precio	Origen	Comunicación	Rango de operación	Promedio ponderado
Linhe	30%	2%	3%	30%	65%
LIENM	30%	2%	1%	30%	63%
YETO	40%	2%	3%	30%	75%
MixerDirect	25%	20%	10%	30%	85%

Nota:

Se seleccionó el tanque de la marca MixerDirect, por presentar el valor más alto de promedio ponderado

**Cuadro 33-** Evaluación de proveedores para equipos de la línea de llenado

<b>Marca</b>	<b>Precio</b>	<b>Origen</b>	<b>Comunicación</b>	<b>Rango de operación</b>	<b>Promedio ponderado</b>
PESTO	25%	2%	5%	15%	47%
TOM INTELLIGENT	30%	2%	10%	10%	52%
NPACK	30%	2%	8%	10%	50%
LINHE	32%	2%	8%	20%	62%
LIENM	35%	2%	4%	15%	56%
STRPACK	40%	2%	10%	25%	77%
MG	35%	2%	10%	20%	68%
ZT PACK	25%	2%	10%	20%	62%
ICC FILLING	10%	20%	10%	30%	70%

Nota:

Se seleccionó la marca STRPACK e ICC FILLING, para realizar la comparación entre estas

**Cuadro 34-** Evaluación de proveedores de bombas de doble diafragma (operadas neumáticamente)

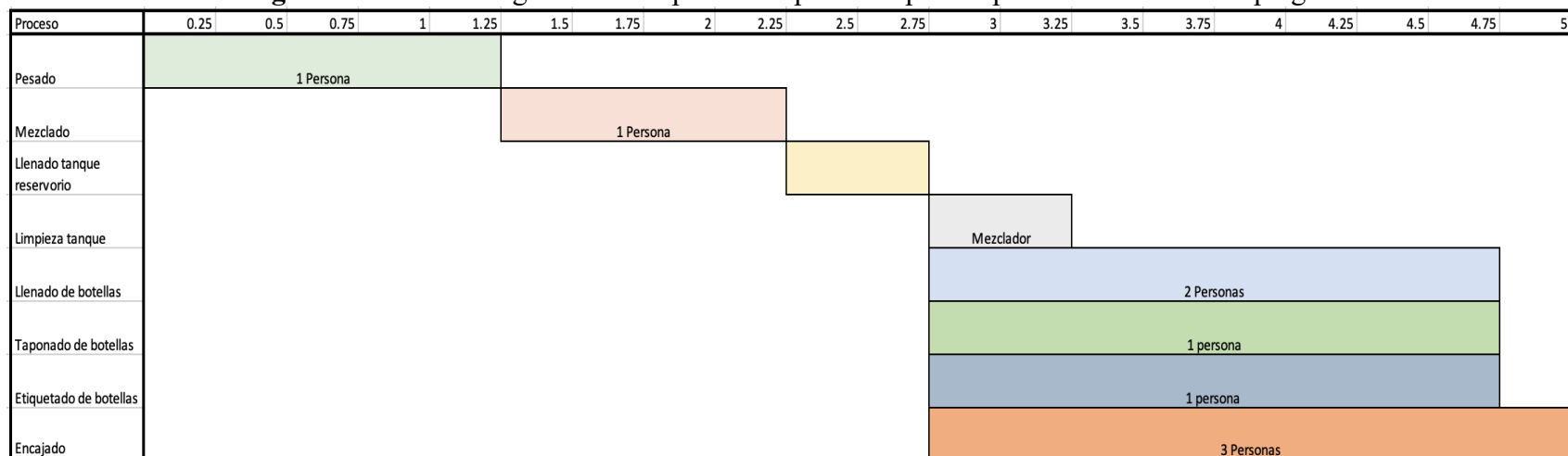
<b>Marca</b>	<b>Precio</b>	<b>Origen</b>	<b>Comunicación</b>	<b>Rango de operación</b>	<b>Promedio ponderado</b>
HUSKY	5%	20%	8%	30%	63%
HY PUMP	20%	20%	8%	30%	78%
SANDPIPER	40%	20%	10%	30%	100%

Nota:

Todas las bombas son cotizadas localmente, la bomba SANDPIPER fue la que se seleccionó por su valor de promedio ponderado

## D. Diagramas de ocupación

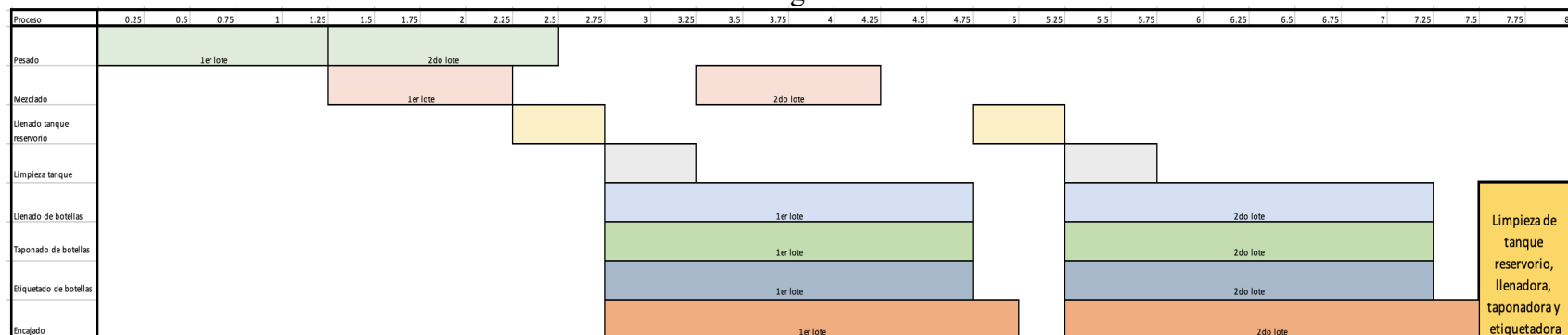
**Figura 35-** Diagrama de ocupación de procesos para la producción de cloro tipo gel



Notas:

Para la producción de 1 lote de cloro tipo gel son necesarias 5 horas laborales

**Figura 36-** Diagrama de ocupación de procesos para un turno de trabajo de 8 horas, para producción de cloro tipo gel



Notas:

Para la producción de dos lotes de cloro tipo gel, es necesario 8 horas laborales tomando en cuenta 30 minutos para limpieza de equipos

E. Datos obtenidos del análisis económico realizado

**Cuadro 35-** Flujo de efectivo para la propuesta 1

Lotes por año	182		236		248		260		274		287		302		316		333		349			
Año	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
<b>Ingresos</b>																						
Ventas	GTQ	5,155,447.213	GTQ	6,864,014.300	GTQ	7,207,200.000	GTQ	7,567,560.000	GTQ	7,945,938.000	GTQ	8,343,234.900	GTQ	8,760,394.500	GTQ	9,198,417.800	GTQ	9,658,334.400	GTQ	10,141,254.166		
<b>Costos</b>																						
Inversión inicial maquinaria	GTQ	614,022.34																				
Inversión inicial servicios auxiliares	GTQ	44,715.58																				
Materia prima		GTQ836,771.31		GTQ1,085,044.12		GTQ1,140,215.86		GTQ1,195,387.59		GTQ1,259,754.62		GTQ1,319,524.00		GTQ1,388,488.66		GTQ1,452,855.69		GTQ1,531,015.65		GTQ1,604,577.96		
Materia de empaque		GTQ2,158,294.20		GTQ2,798,667.21		GTQ2,940,972.32		GTQ3,083,277.43		GTQ3,249,300.06		GTQ3,403,463.94		GTQ3,581,345.33		GTQ3,747,367.96		GTQ3,948,966.87		GTQ4,138,707.02		
Aire filtrado y seco		GTQ28,550.04		GTQ37,020.93		GTQ38,903.35		GTQ40,785.77		GTQ42,981.93		GTQ45,021.22		GTQ47,374.24		GTQ49,570.40		GTQ52,237.16		GTQ54,747.06		
Energía eléctrica		GTQ3,693.39		GTQ4,789.23		GTQ5,032.75		GTQ5,276.27		GTQ5,560.38		GTQ5,824.19		GTQ6,128.59		GTQ6,412.70		GTQ6,756.68		GTQ7,082.38		
Mano de obra		GTQ144,708.47		GTQ187,643.95		GTQ197,185.17		GTQ206,726.39		GTQ217,857.81		GTQ228,194.13		GTQ240,120.65		GTQ251,252.07		GTQ264,768.80		GTQ277,490.42		
	GTQ	658,737.92	GTQ	1,000,104.40	GTQ	1,475,767.57	GTQ	1,544,974.62	GTQ	1,631,355.98	GTQ	1,645,376.64	GTQ	1,790,578.92	GTQ	1,865,265.21	GTQ	1,983,646.75	GTQ	2,055,426.94	GTQ	2,173,041.84
<b>Gastos</b>																						
Administrativos		GTQ126,880.70		GTQ164,526.62		GTQ172,892.38		GTQ181,258.14		GTQ191,018.19		GTQ200,081.10		GTQ210,538.30		GTQ220,298.35		GTQ232,149.85		GTQ243,304.19		
Financieros		GTQ158,600.87		GTQ205,658.27		GTQ216,115.47		GTQ226,572.67		GTQ238,772.74		GTQ250,101.37		GTQ263,172.87		GTQ275,372.94		GTQ290,187.31		GTQ304,130.24		
Distribución		GTQ380,642.09		GTQ493,579.85		GTQ518,677.13		GTQ543,774.41		GTQ573,054.58		GTQ600,243.30		GTQ631,614.90		GTQ660,895.06		GTQ696,449.54		GTQ729,912.58		
Mercadeo (Publicidad)		GTQ317,201.74		GTQ411,316.54		GTQ432,230.94		GTQ453,145.35		GTQ477,545.48		GTQ500,202.75		GTQ526,345.75		GTQ550,745.88		GTQ580,374.62		GTQ608,260.48		
<b>Total antes de impuestos</b>	-GTQ	658,737.92	GTQ	1,000,104.40	GTQ	1,475,767.57	GTQ	1,544,974.62	GTQ	1,631,355.98	GTQ	1,645,376.64	GTQ	1,790,578.92	GTQ	1,865,265.21	GTQ	1,983,646.75	GTQ	2,055,426.94	GTQ	2,173,041.84
<b>Impuestos</b>	GTQ	85,466.92	GTQ	380,642.09	GTQ	493,579.85	GTQ	518,677.13	GTQ	543,774.41	GTQ	578,420.44	GTQ	600,243.30	GTQ	631,614.90	GTQ	660,895.06	GTQ	696,449.54	GTQ	729,912.58
<b>Flujo de efectivo</b>	-GTQ	744,204.84	GTQ	619,462.305	GTQ	982,187.717	GTQ	1,026,297.489	GTQ	1,087,581.561	GTQ	1,066,956.197	GTQ	1,190,335.623	GTQ	1,233,650.313	GTQ	1,322,751.697	GTQ	1,358,977.399	GTQ	1,443,129.261
<b>Flujo acumulado</b>	-GTQ	744,204.84	-GTQ	124,742.536	GTQ	857,445.181	GTQ	1,883,742.670	GTQ	2,971,324.230	GTQ	4,038,280.428	GTQ	5,228,616.051	GTQ	6,462,266.363	GTQ	7,785,018.060	GTQ	9,143,995.459	GTQ	10,587,124.721

Los costos de producción se encuentran en la sección de anexos, costos para flujo de efectivo

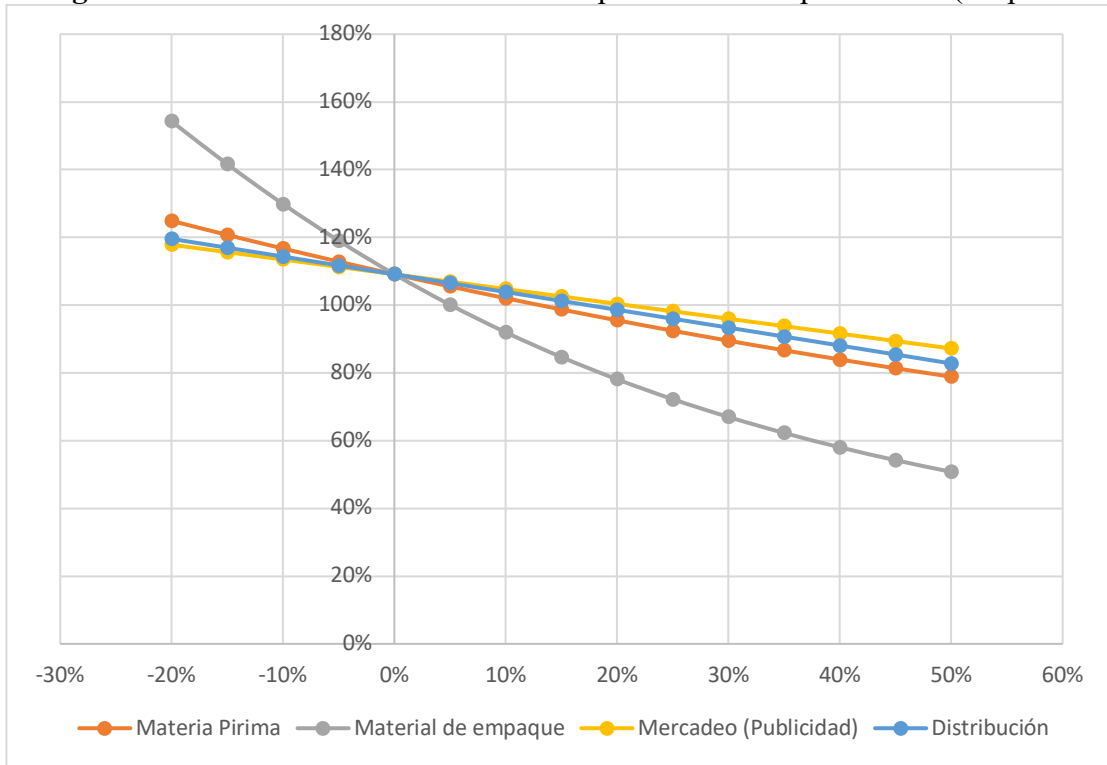
**Cuadro 36-** Flujo de efectivo para la propuesta 2

Lotes por año	182.00		236		248		260		274		287		302		316		333		349			
Año	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
<b>Ingresos</b>																						
Ventas	GTQ	5,155,447.213	GTQ	6,864,014.300	GTQ	7,207,200.000	GTQ	7,567,560.000	GTQ	7,945,938.000	GTQ	8,343,234.900	GTQ	8,760,394.500	GTQ	9,198,417.800	GTQ	9,658,334.400	GTQ	10,141,254.166		
<b>Valor salvament</b>																						
Valor	GTQ	-	GTQ	-	GTQ	-	GTQ	-	GTQ	-	GTQ	-	GTQ	-	GTQ	-	GTQ	-	GTQ	-	GTQ	665,286.065
<b>Costos</b>																						
Inversión inicial maquinaria	GTQ	1,995,858.19																				
Inversión inicial servicios auxiliares	GTQ	44,715.58																				
Materia prima		GTQ836,771.31		GTQ1,085,044.12		GTQ1,140,215.86		GTQ1,195,387.59		GTQ1,259,754.62		GTQ1,319,524.00		GTQ1,388,488.66		GTQ1,452,855.69		GTQ1,531,015.65		GTQ1,604,577.96		
Materia de empaque		GTQ2,158,294.20		GTQ2,798,667.21		GTQ2,940,972.32		GTQ3,083,277.43		GTQ3,249,300.06		GTQ3,403,463.94		GTQ3,581,345.33		GTQ3,747,367.96		GTQ3,948,966.87		GTQ4,138,707.02		
Aire filtrado y seco		GTQ28,054.88		GTQ36,378.85		GTQ38,228.62		GTQ40,078.40		GTQ42,236.46		GTQ44,240.38		GTQ46,552.60		GTQ48,710.67		GTQ51,331.18		GTQ53,797.54		
Energía eléctrica		GTQ4,772.97		GTQ6,189.12		GTQ6,503.83		GTQ6,818.53		GTQ7,185.68		GTQ7,526.60		GTQ7,919.98		GTQ8,287.13		GTQ8,732.96		GTQ9,152.56		
Mano de obra		GTQ144,708.47		GTQ187,643.95		GTQ197,185.17		GTQ206,726.39		GTQ217,857.81		GTQ228,194.13		GTQ240,120.65		GTQ251,252.07		GTQ264,768.80		GTQ277,490.42		
<b>Gastos</b>																						
Administrativos		GTQ126,904.07		GTQ164,556.93		GTQ172,924.23		GTQ181,291.53		GTQ191,053.39		GTQ200,117.96		GTQ210,577.09		GTQ220,338.94		GTQ232,192.62		GTQ243,349.02		
Financieros		GTQ158,630.09		GTQ205,696.16		GTQ216,155.29		GTQ226,614.42		GTQ238,816.73		GTQ250,147.45		GTQ263,221.36		GTQ275,423.68		GTQ290,247.76		GTQ304,186.27		
Distribución		GTQ380,712.22		GTQ493,670.79		GTQ518,772.70		GTQ543,874.60		GTQ573,160.16		GTQ600,353.89		GTQ631,731.27		GTQ661,016.82		GTQ696,577.85		GTQ730,047.06		
Mercadeo (Publicidad)		GTQ317,260.18		GTQ411,392.33		GTQ432,310.58		GTQ453,228.83		GTQ477,633.46		GTQ500,294.90		GTQ526,442.72		GTQ550,847.35		GTQ580,481.54		GTQ608,372.55		
<b>Total antes de impuestos</b>	-GTQ	2,040,573.77	GTQ	999,338.81	GTQ	1,474,774.83	GTQ	1,543,931.41	GTQ	1,630,262.28	GTQ	1,644,224.06	GTQ	1,789,371.65	GTQ	1,863,994.84	GTQ	1,982,317.50	GTQ	2,054,026.17	GTQ	2,836,859.83
<b>Impuestos</b>	GTQ	242,417.35	GTQ	380,712.22	GTQ	493,670.79	GTQ	518,772.70	GTQ	543,874.60	GTQ	578,526.02	GTQ	600,353.89	GTQ	631,731.27	GTQ	661,016.82	GTQ	696,577.85	GTQ	730,047.06
<b>Flujo de efectivo</b>	-GTQ	2,282,991.12	GTQ	618,626.591	GTQ	981,104.043	GTQ	1,025,158.713	GTQ	1,086,387.683	GTQ	1,065,698.034	GTQ	1,189,017.766	GTQ	1,232,263.578	GTQ	1,321,300.676	GTQ	1,357,448.317	GTQ	2,106,812.775
<b>Flujo acumulado</b>	-GTQ	2,282,991.12	-GTQ	1,664,364.527	-GTQ	683,260.483	GTQ	341,898.230	GTQ	1,428,285.913	GTQ	2,493,983.947	GTQ	3,683,001.712	GTQ	4,915,265.291	GTQ	6,236,565.967	GTQ	7,594,014.284	GTQ	9,700,827.060

Los costos de producción se encuentran en la sección de anexos, costos para el flujo de efectivo



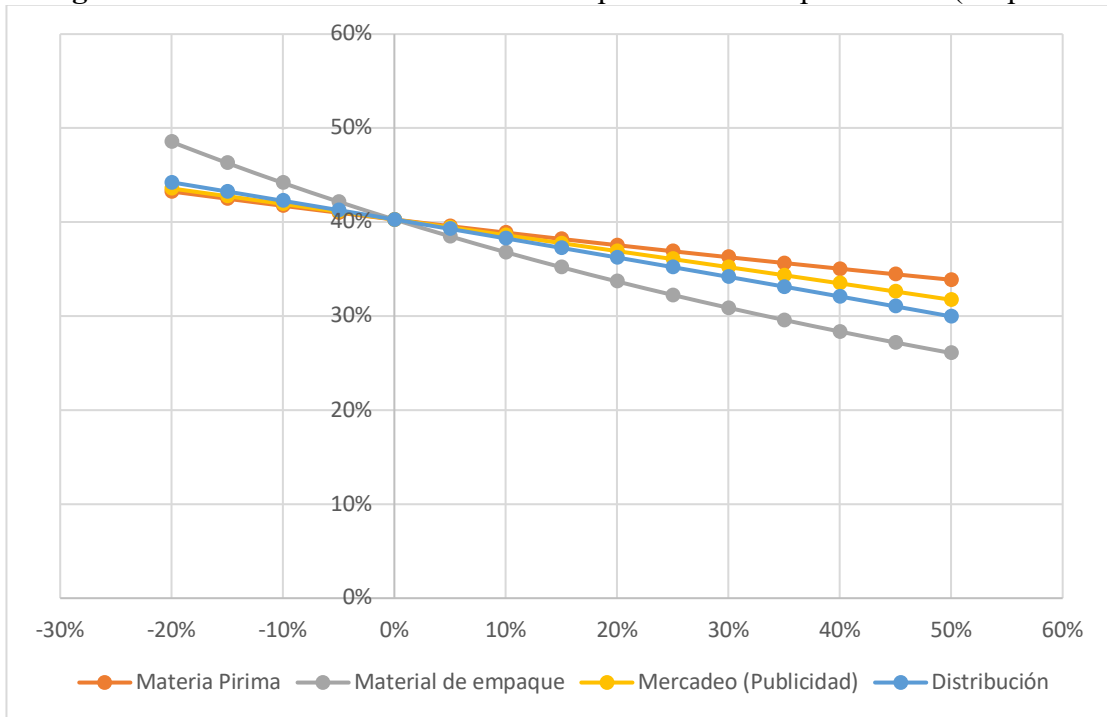
**Figura 37-** Análisis de sensibilidad para la línea de producción (Propuesta 1)



Nota:

Se realizó el análisis de sensibilidad a partir de los costos de producción promedio por lote

**Figura 38-** Análisis de sensibilidad para la línea de producción (Propuesta 1)



Nota:

Se realizó el análisis de sensibilidad a partir de los costos de producción promedio por lote

<b>Cuadro 37-</b>		<b>Depreciación de equipos para la línea de producción (Propuesta 1)</b>			
Al finalizar año	Depreciación anual		Depreciación acumulada		Valor en libros
0					GTQ 614,022.34
1	GTQ	61,402.23	GTQ	61,402.23	GTQ 552,620.11
2	GTQ	61,402.23	GTQ	122,804.47	GTQ 491,217.87
3	GTQ	61,402.23	GTQ	184,206.70	GTQ 429,815.64
4	GTQ	61,402.23	GTQ	245,608.94	GTQ 368,413.41
5	GTQ	61,402.23	GTQ	307,011.17	GTQ 307,011.17
6	GTQ	61,402.23	GTQ	368,413.40	GTQ 245,608.94
7	GTQ	61,402.23	GTQ	429,815.64	GTQ 184,206.71
8	GTQ	61,402.23	GTQ	491,217.87	GTQ 122,804.47
9	GTQ	61,402.23	GTQ	552,620.11	GTQ 61,402.24
10	GTQ	61,402.23	GTQ	614,022.34	GTQ 0.00

Nota:

La vida útil de la línea de llenado es de diez años y según decreto 10-2012 el porcentaje de depreciación para este tipo de equipos es del 20% anual.

<b>Cuadro 38-</b>		<b>Depreciación de equipos para la línea de producción (Propuesta 2)</b>			
Al finalizar año	Depreciación anual		Depreciación acumulada		Valor en libros
0					GTQ 1,995,858.19
1	GTQ	133,057.21	GTQ	133,057.21	GTQ 1,862,800.98
2	GTQ	133,057.21	GTQ	266,114.43	GTQ 1,729,743.77
3	GTQ	133,057.21	GTQ	399,171.64	GTQ 1,596,686.55
4	GTQ	133,057.21	GTQ	532,228.85	GTQ 1,463,629.34
5	GTQ	133,057.21	GTQ	665,286.06	GTQ 1,330,572.13
6	GTQ	133,057.21	GTQ	798,343.28	GTQ 1,197,514.92
7	GTQ	133,057.21	GTQ	931,400.49	GTQ 1,064,457.70
8	GTQ	133,057.21	GTQ	1,064,457.70	GTQ 931,400.49
9	GTQ	133,057.21	GTQ	1,197,514.91	GTQ 798,343.28
10	GTQ	133,057.21	GTQ	1,330,572.13	GTQ 665,286.07
11	GTQ	133,057.21	GTQ	1,463,629.34	GTQ 532,228.85
12	GTQ	133,057.21	GTQ	1,596,686.55	GTQ 399,171.64
13	GTQ	133,057.21	GTQ	1,729,743.76	GTQ 266,114.43
14	GTQ	133,057.21	GTQ	1,862,800.98	GTQ 133,057.21
15	GTQ	133,057.21	GTQ	1,995,858.19	GTQ 0.00

Nota:

La vida útil de la línea de llenado es de quince años y según decreto 10-2012 el porcentaje de depreciación para este tipo de equipos es del 20% anual.

F. Especificaciones fisicoquímicas y pruebas microbiológicas

**Cuadro 39-** Medición de tiempo de dilución, cambio de temperatura y pH al realizar la formulación (Base de 1 kg)

Materia prima	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	pH
Agua	0.0 ± 0.0	20.8 ± 0.2	6.5 ± 0.0
Surfactante A	28.4 ± 1.1	20.8 ± 0.2	7.6 ± 0.0
Surfactante B	35.9 ± 0.7	20.8 ± 0.2	9.2 ± 0.0
Agente viscosante	41.76 ± 0.8	20.8 ± 0.3	9.2 ± 0.0
Solución NaOH (50% m/m)	45.56 ± 1.8	22.0 ± 0.3	13.2 ± 0.2
Solución de hipoclorito de sodio (12 % m/m)	51.89 ± 0.6	21.9 ± 0.1	13.21 ± 0.1
Fragancia	55.0 ± 0.8	21.9 ± 0.1	13.2 ± 0.1

Nota:

El cambio de temperatura máximo se presentó en el hidróxido de sodio obteniendo un aumento de temperatura de 1.2 °C en promedio

El tiempo de formulación en promedio es 55.0 minutos, para el escalamiento se sobreestimó a 1 hora

Se realizó en triplicado consultar Cuadros 46, 47 y 48

**Cuadro 40-** Propiedades fisicoquímicas del producto tipo cloro gel formulado

	% NaOCl (m/m)	pH	Viscosidad	P (g/mL)	° Brix
Muestra A	3.02	13.25	1985.0	1.071	11.3
Muestra B	3.05	13.22	1980.0	1.071	11.3
Muestra C	3.00	13.18	1972.0	1.069	11.2
Muestra D	3.02	13.2	1985.0	1.067	11.2
Promedio	3.02	13.21	1980.5	1.07	11.3
Desviación estándar	0.021	0.030	6.1	0.002	0.058

Nota:

Todas las medidas fueron tomadas con las muestras a una temperatura de 20 °C y una presión atmosférica de 102.2 kPa

**Cuadro 41-** Propiedades fisicoquímicas de productos tipo cloro gel de la competencia

Muestra	% NaOCl (m/m) <sup>1</sup>	pH	Viscosidad	P (g/mL)	° Brix
Producto A	3.50%	13.20 ± 0.02	178	1.072	11.7
Producto B	2.50%	13.22 ± 0.003	1400	1.068	10.7
Producto C	3.50%	13.22 ± 0.03	2020	1.072	12.7

Producto D	2.50%	12.89 ± 0.03	173	1.065	9.7
------------	-------	-----------------	-----	-------	-----

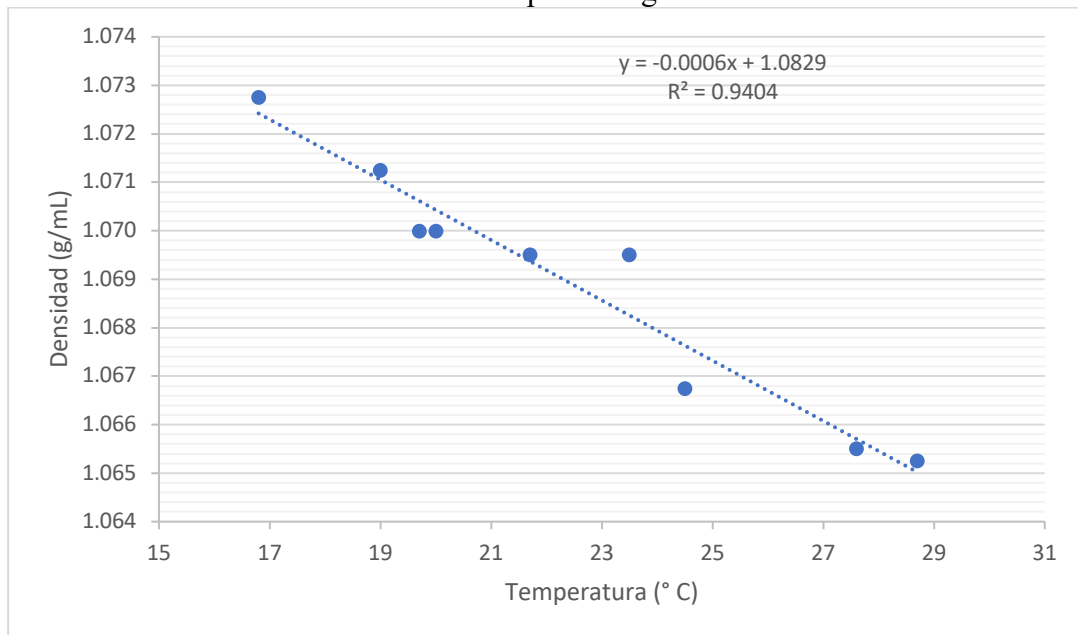
Notas:

Todas las medidas fueron tomadas con las muestras a una temperatura de 20°C y a una presión atmosférica de 102.2 kPa.

Las pruebas fueron realizadas en triplicado, consultar Cuadro 42, 43, 44 y 45

<sup>1</sup>La concentración de hipoclorito de sodio fue tomada de la hoja de especificaciones de los productos de la competencia

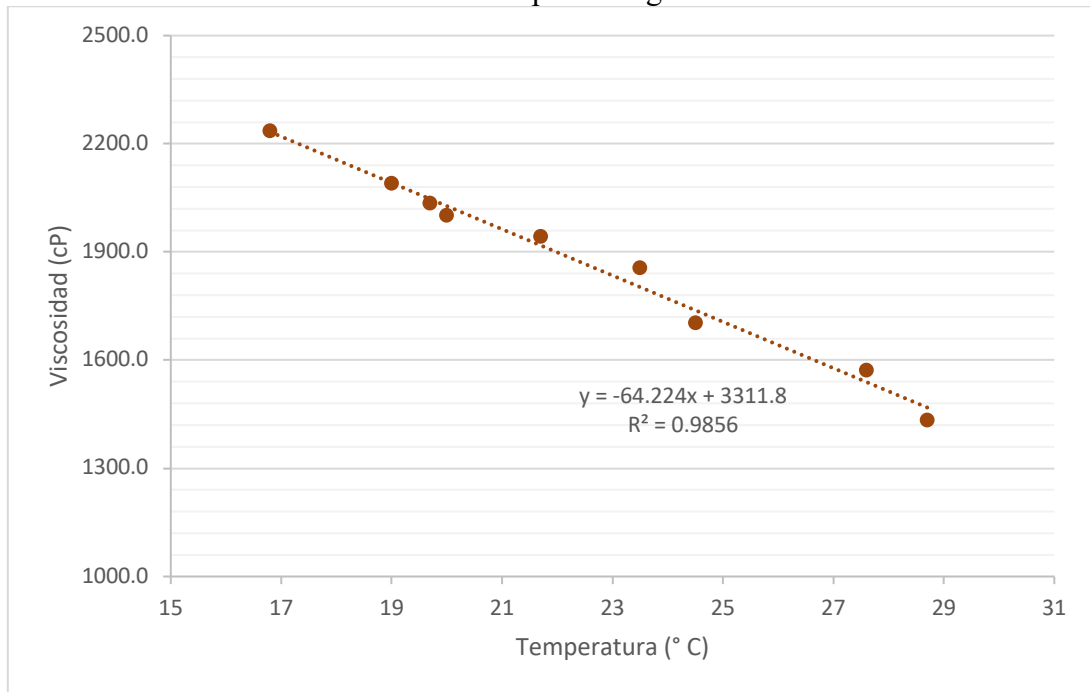
**Figura 39-** Comparación de densidad vs temperatura de el producto formulado tipo cloro gel



Nota:

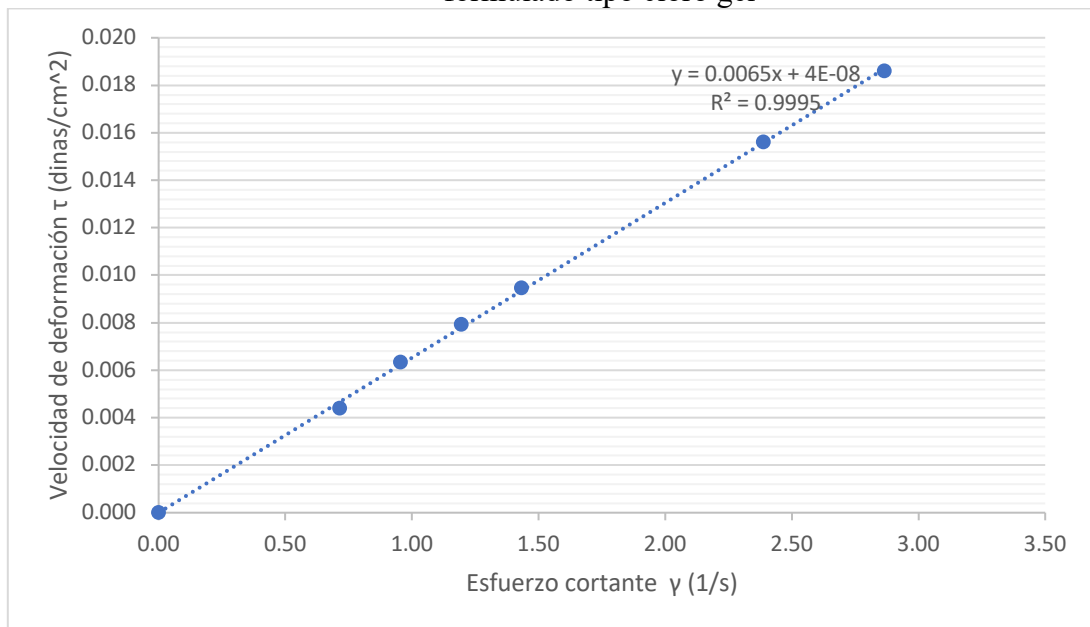
Las mediciones se encuentran en el Cuadro 48

**Figura 40-** Comparación de viscosidad vs temperatura del producto formulado tipo cloro gel



Nota:  
Las mediciones se encuentran en el Cuadro 49

**Figura 41-** Velocidad de deformación vs esfuerzo cortante, para el fluido formulado tipo cloro gel



Nota:  
Los valores para obtener la gráfica se encuentran en el Cuadro 52

**Cuadro 42-** Triplicado de características fisicoquímicas de producto A, de la competencia

Muestra	Viscosidad	Densidad	pH	° Brix	Concentración de NaOCl (% m/m)
Muestra 1	128.00	1.072	13.22	11.70	2.43%
Muestra 2	131.00	1.069	13.18	11.70	2.42%
Muestra 3	130.00	1.072	13.20	11.70	2.36%
Promedio	129.67	1.07	13.20	11.70	2.40%
Desviación estándar	1.53	0.002	0.02	0.00	0.04%

Nota:

Todas las mediciones se analizaron a 20 °C y una presión atmosférica de 103.3 kPa

**Cuadro 43-** Triplicado de características fisicoquímicas de producto B, de la competencia

Muestra	Viscosidad	Densidad	pH	° Brix	Concentración de NaOCl (% m/m)
Muestra 1	1400	1.069	13.2	10.7	2.38%
Muestra 2	1450	1.074	13.22	10.7	2.42%
Muestra 3	1420	1.073	13.24	10.7	2.36%
Promedio	1423.333333	1.072	13.22	10.7	2.39%
Desviación estándar	25.17	0.003	0.02	0.00	0.03%

Nota:

Todas las mediciones se analizaron a 20 °C y una presión atmosférica de 103.3 kPa

**Cuadro 44-** Triplicado de características fisicoquímicas de producto C, de la competencia

Muestra	Viscosidad	Densidad	pH	° Brix	Concentración de NaOCl (% m/m)
Muestra 1	1980	1.066	13.19	12.7	2.27%
Muestra 2	2100	1.068	13.22	12.7	2.38%
Muestra 3	2080	1.067	13.25	12.7	2.34%
Promedio	2053.333333	1.067	13.22	12.7	2.33%
Desviación estándar	64.29	0.001	0.03	0.00	0.06%

Nota:

Todas las mediciones se analizaron a 20 °C y una presión atmosférica de 103.3 kPa

**Cuadro 45-** Triplicado de características fisicoquímicas de producto D, de la competencia

Muestra	Viscosidad	Densidad	pH	° Brix	Concentración de NaOCl (% m/m)
Muestra 1	173.4	1.063	12.88	9.7	1.49%
Muestra 2	155	1.062	12.92	9.7	1.58%
Muestra 3	158	1.065	12.86	9.7	1.65%
Promedio	162.1	1.063	12.89	9.7	1.57%
Desviación estándar	9.87	0.002	0.03	0.00	0.08%

Nota:

Todas las mediciones se analizaron a 20 °C y una presión atmosférica de 103.3 kPa

**Cuadro 46-** Triplicado de evaluación microbiológica para el producto formulado tipo cloro gel

Prueba	Muestra	Recuento aeróbico		Coliformes		<i>Escherichia Coli</i>		Levaduras	
		Antes (UFC/mL)	Después (UFC/mL)	Antes (UFC/mL)	Después (UFC/mL)	Antes (UFC/mL)	Después (UFC/mL)	Antes (UFC/mL)	Después (UFC/mL)
Concentración original de NaOCl <sup>1</sup>	1	475	7	230	0	77	0	0	0
	2	482	10	220	0	65	0	2	0
	3	494	8	214	0	57	0	41	0
Concentración de hipoclorito de sodio al finalizar su vida útil <sup>2</sup>	1	313	3	4	0	1	0	0	0
	2	310	2	7	0	3	0	0	0
	3	440	3	16	0	4	1	0	0

Notas:

<sup>1</sup>La concentración inicial de hipoclorito de sodio del cloro gel es de 3.02 % m/m

<sup>2</sup>La concentración de hipoclorito de sodio al finalizar su vida útil es de 1.23 % m/m

**Cuadro 47-** Formulación 2 propuesta para producto tipo cloro gel, al 3 % (m/m) de hipoclorito de sodio, base 1 kg

<b>Materia prima</b>	<b>% (m/m)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Precio (Q/kg)</b>	<b>Costo (Q)</b>
H2O	64.50	0.645	0.290	0.187
Agente espesante B	1.00	0.010	180.000	1.800
Solución hidróxido de sodio (50% m/m)	2.50	0.025	2.964	0.074
Hipoclorito de sodio (Solución acuosa al 12% m/m)	32.00	0.320	2.018	0.646
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>1.000</b>		<b>2.707</b>

Nota:

La formulación 2 no fue seleccionada por su color opaco y viscosidad baja  
Los precios de las materias primas no toman en cuenta el IVA

**Cuadro 48-** Formulación 3 propuesta para producto tipo cloro gel, al 3 % (m/m) de hipoclorito de sodio, base 1 kg

<b>Materia prima</b>	<b>% (m/m)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Precio (Q/kg)</b>	<b>Costo (Q)</b>
H2O	60.14	0.601	0.290	0.174
Surfactante A	2.50	0.025	9.697	0.242
Solución hidróxido de sodio (50 % m/m)	0.36	0.004	2.964	0.011
Agente espesante C	5.00	0.050	110.384	5.519
Hipoclorito de sodio (solución al 12%)	32.00	0.320	2.018	0.646
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>1.000</b>		<b>6.592</b>

Nota:

La formulación 3 no fue seleccionada porque presentó problemas de mal olor y su costo elevado  
Los precios de las materias primas no toman en cuenta el IVA



## G. Pruebas de desempeño de producto tipo cloro gel formulado

**Cuadro 49-** Características fisicoquímicas promedio evaluadas a distintas temperaturas, para el producto formulado tipo cloro gel

Temperatura (°C)	Viscosidad (cP)	Densidad (g/mL)
16.8	2536 ± 11.5	1.073 ± 0.001
19.0	2090 ± 29.7	1.072 ± 0.001
19.7	2034 ± 6.3	1.070 ± 0.002
20.0	2000 ± 15.6	1.070 ± 0.001
21.7	1941 ± 14.0	1.069 ± 0.002
23.5	1855 ± 17.3	1.069 ± 0.002
24.5	1703 ± 23.1	1.067 ± 0.002
27.6	1571 ± 8.2	1.066 ± 0.002
28.7	1432 ± 16.1	1.065 ± 0.001

Nota:

Se midió la viscosidad utilizando un viscosímetro Brookfield con un spindle sp 62 y la densidad con una probeta de 5 mL

**Cuadro 50-** Evaluación de aumento de altura con agitación a 200 rpm

Parámetro	Medición (cm)
Diámetro	15.0 ± 0.2
Altura del líquido estático	15.0 ± 0.5
Altura del líquido en agitación	16.5 ± 0.8

Notas:

Esta evaluación se realizó para determinar la altura del tanque agitado

Las proporciones del agitador y el beaker fueron las mismas a la norma DIN28131

**Cuadro 51-** Evaluación de viscosidad en el tiempo, para el producto formulado tipo cloro gel

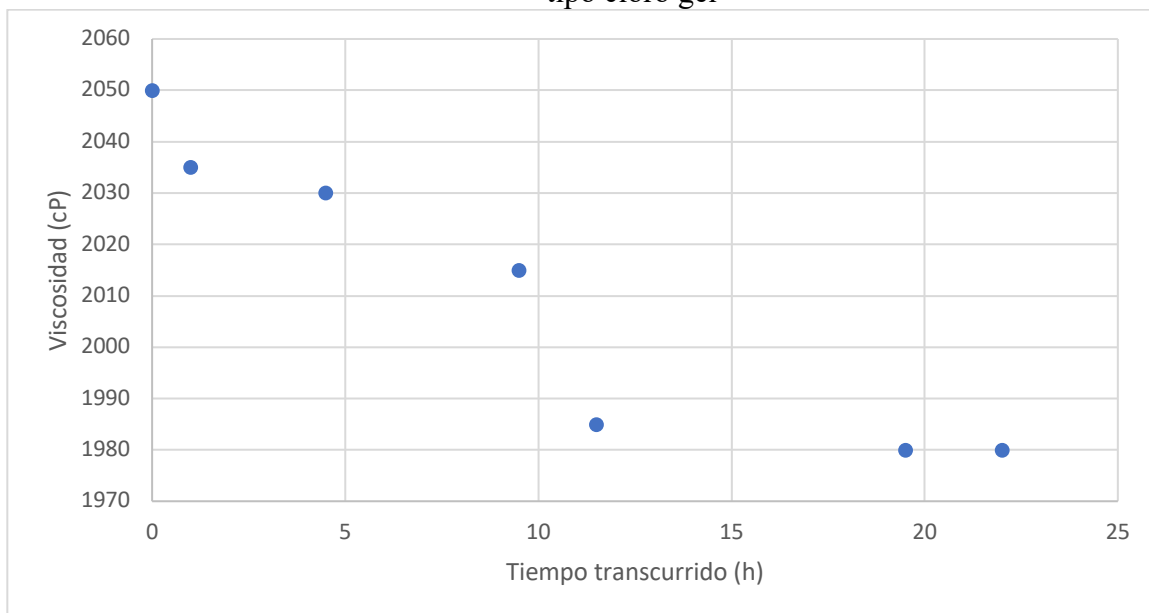
Hora <sup>1</sup>	Viscosidad (cP)
0	2050
1.0	2035
4.5	2030
9.5	2015
11.5	1985
19.5	1980
22.0	1980

Nota:

Se midió la viscosidad a una temperatura de 20 °C y 102.2 kPa, utilizando un viscosímetro Brookfield con un spindle sp 62

<sup>1</sup>Se realizó la primera medición luego de ser formulado el producto tipo cloro gel, para ver el cambio de viscosidad durante las primeras horas de formulación

**Figura 42-** Evaluación de viscosidad en el tiempo, para el producto formulado tipo cloro gel



Nota:

Se midió la viscosidad a una temperatura de 20 °C y 102.2 kPa, utilizando un viscosímetro Brookfield con un spindle sp 62

Se realizó la evaluación para determinar el tiempo de estabilización de la viscosidad para el producto formulado tipo cloro gel, siendo luego de las 19.5 horas de formulado.

La temperatura ambiente estuvo en un rango de 16 – 24 °C

**Cuadro 52-** Resultados pruebas para la determinación de comportamiento del fluido (Cloro gel)

Velocidad (RPM)	Viscosidad $\mu$ (cP)	Torque	Velocidad (rad/s)	Shear Rate $\dot{\gamma}$ (1/s)	Shear Stress $\tau$ (dinas/cm <sup>2</sup> )
12	2104 ± 18	0.84 ± 0.001	1.26	2.87	1.9E-02
10	2113 ± 16	0.704 ± 0.007	1.05	2.39	1.6E-02
6	2136 ± 19	0.427 ± 0.008	0.63	1.43	9.0E-03
5	2151 ± 15	0.357 ± 0.006	0.52	1.19	8.0E-03
4	2139 ± 17	0.286 ± 0.004	0.42	0.96	6.0E-04
3	2180 ± 18	0.199 ± 0.008	0.31	0.72	4.0E-03

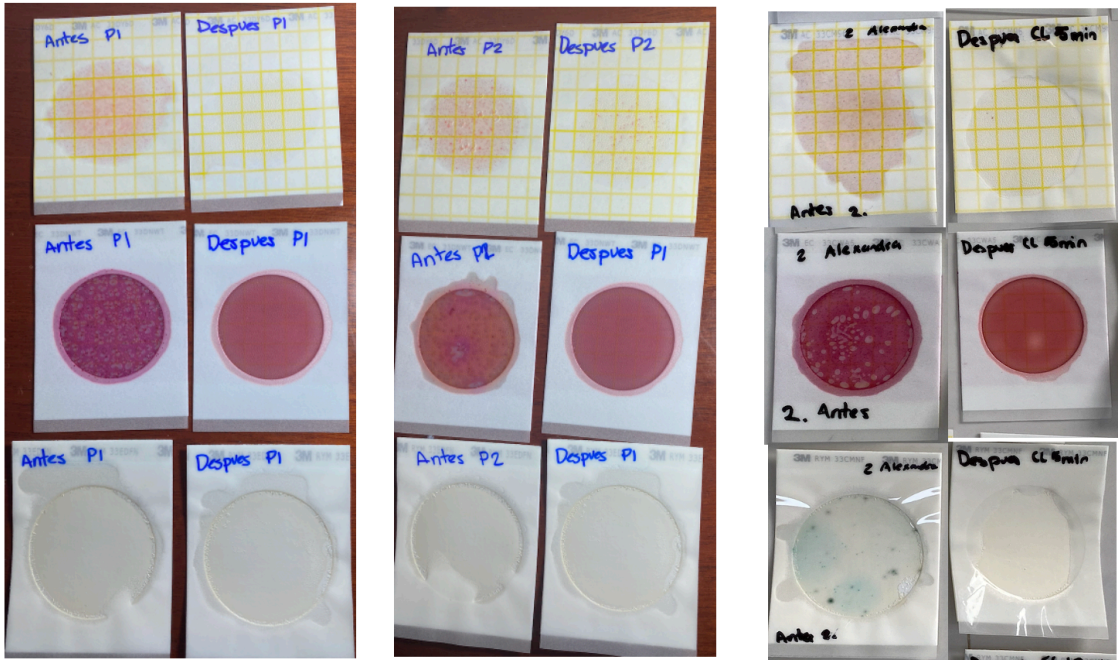
Nota:

Las mediciones fueron realizadas en cuádruplicado.

El radio del spindle utilizado fue de 0.942 cm y largo de 8.097 cm, el Beaker tuvo un diámetro de 2 cm

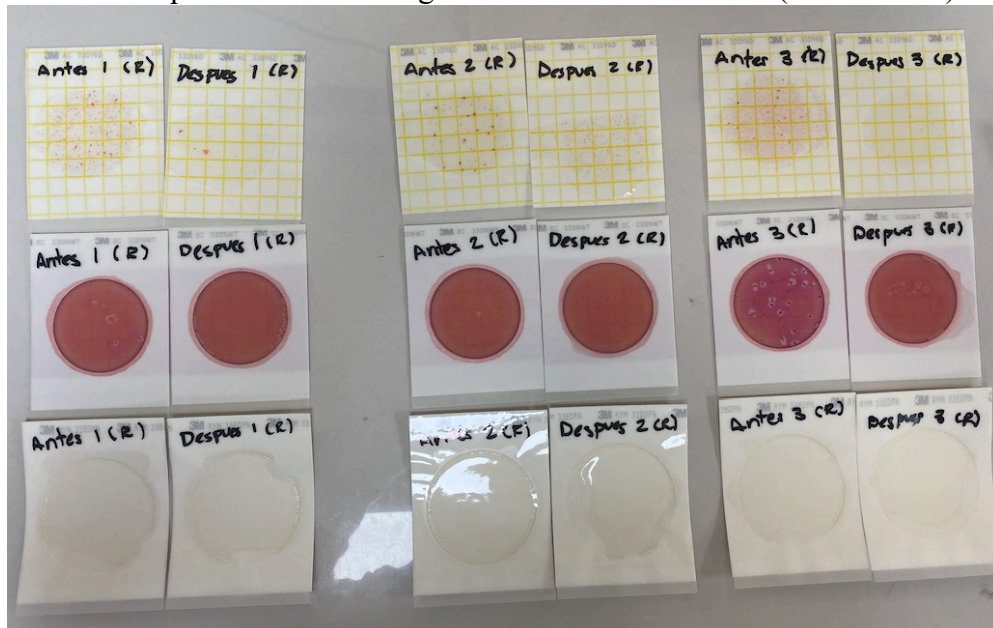
Las mediciones fueron realizadas a una temperatura de la solución a 20 °C

**Figura 43-** Pruebas microbiológicas con cloro gel formulado, concentración de hipoclorito de sodio igual a su concentración inicial (3.02 % m/m)



Nota: En orden superior a inferior, recuento aeróbico, Coliformes y *Escherichia Coli*, levaduras

**Figura 44-** Pruebas microbiológicas con cloro gel, concentración de hipoclorito de sodio igual al finalizar su vida útil (1.23 % m/m)



**Figura 45-** Pruebas de efectividad microbiológica de cloro gel formulado, concentración de hipoclorito de sodio del (3.02% m/m)



**Laboratorio de Análisis y Servicios, S.A.**  
 5ª. Avenida 2-84 Zona 1, Lomas de Portugal • Mixco, Guatemala, 01057  
 Tels.: 2212-5927 • 2212-5926 • 2438-5883  
 E-mail: lablaser@grupolaser.com

**Informe de análisis del área de Microbiología**

<b>No. de informe de análisis</b>	359015-21
<b>Nombre de la muestra</b>	Cloro Gel
Empresa / Persona que proporciona la muestra	[REDACTED]
Dirección de la empresa / persona	[REDACTED]
Fabricante	[REDACTED]
Descripción de la muestra	Frasco plástico
Forma farmacéutica / Presentación	Líquido
Número de lote	No disponible
No. De Registro Sanitario	No disponible
Fecha de recepción de la muestra	2021-08-26
Fecha de fabricación	No disponible
Fecha de vencimiento	No disponible
Fecha de reanálisis	No disponible
Fecha de toma de muestra	No disponible
Tamaño de la muestra	1 x 1 frasco
Responsable de la toma de muestra	[REDACTED]
Razón de la solicitud de análisis	Control de Calidad

**Resultados**

Escherichia coli ATCC 8739. Producto sin dilución	Diluciones del inóculo madre	UFC / mL esperadas	UFC / mL experimentales	Reducción de Logaritmo	Porcentaje de reducción de microorganismos	Criterios de Cumplimiento (Ver en observaciones: Criterio A, Criterio B y Criterio C)
<b>Inóculo madre</b>		5,500,000				
<b>Tiempo: 30 segundos</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Diluciones del inóculo madre</b>	10	550,000	0	-5.74	100.00	Cumple
	100	55,000	0	-4.74	100.00	Cumple
	1,000	5,500	0	-3.74	100.00	Cumple
	10,000	550	0	-2.74	100.00	Cumple
<b>Tiempo: 1 minutos</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Diluciones del inóculo madre</b>	10	550,000	0	-5.74	100.00	Cumple
	100	55,000	0	-4.74	100.00	Cumple
	1,000	5,500	0	-3.74	100.00	Cumple
	10,000	550	0	-2.74	100.00	Cumple
<b>Tiempo: 5 minutos</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Diluciones del inóculo madre</b>	10	550,000	0	-5.74	100.00	Cumple
	100	55,000	0	-4.74	100.00	Cumple
	1,000	5,500	0	-3.74	100.00	Cumple
	10,000	550	0	-2.74	100.00	Cumple

Salmonella enterica ATCC 14028. Producto sin dilución	Diluciones del inóculo madre	UFC / mL esperadas	UFC / mL experimentales	Reducción de Logaritmo	Porcentaje de reducción de microorganismos	Criterios de Cumplimiento (Ver en observaciones: Criterio A, Criterio B y Criterio C)
<b>Inóculo madre</b>		4,800,000				
<b>Tiempo: 30 segundos</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Diluciones del inóculo madre</b>	10	480,000	0	-5.68	100.00	Cumple
	100	48,000	0	-4.68	100.00	Cumple
	1,000	4,800	0	-3.68	100.00	Cumple
	10,000	480	0	-2.68	100.00	Cumple
<b>Tiempo: 1 minutos</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Diluciones del inóculo madre</b>	10	480,000	0	-5.68	100.00	Cumple
	100	48,000	0	-4.68	100.00	Cumple
	1,000	4,800	0	-3.68	100.00	Cumple
	10,000	480	0	-2.68	100.00	Cumple
<b>Tiempo: 5 minutos</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Diluciones del inóculo madre</b>	10	480,000	0	-5.68	100.00	Cumple
	100	48,000	0	-4.68	100.00	Cumple
	1,000	4,800	0	-3.68	100.00	Cumple
	10,000	480	0	-2.68	100.00	Cumple

Continuación



**Laboratorio de Análisis y Servicios, S.A.**  
 5ª. Avenida 2-84 Zona 1, Lomas de Portugal • Mixco, Guatemala, 01057  
 Tels.: 2212-5927 • 2212-5926 • 2438-5883  
 E-mail: lablaser@grupolaser.com

Staphylococcus aureus ATCC 6538. Producto sin dilución	Diluciones del inóculo madre	UFC / mL esperadas	UFC / mL experimentales	Reducción de Logaritmo	Porcentaje de reducción de microorganismos	Criterios de Cumplimiento (Ver en observaciones: Criterio A, Criterio B y Criterio C)
<b>Inóculo madre</b>		5,400,000				
<b>Tiempo: 30 segundos</b>						
<b>Diluciones del inóculo madre</b>	-	-	-	-	-	-
	10	540,000	0	-5.73	100.00	Cumple
	100	54,000	0	-4.73	100.00	Cumple
	1,000	5,400	0	-3.73	100.00	Cumple
	10,000	540	0	-2.73	100.00	Cumple
<b>Tiempo: 1 minutos</b>						
<b>Diluciones del inóculo madre</b>	-	-	-	-	-	-
	10	540,000	0	-5.73	100.00	Cumple
	100	54,000	0	-4.73	100.00	Cumple
	1,000	5,400	0	-3.73	100.00	Cumple
	10,000	540	0	-2.73	100.00	Cumple
<b>Tiempo: 5 minutos</b>						
<b>Diluciones del inóculo madre</b>	-	-	-	-	-	-
	10	540,000	0	-5.73	100.00	Cumple
	100	54,000	0	-4.73	100.00	Cumple
	1,000	5,400	0	-3.73	100.00	Cumple
	10,000	540	0	-2.73	100.00	Cumple

**Observaciones**

UFC / mL = Unidades formadoras de colonias del microorganismo por mL  
 Diluciones del inóculo madre corresponden al número de veces que se diluye el inóculo madre para reducir su cantidad de UFC / mL esperadas  
 UFC / mL experimentales = Unidades formadoras de colonias del microorganismo por mL determinadas experimentalmente  
 \* En el caso que las UFC / mL experimentales sean igual a "Muy numerosas para contar (MNPC)" se reporta el valor de 6,300 UFC / mL  
 Reducción de logaritmo = (Logaritmo (UFC / mL experimentales) - Logaritmo (UFC / mL esperadas))  
 Porcentaje de Reducción de microorganismos = (UFC / mL esperadas - UFC / mL experimentales) \* 100 / (UFC / mL esperadas)  
 Criterios de cumplimiento  
 \* Criterio A: USP 42 recomienda una Reducción de logaritmo no mayor que (-3) para el criterio "Cumple" o verificar según Criterio B  
 \* Criterio B: "Cumple" cuando UFC / mL experimentales es igual a Cero  
 \* Criterio C: Criterio que indique el cliente

Metodología	Análisis	MIL	Fecha de ejecución del análisis	Fecha finalización del análisis	Analista
Efectividad antimicrobiana en productos germicidas	<i>Escherichia coli</i>	21.600.047	2021-08-26	2021-08-28	SS
Efectividad antimicrobiana en productos germicidas	<i>Salmonella enterica</i>	21.600.047	2021-08-26	2021-08-28	SS
Efectividad antimicrobiana en productos germicidas	<i>Staphylococcus aureus</i>	21.600.047	2021-08-26	2021-08-28	SS

**Información adicional proporcionada por el cliente:**

No aplica  
**Observaciones LASER:**  
 Incubación de 30 a 35 °C  
 AOAC. Official Methods of Analysis Desinfectants. 955.14, 955.15  
 Farmacopea de los Estados Unidos de América. (USP 42). <1072> Desinfectantes y antisépticos. Páginas 7718 – 7724.



Licda. Brenda Elizabeth Guzman E  
 Química Bióloga  
 Colegiada No. 5831

Firmado digitalmente por BEG  
 Motivo: Estoy aprobando este documento  
 Ubicación: EC009  
 Fecha: 2021-08-31 11:45:06:00

El resultado de análisis corresponde a la muestra tal y como se recibió para la evaluación en las instalaciones de LASER.  
 Se prohíbe la modificación y reproducción parcial de este Informe de análisis sin la aprobación escrita de LASER.  
 Código de seguridad 439742359015-21M58514

**No. de muestra 439742**

Última línea

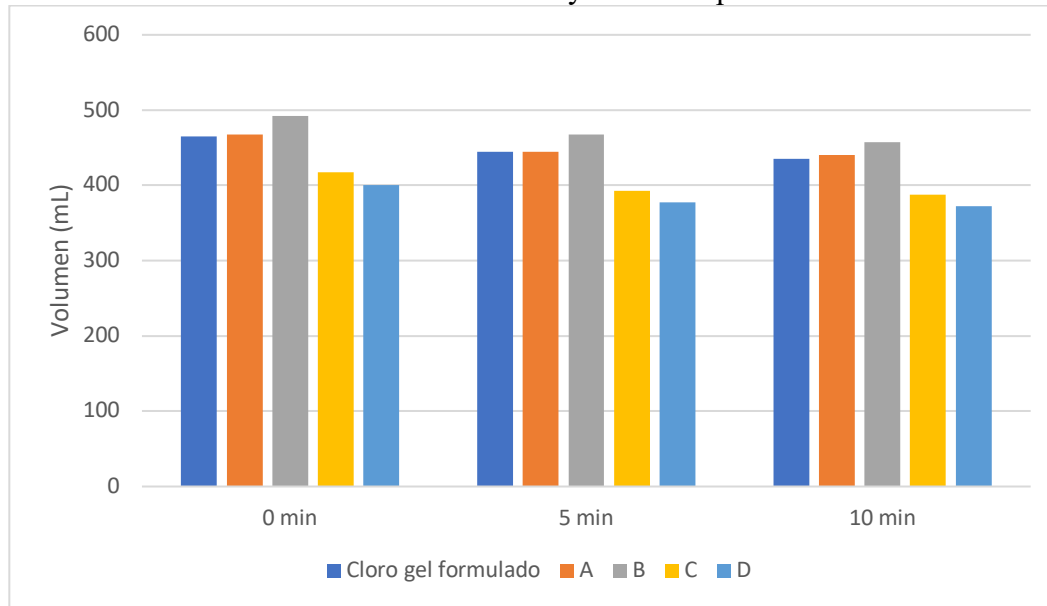
**Cuadro 53-** Resultados pruebas de espuma

Muestra	Tiempo (min)	Volumen (mL)
Cloro gel formulado	0	465 ± 13
	5	445 ± 13
	10	435 ± 6
Producto A	0	468 ± 5
	5	445 ± 13
	10	440 ± 8
Producto B	0	493 ± 10
	5	468 ± 13
	10	458 ± 10
Producto C	0	418 ± 10
	5	393 ± 10
	10	388 ± 13
Producto D	0	400 ± 14
	5	378 ± 13
	10	373 ± 13

Nota:

Las muestras fueron llevadas a una temperatura de 20 °C para realizar la evaluación

**Figura 46-** Gráfico de barras para la prueba de espuma con formulación realizada y de la competencia



Nota:

Los datos utilizados para realizar la gráfica se muestran en el Cuadro 53

**Cuadro 54-**

Formulación de hipoclorito de sodio determinando tiempo de dilución, temperatura y pH prueba 1 (Base 1 kg)

<b>Materia prima</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Temperatura (° C)</b>	<b>pH</b>
Agua	0	20.7	6.5
Surfactante A	30.20	20.7	7.65
Surfactante B	37.15	20.7	9.22
Agente viscosante	42.20	20.7	9.26
Solución NaOH (50% m/m)	45.50	21.9	13.22
Solución de hipoclorito de sodio (12 % m/m)	52.40	21.8	13.2
Fragancia	55.02	21.8	13.2

**Cuadro 55-**

Formulación de hipoclorito de sodio determinando tiempo de dilución, temperatura y pH prueba 2 (Base 1 kg)

<b>Materia prima</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>pH</b>
Agua	0.00	21	6.5
Surfactante A	29.20	21	7.62
Surfactante B	36.40	21	9.24
Agente viscosante	41.20	21	9.25
Solución NaOH (50% m/m)	44.32	22.3	13.21
Solución de hipoclorito de sodio (12 % m/m)	52.28	22.2	13.21
Fragancia	55.20	22.2	13.18

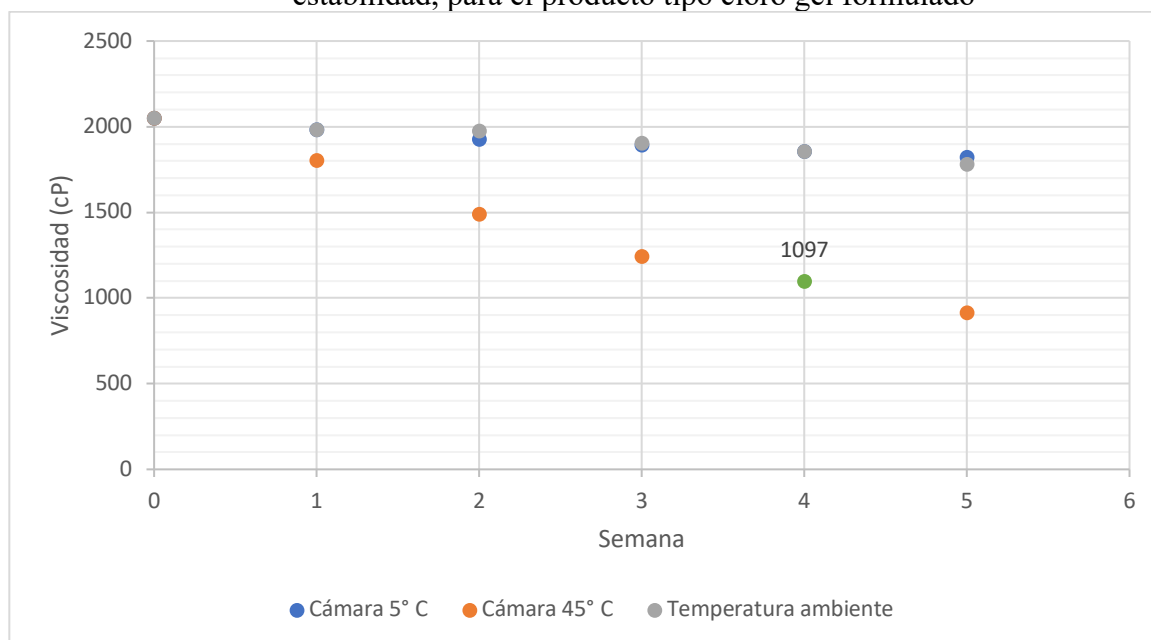
**Cuadro 56-**

Formulación de hipoclorito de sodio determinando tiempo de dilución, temperatura y pH prueba 3 (Base 1 kg)

Materia prima	Tiempo (min)	Temperatura (° C)	pH
Agua	0.00	20.6	6.5
Surfactante A	27.60	20.6	7.64
Surfactante B	35.40	20.6	9.2
Agente viscosante	42.32	20.6	9.23
Solución NaOH (50% m/m)	46.80	21.9	13.24
Solución de hipoclorito de sodio (12 % m/m)	51.50	21.8	13.22
Fragancia	56.20	21.8	13.2

**Figura 47-**

Comparación de viscosidad vs tiempo, en distintas cámaras de estabilidad, para el producto tipo cloro gel formulado

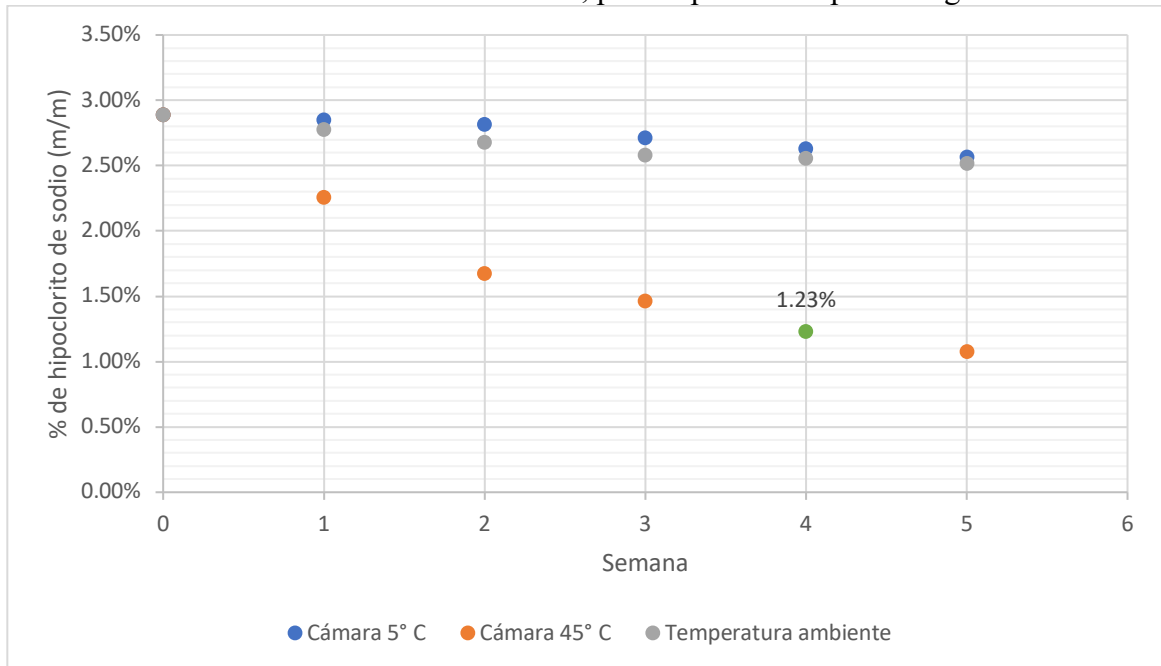


Nota:

Los resultados para realizar la gráficas se encuentran en los Cuadros 52, 53 y 54.



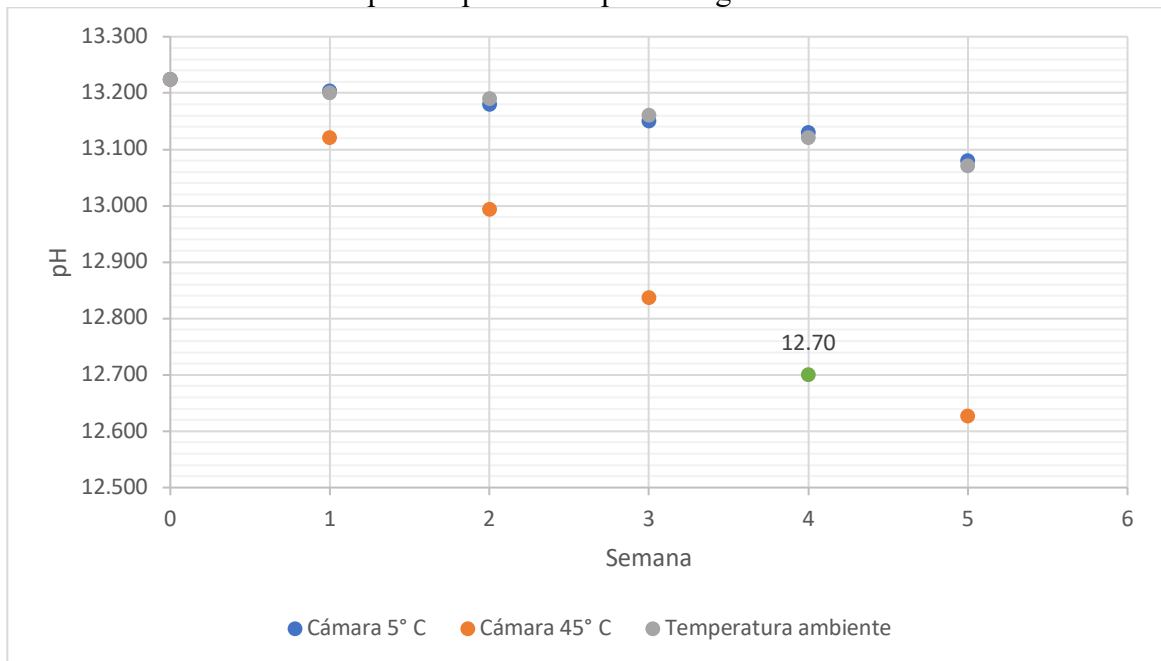
**Figura 48-** Comparación de concentración de hipoclorito de sodio vs tiempo, en distintas cámaras de estabilidad, para el producto tipo cloro gel formulado



Nota:

Los resultados para realizar la gráficas se encuentran en los Cuadros 52, 53 y 54.

**Figura 49-** Comparación de pH vs tiempo, en distintas cámaras de estabilidad, para el producto tipo cloro gel formulado



Nota:

Los resultados para realizar la gráficas se encuentran en los Cuadros 52, 53 y 54.

**Cuadro 57-** Resultados pruebas de escurrimiento

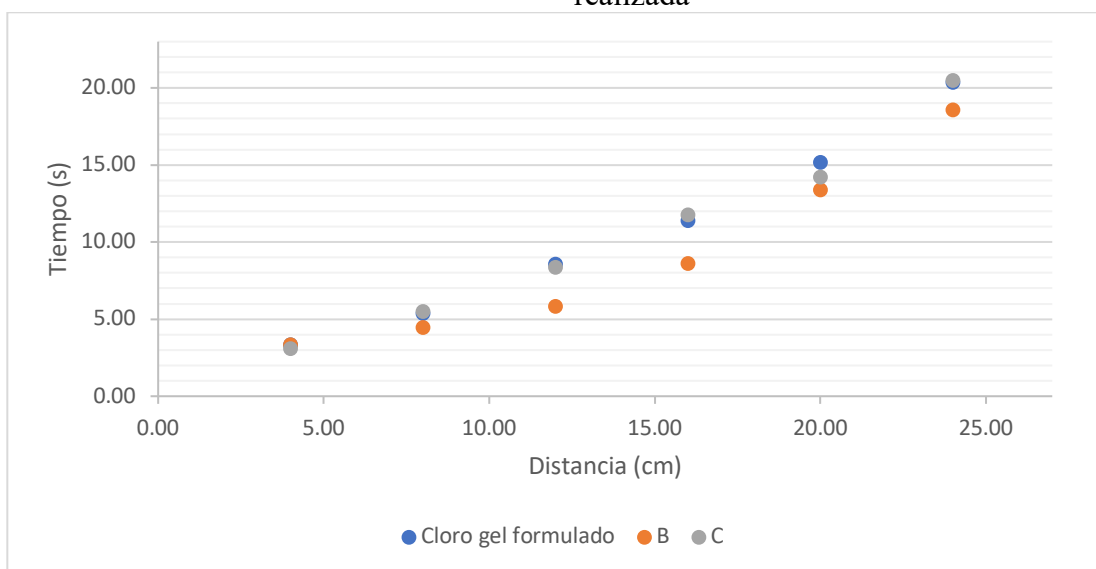
	Cloro gel formulado	B	C
Distancia (cm)	Tiempo (s)	Tiempo (s)	Tiempo (s)
4.00	3.32 ± 0.08	3.36 ± 0.31	3.10 ± 0.42
8.00	5.34 ± 0.47	4.48 ± 0.23	5.51 ± 0.49
12.00	8.55 ± 0.48	5.82 ± 0.18	8.35 ± 0.41
16.00	11.36 ± 1.18	8.60 ± 0.25	11.75 ± 0.34
20.00	15.15 ± 1.27	13.38 ± 0.05	14.21 ± 0.42
24.00	20.34 ± 1.37	18.56 ± 0.16	20.51 ± 0.23

Nota:

Se realizó con los productos de la competencia B y C ya que estos presentaron una viscosidad similar a la del producto tipo cloro gel formulado

La temperatura del fluido al realizar las mediciones fue de 20 °C y una presión atmosférica de 102.2 kPa

**Figura 50-** Evaluación de distancias vs tiempo para la prueba de escurrimiento realizada



Nota:

La gráfica se realizó a partir de los valores obtenidos del Cuadro 57

H. Resultados pruebas de estabilidad producto tipo cloro gel formulado y productos de la competencia

**Cuadro 58-** Resultados promedio de parámetros fisicoquímicos determinados en pruebas de estabilidad para producto tipo cloro gel al 3.02 % (m/m) de hipoclorito de sodio

Temperatura (°C)	Semana	Densidad (g/mL)	hipoclorito de sodio (%)	Pérdida semanal NaOCl (%) <sup>1</sup>	° Brix	Viscosidad (cP)	pH
20 <sup>2</sup>	0	1.064 ± 0.0060	3.03 ± 0.057	----	11.3 ± 0.060	2051 ± 9.6	13.22 ± 0.020
5 <sup>3</sup>	1	1.054 ± 0.0020	2.85 ± 0.021	1.29	11.2 ± 0.010	1981 ± 6.6	13.20 ± 0.023
	2	1.056 ± 0.0080	2.82 ± 0.021	2.58	11.2 ± 0.060	1924 ± 8.4	13.20 ± 0.024
	3	1.069 ± 0.0020	2.72 ± 0.037	6.01	11.1 ± 0.060	1892 ± 9.2	13.19 ± 0.024
	4	1.064 ± 0.0010	2.63 ± 0.021	9.01	11.2 ± 0.060	1856 ± 9.6	12.98 ± 0.017
	5	1.066 ± 0.0010	2.57 ± 0.037	11.16	11.2 ± 0.060	1820 ± 9.8	12.91 ± 0.016
Ambiente <sup>4</sup>	1	1.048 ± 0.0008	2.78 ± 0.021	3.86	11.2 ± 0.060	1983 ± 20.5	13.20 ± 0.017
	2	1.066 ± 0.0073	2.68 ± 0.020	7.30	11.1 ± 0.060	1975 ± 12.4	13.19 ± 0.027
	3	1.068 ± 0.0045	2.58 ± 0.086	10.73	11.1 ± 0.060	1903 ± 16.2	13.16 ± 0.010
	4	1.065 ± 0.0011	2.56 ± 0.021	11.59	11.0 ± 0.060	1855 ± 8.4	12.95 ± 0.051
	5	1.065 ± 0.0013	2.52 ± 0.021	12.88	11.1 ± 0.100	1780 ± 17.8	12.83 ± 0.011
45 <sup>5</sup>	1	1.051 ± 0.0053	2.26 ± 0.021	21.89	11.1 ± 0.100	1804 ± 18.3	13.12 ± 0.017
	2	1.065 ± 0.0038	1.67 ± 0.064	42.06	11.1 ± 0.057	1490 ± 26.5	12.99 ± 0.025
	3	1.068 ± 0.0044	1.46 ± 0.021	49.36	11.1 ± 0.057	1243 ± 40.4	12.84 ± 0.025
	4	1.065 ± 0.0013	1.23 ± 0.037	57.51	11.1 ± 0.100	1097 ± 47.3	12.70 ± 0.020
	5	1.066 ± 0.0016	1.08 ± 0.037	62.66	11.1 ± 0.120	914 ± 31.4	12.63 ± 0.025

Notas:

Todas las medidas fueron tomadas con las muestras a una temperatura a 20 °C y a una presión atmosférica de 102.2 kPa

<sup>1</sup>El valor de pérdida semanal de hipoclorito de sodio representa el cambio en concentración del ingrediente activo (NaOCl) respecto a la concentración inicial

<sup>2</sup> Muestra evaluado a 20 °C antes de hacer tratamientos térmicos, recién formulada.

<sup>3</sup>Los valores obtenidos a la temperatura de 5 °C corresponden a una cámara fría cuya temperatura promedio se determinó utilizando un termómetro.

<sup>4</sup>Se registró una temperatura ambiente en un rango de 16 – 24 °C

<sup>5</sup>Los valores obtenidos a la temperatura de 45 °C corresponden a una cámara caliente cuya temperatura promedio se determinó utilizando un termómetro

**Cuadro 59-** Resultados pruebas de estabilidad en cámara a 5 ° C, para producto tipo cloro gel al 3.02% (m/m) de hipoclorito de sodio

Semana	Muestra	Densidad (g/mL)	Hipoclorito De sodio (%)	° Brix	Viscosidad (cP)	pH
0	A	1.059	3.02	11.2	2040	13.24
	B	1.070	3.02	11.3	2055	13.23
	C	1.063	3.06	11.3	2058	13.20
	Promedio	1.064	3.02	11.3	2051	13.22
	Desviación estándar	0.006	0.06	0.1	10	0.02
1	A	1.052	2.87	11.2	1980	13.19
	B	1.055	2.87	11.2	1975	13.20
	C	1.056	2.83	11.2	1988	13.22
	Promedio	1.054	2.85	11.2	1981	13.20
	Desviación estándar	0.002	0.02	0.0	7	0.02
2	A	1.064	2.83	11.2	1913	13.22
	B	1.049	2.83	11.2	1920	13.21
	C	1.054	2.79	11.3	1940	13.18
	Promedio	1.056	2.82	11.2	1924	13.20
	Desviación estándar	0.008	0.02	0.1	14	0.02
3	A	1.070	2.68	11.2	1902	13.22
	B	1.067	2.72	11.1	1884	13.23
	C	1.071	2.75	11.1	1890	13.20
	Promedio	1.069	2.72	11.1	1892	13.22
	Desviación estándar	0.002	0.04	0.1	9	0.02
4	A	1.065	2.61	11.2	1860	12.97
	B	1.063	2.64	11.2	1845	12.98
	C	1.064	2.64	11.1	1863	12.99
	Promedio	1.064	2.63	11.2	1856	12.98
	Desviación estándar	0.001	0.02	0.1	10	0.01
5	A	1.065	2.53	11.1	1823	12.90
	B	1.067	2.61	11.2	1833	12.92
	C	1.066	2.57	11.2	1805	12.90
	Promedio	1.066	2.57	11.2	1820	12.91
	Desviación estándar	0.001	0.04	0.1	14	0.01

Nota:

Todas las medidas fueron tomadas con las muestras a una temperatura de 20 °C y una presión atmosférica de 102.2 kPa

Los valores obtenidos, corresponden a una cámara fría cuya temperatura promedio se determinó utilizando un termómetro

**Cuadro 60-** Resultados pruebas de estabilidad a temperatura ambiente, para producto tipo cloro gel al 3.02% (m/m) de hipoclorito de sodio

Semana	Muestra	Densidad (g/mL)	Hipoclorito de sodio (%)	° Brix	Viscosidad (cP)	pH
0	A	1.072	3.02	11.2	2040	13.24
	B	1.070	3.02	11.3	2055	13.23
	C	1.063	3.06	11.3	2058	13.20
	Promedio	1.064	3.02	11.3	2051	13.22
	Desviación estándar	0.006	0.06	0.06	10	0.02
1	A	1.048	2.79	11.1	2000	13.22
	B	1.047	2.75	11.2	1988	13.19
	C	1.049	2.79	11.2	1960	13.19
	Promedio	1.048	2.78	11.2	1983	13.20
	Desviación estándar	0.001	0.02	0.1	21	0.02
2	A	1.069	2.68	11.2	1980	13.17
	B	1.072	2.68	11.1	1950	13.18
	C	1.058	2.68	11.1	1995	13.22
	Promedio	1.066	2.68	11.1	1975	13.19
	Desviación estándar	0.007	0.0	0.1	23	0.03
3	A	1.064	2.68	11.1	1900	13.15
	B	1.073	2.53	11.1	1920	13.17
	C	1.069	2.53	11.2	1888	13.16
	Promedio	1.068	2.58	11.1	1903	13.16
	Desviación estándar	0.005	0.09	0.1	16	0.01
4	A	1.064	2.57	11.1	1860	12.89
	B	1.065	2.57	11.0	1845	12.96
	C	1.066	2.53	11.0	1859	12.99
	Promedio	1.065	2.56	11.0	1855	12.95
	Desviación estándar	0.001	0.02	0.1	8	0.05
5	A	1.066	2.53	11.1	1760	12.82
	B	1.067	2.49	11.0	1788	12.84
	C	1.064	2.53	11.2	1793	12.82
	Promedio	1.065	2.52	11.1	1780	12.83
	Desviación estándar	0.001	0.02	0.1	18	0.01

Notas:

Todas las medidas fueron tomadas con las muestras a una temperatura de 20 °C y una presión atmosférica de 102.2 kPa

Se registró una temperatura ambiente en un rango 16 – 24 °C

**Cuadro 61-** Resultados pruebas de estabilidad en cámara a 45 ° C, para producto tipo cloro gel 3.02 % (m/m) de hipoclorito de sodio

Semana	Muestra	Densidad (g/mL)	Hipoclorito De sodio (%)	° Brix	Viscosidad (cP)	pH
0	A	1.059	3.02	11.2	2040	13.24
	B	1.070	3.02	11.3	2055	13.23
	C	1.063	3.06	11.3	2058	13.20
	Promedio	1.064	3.02	11.3	2051	13.22
	Desviación estándar	0.006	0.06	0.1	10	0.02
1	A	1.045	2.27	11.0	1790	13.11
	B	1.051	2.27	11.1	1798	13.11
	C	1.056	2.23	11.2	1825	13.14
	Promedio	1.051	2.26	11.1	1804	13.12
	Desviación estándar	0.005	0.02	0.1	18	0.02
2	A	1.069	1.71	11.1	1470	12.97
	B	1.062	1.71	11.0	1480	13.02
	C	1.065	1.60	11.1	1520	12.99
	Promedio	1.065	1.67	11.1	1490	12.99
	Desviación estándar	0.004	0.06	0.1	26	0.03
3	A	1.064	1.45	11.2	1250	12.81
	B	1.073	1.49	11.1	1200	12.84
	C	1.066	1.45	11.1	1280	12.86
	Promedio	1.068	1.46	11.1	1243	12.84
	Desviación estándar	0.004	0.02	0.1	40	0.03
4	A	1.067	1.27	11.0	1080	12.72
	B	1.065	1.19	11.2	1150	12.68
	C	1.064	1.23	11.1	1060	12.70
	Promedio	1.065	1.23	11.1	1097	12.70
	Desviación estándar	0.001	0.04	0.1	47	0.02
5	A	1.065	1.04	11.2	880	12.65
	B	1.068	1.12	11.0	920	12.60
	C	1.065	1.08	11.0	942	12.63
	Promedio	1.066	1.08	11.1	914	12.63
	Desviación estándar	0.002	0.04	0.1	31	0.03

Notas:

Todas las medidas fueron tomadas con las muestras a una temperatura de 20 °C y a una presión atmosférica de 102.2 kPa

Los valores obtenidos, corresponden a una cámara caliente cuya temperatura promedio se determinó con un termómetro. Una semana a esta temperatura representa un trimestre en condiciones normales

<b>Cuadro 62-</b>		<b>Resultados pruebas de estabilidad producto A</b>					
Cámara	Semana	Densidad (±0.005)	% de hipoclorito de sodio	Variación de hipoclorito de sodio semanalmente	° Brix (±0.05)	Viscosidad (±0.5 cP)	pH (± 0.005)
5 ° C	0	1.072	2.38%	---	11.7	128	13.22
	1	1.069	2.34%	1.56%	11.7	128	13.18
	2	1.072	2.31%	3.12%	11.7	131	13.14
	3	1.075	2.31%	3.13%	11.7	130	13.12
	4	1.073	2.27%	4.69%	11.7	128	13.04
	5	1.072	2.23%	6.25%	11.7	115	13.20
Temp. Ambiente	0	1.072	2.38%	---	11.7	128	13.22
	1	1.074	2.23%	6.25%	11.6	127	13.20
	2	1.074	2.23%	6.25%	11.6	129	13.20
	3	1.077	2.16%	9.38%	11.6	125	13.20
	4	1.072	2.08%	12.50%	11.6	128	13.18
	5	1.075	1.90%	20.31%	11.6	121	13.10
45 ° C	0	1.072	2.38%	---	11.7	128	13.22
	1	1.075	1.97%	17.19%	11.7	130	13.14
	2	1.075	1.67%	29.69%	11.7	115	13.10
	3	1.072	1.49%	37.50%	11.7	115	13.12
	4	1.073	1.30%	45.31%	11.7	97	13.02
	5	1.072	1.12%	53.13%	11.7	100	12.98

<b>Cuadro 63-</b>		<b>Resultados pruebas de estabilidad producto B</b>					
Cámara	Semana	Densidad (±0.005)	% de hipoclorito de sodio	Variación de hipoclorito de sodio semanalmente	° Brix (±0.05)	Viscosidad (±0.5 cP)	pH (± 0.005)
5 ° C	0	1.068	2.27%	---	10.7	1400	13.20
	1	1.074	2.08%	8.20%	10.7	1380	13.17
	2	1.073	2.01%	11.48%	10.7	1265	13.15
	3	1.071	1.97%	13.11%	10.8	1220	13.10
	4	1.070	1.94%	14.75%	10.7	1205	13.10
	5	1.072	1.90%	16.39%	10.7	1185	13.10
Temp. Ambiente	0	1.068	2.27%	---	10.7	1400	13.20
	1	1.064	2.08%	8.20%	10.6	1368	13.15
	2	1.069	2.05%	9.84%	10.6	1288	13.10
	3	1.072	1.97%	13.11%	10.6	1240	13.10
	4	1.066	1.90%	16.39%	10.6	1235	13.08
	5	1.071	1.86%	18.03%	10.6	1189	12.95
45 ° C	0	1.068	2.27%	---	10.7	1400	13.20
	1	1.069	1.86%	18.03%	10.6	1257	13.05
	2	1.067	1.45%	36.07%	10.6	1100	13.05
	3	1.073	1.15%	49.18%	10.6	1025	12.95
	4	1.073	0.93%	59.02%	10.7	930	12.85
	5	1.072	0.86%	62.30%	10.5	680	12.73

<b>Cuadro 64-</b>		<b>Resultados pruebas de estabilidad producto C</b>					
Cámara	Semana	Densidad (±0.005)	% de hipoclorito de sodio	Variación de hipoclorito de sodio semanalmente	° Brix (±0.05)	Viscosidad (±0.5 cP)	pH (± 0.005)
5 ° C	0	1.072	2.53%	---	12.7	2020	13.20
	1	1.073	2.27%	10.29%	12.7	1980	13.19
	2	1.075	2.16%	14.71%	12.1	1920	13.20
	3	1.069	2.12%	16.18%	12.1	1876	13.20
	4	1.071	2.08%	17.65%	12.0	1855	13.17
	5	1.073	2.01%	20.59%	12.0	1840	13.15
Temp. Ambiente	0	1.072	2.53%	---	12.7	2020	13.20
	1	1.069	2.31%	8.82%	12.1	1960	13.19
	2	1.072	2.08%	17.65%	12.0	1922	13.10
	3	1.075	2.05%	19.12%	12.0	1889	13.12
	4	1.073	2.01%	20.59%	12.1	1840	13.08
	5	1.072	1.97%	22.06%	12.0	1780	13.02
45 ° C	0	1.072	2.53%	---	12.7	2020	13.20
	1	1.075	2.08%	17.65%	12.0	1928	13.19
	2	1.073	1.71%	32.35%	11.9	1854	13.10
	3	1.065	1.34%	47.06%	10.5	1418	12.90
	4	1.072	1.12%	55.88%	11.9	1370	12.84
	5	1.073	0.89%	64.71%	11.8	1020	12.72

<b>Cuadro 65-</b>		<b>Resultados pruebas de estabilidad producto D</b>					
Cámara	Semana	Densidad (±0.005)	% de hipoclorito de sodio	Variación de hipoclorito de sodio semanalmente	° Brix (±0.05)	Viscosidad (±0.5 cP)	pH (± 0.005)
5 ° C	0	1.065	1.53%	---	9.7	173	12.88
	1	1.066	1.49%	2.44%	9.7	173	12.88
	2	1.064	1.45%	4.88%	9.7	180	13.03
	3	1.068	1.41%	7.32%	9.7	179	13.06
	4	1.065	1.38%	9.76%	10.2	178	12.94
	5	1.066	1.38%	9.76%	9.8	166	13.10
Temp. Ambiente	0	1.065	1.53%	/	9.7	173	12.88
	1	1.068	1.30%	14.63%	9.7	173	12.88
	2	1.065	1.23%	19.51%	9.8	179	12.92
	3	1.065	1.19%	21.95%	9.6	178	12.98
	4	1.064	1.19%	21.95%	9.8	178	12.90
	5	1.067	1.15%	24.39%	9.7	173	12.83
45 ° C	0	1.065	1.53%	---	9.7	173	12.88
	1	1.068	1.27%	17.07%	9.8	170	12.82
	2	1.067	0.89%	41.46%	9.8	150	12.82
	3	1.065	0.67%	56.10%	9.7	141	12.80
	4	1.066	0.63%	58.54%	10.0	132	12.60
	5	1.068	0.56%	63.41%	9.8	119	12.67



**Cuadro 66-** Comparación de pérdida semanal de hipoclorito de sodio de productos de la competencia vs el producto tipo cloro gel formulado, en cámara de estabilidad a 5 °C

Semana	Formulación propia	A	B	C	D
1	1.3%	1.6%	8.2%	10.3%	2.4%
2	2.6%	3.1%	11.5%	14.7%	4.9%
3	6.0%	3.1%	13.1%	16.2%	7.3%
4	9.0%	4.7%	14.8%	17.6%	9.8%
5	11.2%	6.2%	16.4%	20.6%	9.8%

Nota:

Los valores obtenidos corresponden a una cámara fría cuya temperatura promedio se determinó utilizando un termómetro

**Cuadro 67-** Comparación de pérdida semanal de hipoclorito de sodio de productos de la competencia vs el producto tipo cloro gel formulado, a temperatura ambiente

Semana	Formulación propia	A	B	C	D
1	3.9%	6.3%	8.2%	8.8%	14.6%
2	7.3%	6.3%	9.8%	17.6%	19.5%
3	10.7%	9.4%	13.1%	19.1%	22.0%
4	11.6%	12.5%	16.4%	20.6%	22.0%
5	12.9%	20.3%	18.0%	22.1%	24.4%

Nota:

Se registró una temperatura ambiente en un rango 16 – 24 °C

**Cuadro 68-** Comparación de pérdida semanal de hipoclorito de sodio de productos de la competencia vs el producto tipo cloro gel formulado, en cámara de estabilidad a 45 °C

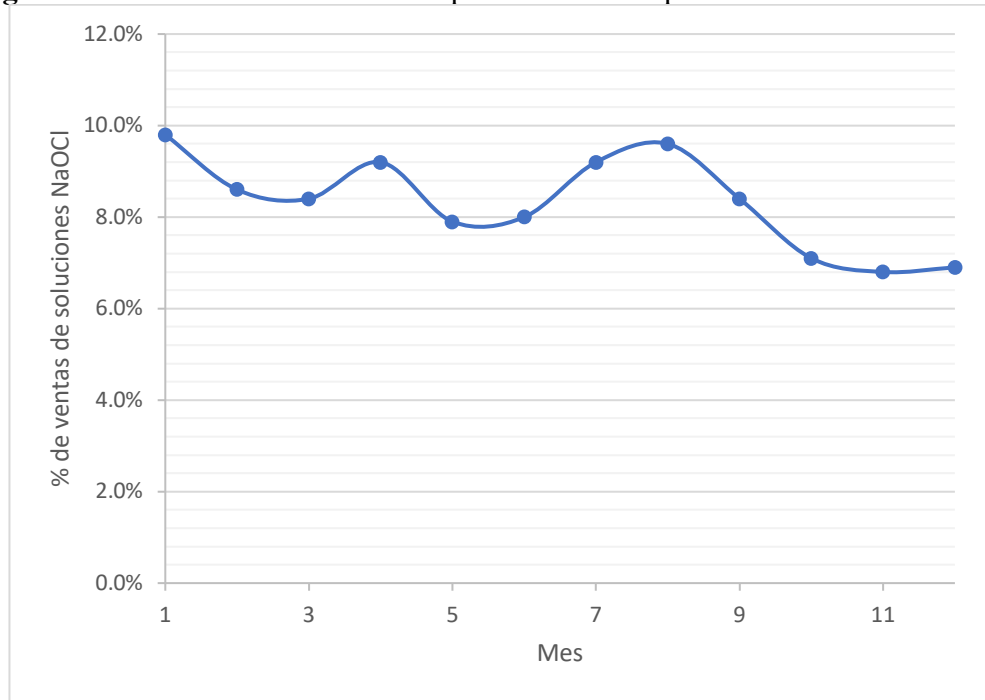
Semana	Formulación propia	A	B	C	D
1	1	21.9%	17.2%	18.0%	17.6%
2	2	42.1%	29.7%	36.1%	32.4%
3	3	49.4%	37.5%	49.2%	47.1%
4	4	57.5%	45.3%	59.0%	55.9%
5	5	62.7%	53.1%	62.3%	64.7%

Nota:

Los valores obtenidos corresponden a una cámara caliente cuya temperatura promedio se determinó utilizando un termómetro

## I. Información utilizada para el análisis económico

**Figura 51-** Estacionalidad de productos con hipoclorito de sodio en Guatemala



Notas:

La información utilizada fue recopilada del ministerio de economía de Guatemala  
Es un promedio de las ventas mensuales para los años 2014 – 2019

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Unidades de cloro gel	61,285	80,000	84,000	88,200	92,610	97,241	102,103	107,208	112,568	118,196
Inventario inicial (Unidades)	---	2,194	2,002	1,750	2,027	1,945	2,858	2,260	2,241	2,035
Lotes en el mes (Unidades)	15	20	21	22	23	24	25	26	28	29
Producción (Unidades)	61,622	79,906	83,969	88,032	92,772	97,173	102,252	106,992	112,748	118,166
Venta (Unidades)	61,285	80,000	84,000	88,200	92,610	97,241	102,103	107,208	112,568	118,196
Inventario final (Unidades)	1,831	2,100	1,970	1,581	2,189	1,878	3,008	2,045	2,421	2,004
Tarimas para estibado de inventario final (Unidades)	3	3	3	3	4	3	5	3	4	3

Nota:

Se determinó el promedio de propuestas de producción a partir de las hojas de producción mensual estimadas

**Cuadro 70- Flujo de efectivo del primer año de producción para la propuesta 1**

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12													
<b>Ingresos</b>																										
Ventas	GTQ	292,818.288	GTQ	108,229.776	GTQ	324,452.396	GTQ	379,476.487	GTQ	399,448.933	GTQ	420,472.561	GTQ	442,602.696	GTQ	465,897.575	GTQ	490,418.500	GTQ	516,230.000	GTQ	543,400.000	GTQ	572,000.000		
<b>Costos</b>																										
Inversión inicial maquinaria	GTQ	614,022.34																								
Importación maquinaria	GTQ	106,670.97																								
Inversión inicial servicios auxiliares	GTQ	44,715.58																								
Materia prima	GTQ	55,171.73	GTQ	50,574.09	GTQ	59,769.38	GTQ	59,769.38	GTQ	64,367.02	GTQ	64,367.02	GTQ	68,964.67	GTQ	73,562.31	GTQ	78,159.96	GTQ	82,757.60	GTQ	87,355.25	GTQ	91,952.89		
Materia de empaque	GTQ	142,305.11	GTQ	130,446.35	GTQ	154,163.87	GTQ	154,163.87	GTQ	166,022.63	GTQ	166,022.63	GTQ	177,881.39	GTQ	189,740.15	GTQ	201,598.91	GTQ	213,457.67	GTQ	225,316.43	GTQ	237,175.19		
Aire filtrado y seco	GTQ	1,889.42	GTQ	1,725.55	GTQ	2,039.29	GTQ	2,039.29	GTQ	2,196.16	GTQ	2,196.16	GTQ	2,353.03	GTQ	2,509.89	GTQ	2,666.76	GTQ	2,823.63	GTQ	2,980.50	GTQ	3,137.37		
Energía eléctrica	GTQ	343.52	GTQ	322.53	GTQ	393.81	GTQ	393.81	GTQ	424.11	GTQ	424.11	GTQ	454.40	GTQ	484.70	GTQ	515.00	GTQ	545.30	GTQ	575.60	GTQ	605.90		
Mano de obra	GTQ	9,541.22	GTQ	8,746.12	GTQ	10,336.32	GTQ	10,336.32	GTQ	11,131.42	GTQ	11,131.42	GTQ	11,926.52	GTQ	12,721.62	GTQ	13,516.72	GTQ	14,311.82	GTQ	15,106.92	GTQ	15,902.02		
<b>Gastos</b>																										
Administrativos	GTQ	8,365.76	GTQ	7,668.61	GTQ	9,062.91	GTQ	9,062.91	GTQ	9,760.05	GTQ	9,760.05	GTQ	10,457.20	GTQ	11,154.35	GTQ	11,851.49	GTQ	12,548.64	GTQ	13,245.79	GTQ	13,942.93		
Financieros	GTQ	16,453.20	GTQ	9,385.77	GTQ	11,338.63	GTQ	11,338.63	GTQ	12,200.07	GTQ	12,200.07	GTQ	13,071.50	GTQ	13,942.93	GTQ	14,814.37	GTQ	15,685.80	GTQ	16,557.23	GTQ	17,428.67		
Distribución	GTQ	16,731.52	GTQ	15,337.23	GTQ	18,125.81	GTQ	18,125.81	GTQ	19,520.11	GTQ	19,520.11	GTQ	20,914.40	GTQ	22,308.69	GTQ	23,702.99	GTQ	25,097.28	GTQ	26,491.57	GTQ	27,885.87		
Marketing (Publicidad)	GTQ	17,548.64	GTQ	11,602.92	GTQ	13,594.56	GTQ	13,594.56	GTQ	14,640.08	GTQ	14,640.08	GTQ	15,685.60	GTQ	16,731.12	GTQ	17,776.64	GTQ	18,822.16	GTQ	19,867.68	GTQ	20,913.20		
<b>Total antes de impuestos</b>	GTQ	765,408.89	GTQ	35,371.16	GTQ	72,819.91	GTQ	45,748.01	GTQ	100,792.10	GTQ	99,317.29	GTQ	120,350.91	GTQ	121,043.79	GTQ	122,901.41	GTQ	125,985.07	GTQ	130,359.31	GTQ	136,092.05	GTQ	143,254.79
<b>Impuestos</b>	GTQ	85,466.92	GTQ	23,097.28	GTQ	28,397.18	GTQ	33,642.13	GTQ	36,014.60	GTQ	36,014.60	GTQ	38,387.07	GTQ	41,219.54	GTQ	43,772.01	GTQ	46,324.48	GTQ	48,876.95	GTQ	51,429.42	GTQ	53,981.89
<b>Flujo de efectivo</b>	GTQ	850,875.81	GTQ	10,473.88	GTQ	44,122.73	GTQ	12,125.88	GTQ	67,149.97	GTQ	63,112.69	GTQ	84,336.32	GTQ	82,456.72	GTQ	81,741.87	GTQ	82,253.06	GTQ	84,054.83	GTQ	87,215.10	GTQ	91,805.36
<b>Flujo acumulado</b>	GTQ	850,875.81	GTQ	849,401.93	GTQ	796,479.21	GTQ	783,933.32	GTQ	716,603.35	GTQ	633,490.68	GTQ	568,934.83	GTQ	486,497.61	GTQ	404,755.74	GTQ	322,502.70	GTQ	238,447.88	GTQ	153,232.78	GTQ	59,427.42

Nota:

En el primer año de producción se considera un precio de introducción, para los primeros tres meses.

**Cuadro 71- Flujo de efectivo del primer año de producción para la propuesta 2**

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12													
<b>Ingresos</b>																										
Ventas	GTQ	292,818.288	GTQ	308,229.776	GTQ	324,452.396	GTQ	379,476.487	GTQ	399,448.933	GTQ	420,472.561	GTQ	442,602.696	GTQ	465,897.575	GTQ	490,418.500	GTQ	516,230.000	GTQ	543,400.000	GTQ	572,000.000		
<b>Costos</b>																										
Inversión inicial maquinaria	GTQ	1,995,858.19																								
Importación maquinaria	GTQ	74,702.97																								
Inversión inicial servicios auxiliares	GTQ	44,715.58																								
Materia prima	GTQ	55,171.73	GTQ	50,574.09	GTQ	59,769.38	GTQ	59,769.38	GTQ	64,367.02	GTQ	64,367.02	GTQ	68,964.67	GTQ	73,562.31	GTQ	78,159.96	GTQ	82,757.60	GTQ	87,355.25	GTQ	91,952.89		
Materia de empaque	GTQ	142,305.11	GTQ	130,446.35	GTQ	154,163.87	GTQ	154,163.87	GTQ	166,022.63	GTQ	166,022.63	GTQ	177,881.39	GTQ	189,740.15	GTQ	201,598.91	GTQ	213,457.67	GTQ	225,316.43	GTQ	237,175.19		
Aire filtrado y seco	GTQ	1,889.42	GTQ	1,695.62	GTQ	2,003.90	GTQ	2,003.90	GTQ	2,158.07	GTQ	2,158.07	GTQ	2,312.22	GTQ	2,466.36	GTQ	2,620.51	GTQ	2,774.66	GTQ	2,928.81	GTQ	3,082.95		
Energía eléctrica	GTQ	343.52	GTQ	288.48	GTQ	340.25	GTQ	340.25	GTQ	367.15	GTQ	367.15	GTQ	393.38	GTQ	419.60	GTQ	445.83	GTQ	472.05	GTQ	498.28	GTQ	524.50		
Mano de obra	GTQ	9,541.22	GTQ	8,746.12	GTQ	10,336.32	GTQ	10,336.32	GTQ	11,131.42	GTQ	11,131.42	GTQ	11,926.52	GTQ	12,721.62	GTQ	13,516.72	GTQ	14,311.82	GTQ	15,106.92	GTQ	15,902.02		
<b>Gastos</b>																										
Administrativos	GTQ	8,367.80	GTQ	7,670.03	GTQ	9,064.58	GTQ	9,064.58	GTQ	9,761.85	GTQ	9,761.85	GTQ	10,459.13	GTQ	11,156.40	GTQ	11,853.68	GTQ	12,550.95	GTQ	13,248.23	GTQ	13,945.50		
Financieros	GTQ	16,453.20	GTQ	9,387.53	GTQ	11,339.72	GTQ	11,339.72	GTQ	12,202.32	GTQ	12,202.32	GTQ	13,073.91	GTQ	13,945.50	GTQ	14,817.10	GTQ	15,688.69	GTQ	16,560.28	GTQ	17,431.88		
Distribución	GTQ	16,734.60	GTQ	15,340.05	GTQ	18,129.15	GTQ	18,129.15	GTQ	19,523.70	GTQ	19,523.70	GTQ	20,918.25	GTQ	22,312.80	GTQ	23,707.35	GTQ	25,101.90	GTQ	26,496.45	GTQ	27,891.01		
Marketing (Publicidad)	GTQ	17,550.95	GTQ	11,605.04	GTQ	13,596.87	GTQ	13,596.87	GTQ	14,642.78	GTQ	14,642.78	GTQ	15,688.69	GTQ	16,734.60	GTQ	17,780.52	GTQ	18,826.43	GTQ	19,872.34	GTQ	20,918.25		
<b>Total antes de impuestos</b>	GTQ	2,115,276.74	GTQ	35,327.77	GTQ	72,376.46	GTQ	45,716.66	GTQ	100,740.75	GTQ	99,271.99	GTQ	120,295.62	GTQ	120,988.54	GTQ	122,838.21	GTQ	125,973.93	GTQ	130,288.22	GTQ	136,071.01	GTQ	143,175.80
<b>Impuestos</b>	GTQ	242,817.38	GTQ	25,301.80	GTQ	33,448.29	GTQ	33,448.29	GTQ	36,021.29	GTQ	36,021.29	GTQ	38,594.18	GTQ	41,167.12	GTQ	43,740.07	GTQ	46,312.92	GTQ	48,885.86	GTQ	51,458.80	GTQ	53,981.89
<b>Flujo de efectivo</b>	GTQ	2,357,094.09	GTQ	10,425.97	GTQ	40,928.17	GTQ	12,268.38	GTQ	67,292.47	GTQ	63,250.70	GTQ	84,274.39	GTQ	82,390.37	GTQ	81,671.09	GTQ	82,570.01	GTQ	84,702.16	GTQ	88,132.21	GTQ	92,193.91
<b>Flujo acumulado</b>	GTQ	2,357,094.09	GTQ	2,347,272.23	GTQ	2,306,198.16	GTQ	2,290,929.78	GTQ	2,223,637.32	GTQ	2,160,386.56	GTQ	2,076,112.18	GTQ	1,993,721.81	GTQ	1,912,050.72	GTQ	1,829,872.86	GTQ	1,745,897.66	GTQ	1,658,766.61	GTQ	1,567,000.72

Nota:

En el primer año de producción se considera un precio de introducción, para los primeros tres meses.

**Cuadro 72- Costos de inversión equipo principal (Propuesta 1)**

No.	Descripción	Cantidad	Precio (Q)	Costo de importación (Q)	Impuestos de importación
1	Tanque agitado de 2300 L (incluye moto reductor y agitador)	1	GTQ 72,624.01	GTQ 14,871.33	GTQ 15,977.28
2	Llenadora de pistón	1	GTQ 181,772.74		GTQ 21,812.73
3	Taponadora	1	GTQ 201,110.26		GTQ 24,133.23
4	Etiquetadora	1	GTQ 91,659.87		GTQ 10,999.18
5	Banda transportadora	3	GTQ 2,320.50	GTQ 91,799.64	GTQ 835.38
6	Banda transportadora 90°	2	GTQ 3,867.51		GTQ 928.20
7	Mesa con banda transportadora, para encajado	1	GTQ 20,497.78		GTQ 2,459.73
8	Repuestos	1	GTQ 28,692.63		GTQ 3,443.12

Nota:

Los costos de instalación de equipo se estimaron a partir de un porcentaje confidencial proporcionado por la empresa

**Cuadro 73-** Costos de inversión equipo principal (Propuesta 1)

No.	Descripción	Cantidad	Precio (Q)	Costo de importación (Q)	Impuestos de importación
1	Tanque agitado de 2300 L (incluye moto reductor y agitador)	1	GTQ 72,624.01	GTQ 14,871.33	GTQ 15,977.28
2	Llenadora de pistón	1	GTQ 718,886.22		GTQ 86,266.35
3	Taponadora	1	GTQ 724,325.46		GTQ 86,919.06
4	Etiquetadora	1	GTQ 300,064.74		GTQ 36,007.77
5	Banda transportadora	1	GTQ 14,051.37	GTQ 59,831.64	GTQ 1,686.16
6	Banda transportadora 90°	2	GTQ 16,861.64		GTQ 4,046.79
7	Mesa con banda transportadora, para encajado	1	GTQ 28,102.74		GTQ 3,372.33
8	Repuestos	1	GTQ 27,196.20		GTQ 3,263.54

Nota:

Los costos de instalación de equipo se estimaron a partir de un porcentaje confidencial proporcionado por la empresa

**Cuadro 74-** Costo de inversión de equipo nacional (servicios auxiliares, tuberías)

No.	Descripción	Cantidad	Precio (Q)	Total sin impuestos (Q)	IVA
1	Bomba desplazamiento positivo tipo doble diafragma de tanque de mezcla a reservorio	1	GTQ 10,699.11	GTQ 10,699.11	GTQ 1,283.89
2	Bomba desplazamiento positivo tipo doble diafragma de tanque reservorio a llenadora	1	GTQ 13,984.82	GTQ 13,984.82	GTQ 1,678.18
3	Tubo PVC 40 mm (1 1/2 in) (6 m/u)	6	GTQ 71.43	GTQ 428.57	GTQ 51.43
4	Unión recta PVC 40 mm (1 1/2 in)	2	GTQ 4.91	GTQ 9.82	GTQ 1.18
5	Unión T PVC 40 mm (1 1/2 in)	2	GTQ 25.00	GTQ 50.00	GTQ 6.00
6	Codo PVC 90° 40 mm (1 1/2 in)	10	GTQ 15.18	GTQ 151.79	GTQ 18.21
7	Válvula de bola PVC 40 mm (1 1/2 in)	4	GTQ 84.82	GTQ 339.29	GTQ 40.71
8	Tubo PVC 25 mm (1 in) (6 m/u)	3	GTQ 40.18	GTQ 120.54	GTQ 14.46

Continuación

9	Unión recta PVC 25 mm (1 in)	1	GTQ 1.96	GTQ 1.96	GTQ 0.24
10	Unión T PVC - 25 mm (1 in)	1	GTQ 11.07	GTQ 11.07	GTQ 1.33
11	Codo PVC 90° - 25 mm (1 in)	1	GTQ 6.61	GTQ 6.61	GTQ 0.79
12	Válvula de bola PVC - 25 mm (1 in)	1	GTQ 58.04	GTQ 58.04	GTQ 6.96
13	Tubo Acero inoxidable 316L - 25 mm (1 in) (6 m/u)	4	GTQ 124.11	GTQ 496.43	GTQ 59.57
14	Unión recta Acero inoxidable 316L - 25 mm (1 in)	2	GTQ 49.11	GTQ 98.21	GTQ 11.79
15	Codo 90° Acero inoxidable 316L - 25 mm (1 in)	8	GTQ 49.11	GTQ 392.86	GTQ 47.14
16	Válvula de bola Acero inoxidable 316 L- 25 mm (1 in)	4	GTQ 991.07	GTQ 3,964.29	GTQ 475.71
17	Válvula de cheque Acero inoxidable 316L - 25 mm (1 in)	2	GTQ 160.71	GTQ 321.43	GTQ 38.57
18	Tubería pincipal aire comprimido 40mm (1 1/2 in) (6 m/u)	5	GTQ 764.99	GTQ 3,824.96	GTQ 459.00
19	Unión recta aire comprimido 40 mm (1 1/2 in)	3	GTQ 197.24	GTQ 591.73	GTQ 71.01
20	Unión T aire comprimido 40 mm (1 1/2 in)	3	GTQ 23.21	GTQ 69.62	GTQ 8.35
21	Derivación 40 mm a 25 mm (1 1/2 a 1 in)	4	GTQ 276.99	GTQ 1,107.96	GTQ 132.96
22	Tapón 40 mm ( 1 1/2 in)	1	GTQ 129.87	GTQ 129.87	GTQ 15.58
23	Tubería pincipal aire comprimido 25 mm (1 in) (6 m/u)	3	GTQ 399.05	GTQ 1,197.15	GTQ 143.66
24	Unión recta aire comprimido 25 mm (1 in)	1	GTQ 93.36	GTQ 93.36	GTQ 11.20
25	Válvula de aguja 25 mm (1 in)	4	GTQ 293.39	GTQ 1,173.56	GTQ 140.83
26	Cable calibre 10	225	GTQ 5.90	GTQ 1,327.50	GTQ 159.30
27	Raspador cloro gel 50 mm	1	GTQ 348.21	GTQ 348.21	GTQ 41.79
28	Cubeta plástica	8	GTQ 26.79	GTQ 214.29	GTQ 25.71

**Cuadro 75-** Costos de materia prima por lote de producción

Materia prima	% m/m	Masa utilizada (kg)	Costo por kilogramo	Costo / lote	IVA
Agua desmineralizada	61.77%	1388.0	GTQ 0.29	GTQ 402.51	GTQ 48.30
Surfactante A	3.50%	78.6	GTQ 9.70	GTQ 762.62	GTQ 91.51
Surfactante B	0.30%	6.7	GTQ 59.44	GTQ 400.66	GTQ 48.08
Agente viscosante A	1.23%	27.6	GTQ 17.94	GTQ 495.83	GTQ 59.50
Solución acuosa NaOH (50 % m/m)	1.00%	22.5	GTQ 2.96	GTQ 66.60	GTQ 7.99
Hipoclorito de sodio (Solución acuosa al 12% m/m)	32.00%	719.0	GTQ 2.02	GTQ 1,451.02	GTQ 174.12
Fragancia	0.20%	4.5	GTQ 117.00	GTQ 525.80	GTQ 63.10
Total	100.00%	2247.0	---	GTQ 4,597.64	GTQ 492.60

**Cuadro 76-** Costos de material de empaque por lote de producción de cloro gel

Material de empaque	Unidades	Costo por unidad	Costo / lote	Impuestos
Envase	4063	GTQ 1.11	GTQ 4,509.93	GTQ 541.19
Etiquetas	4063	GTQ 0.75	GTQ 3,047.25	GTQ 365.67
Tapa	4063	GTQ 0.28	GTQ 1,137.64	GTQ 136.52
Inserto	4063	GTQ 0.20	GTQ 812.60	GTQ 97.51
Caja l	4063	GTQ 0.27	GTQ 1,080.76	GTQ 129.69
Total	---	GTQ 2.61	GTQ 11,858.76	GTQ 1,423.05

**Cuadro 77-** Consumo energético de aire seco y filtrado por lote de producción (Propuesta 1)

Equipo	Consumo (CFM)	Potencia utilizada (kW)	Uso por lote (h)	Costo / lote	Impuestos
Llenadora	6.00	1.76	2.00	GTQ 3.94	GTQ 0.47
Taponadora	21.00	6.17	2.00	GTQ 13.78	GTQ 1.65
Bomba diafragma (NaOCl)	25.00	7.35	0.17	GTQ 1.39	GTQ 0.17
Bomba doble diafragma, tanque de mezcla a tanque reservorio	10.00	2.94	0.50	GTQ 1.64	GTQ 0.20
Bomba doble diafragma, tanque reservorio a llenadora	2.00	0.59	2.00	GTQ 1.31	GTQ 0.16
Total	64.00	18.82	6.67	GTQ 156.87	GTQ 18.82

Notas:

La relación de consumo energético y potencia fue proporcionada por estudios de eficiencia en los compresores de la empresa y permanece confidencial

**Cuadro 78-** Consumo energético de aire seco y filtrado por lote de producción (Propuesta 2)

Equipo	Consumo (CFM)	Potencia utilizada (kW)	Uso por lote (h)	Costo / lote	Impuestos
Llenadora	5.89	1.73	2.00	GTQ 3.87	GTQ 0.46
Taponadora	20.00	5.88	2.00	GTQ 13.12	GTQ 1.57
Bomba diafragma (NaOCl)	25.00	7.35	0.17	GTQ 1.39	GTQ 0.17
Bomba doble diafragma, tanque de mezcla a tanque reservorio	10.00	2.94	0.50	GTQ 1.64	GTQ 0.20
Bomba doble diafragma, tanque reservorio a llenadora	2.00	0.59	2.00	GTQ 1.31	GTQ 0.16
Total	62.89	18.49	6.67	GTQ 154.15	GTQ 18.50

Notas:

La relación de consumo energético y potencia fue proporcionada por estudios de eficiencia en los compresores de la empresa y permanece confidencial

**Cuadro 79-** Consumo energético de electricidad por lote de producción (Propuesta 1)

Equipo	Potencia utilizada (kW)	Uso por lote (h)	Costo / lote	Impuestos
Tanque agitado	1.49	1.00	GTQ 1.66	GTQ 0.20
Llenadora	2.50	2.00	GTQ 5.58	GTQ 0.67
Taponadora	2.00	2.00	GTQ 4.46	GTQ 0.54
Etiquetadora	2.50	2.00	GTQ 5.58	GTQ 0.67
Bomba centrífuga	1.49	0.50	GTQ 0.83	GTQ 0.10
Total	9.98	7.50	GTQ 20.29	GTQ 2.44

Nota:

El costo energético tomado fue de 1.116 Q/kWh según información del EGGSA, para pequeños consumidores

**Cuadro 80-** Consumo energético de electricidad por lote de producción (Propuesta 2)

Equipo	Potencia utilizada (kW)	Uso por lote (h)	Costo / lote	Impuestos
Tanque agitado	1.49	1.00	GTQ 1.66	GTQ 0.20
Llenadora	3.00	2.00	GTQ 6.70	GTQ 0.80
Taponadora	3.00	2.00	GTQ 6.70	GTQ 0.80
Etiquetadora	3.00	2.00	GTQ 6.70	GTQ 0.80
Bomba centrífuga	2.98	0.50	GTQ 1.66	GTQ 0.20
<b>Total</b>	<b>13.47</b>	<b>7.50</b>	<b>GTQ 26.23</b>	<b>GTQ 3.15</b>

Nota:

El costo energético tomado fue de 1.116 Q/kWh según información del EGGSA, para pequeños consumidores

**Cuadro 81-** Salario mínimo promedio por hora de trabajo diurno  
Mano de obra

Salario mínimo Guatemala	GTQ	2,825.10	mensual
Bono 14	GTQ	2,825.10	anual
Aguinaldo	GTQ	2,825.10	anual
IGGS + IRTRA	GTQ	127.13	mensual
Bonificación incentivo	GTQ	250.00	anual
Indemnización	GTQ	2,825.10	anual
Salario mínimo anual promedio	GTQ	46,902.05	/mes
Salario mínimo diario promedio	GTQ	156.34	/día
Salario mínimo hora promedio	GTQ	19.54	/hora

Nota:

Se calculó el salario mínimo promedio a partir del acuerdo gubernativo 250-2020

**Cuadro 82-** Salarios propuestos a trabajadores de la línea de producción

Proceso	Cantidad de personas	Salario por hora (Q/h)	Salario por hora total
Metrología	1	GTQ 25.41	GTQ 25.41
Mezcla	1	GTQ 25.41	GTQ 25.41
Operador de línea de llenado	1	GTQ 25.41	GTQ 25.41
Llenadora	1	GTQ 19.54	GTQ 19.54
Taponadora y etiquetadora	1	GTQ 19.54	GTQ 19.54
Encajado	3	GTQ 19.54	GTQ 58.63

Nota: Se determinó la cantidad de personas necesarias a partir del diagrama de ocupación



## J. Cálculos de muestra

### **Cálculo 1** Balance de masa y energía en el tanque de mezcla

Se partió del volumen del tanque reservorio disponible en la empresa (2.068 m<sup>3</sup>)

$$\text{Masa cloro gel por lote} = 2068 \text{ L} \left( 1.07 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \right) = 2213.3 \text{ kg cloro gel/lote}$$

Este valor calculado se utilizó como salidas en el proceso de mezcla

$$\text{Entradas} = \text{Salidas} + \text{Merma}$$

Utilizando la merma calculada en el Cuadro 31 de 1.50% se determinó la siguiente relación

$$\begin{aligned} \text{Entradas} &= \text{Salidas} + (1.50\%) \text{Entradas} \\ \text{Entradas} &= \frac{2213.3 \text{ kg cloro } \frac{\text{gel}}{\text{lote}}}{98.5\%} = 2247.0 \text{ kg cloro } \frac{\text{gel}}{\text{lote}} \end{aligned}$$

Se realizó el cálculo de los kilogramos de merma en el tanque de mezcla

$$\text{Merma} = 1.50\% \left( 2247.00 \text{ kg } \frac{\text{gel}}{\text{lote}} \right) = 33.70 \text{ kg cloro gel/lote}$$

Tal como se muestra en la Figura 32

Se determinó el calor de disolución como una mezcla binaria hidróxido de sodio en agua en el tanque agitado, ya que en las pruebas a escala laboratorio fue el único que aumentó la temperatura de la solución. Para el cálculo de calor de disolución se utilizó la Figura 3:

$$\begin{aligned} \Delta H &= Q \\ Q &= m_3 H_3 - (m_1 H_1 + m_2 H_2) \end{aligned}$$

Utilizando la masa que ingresa al sistema de agua e hidróxido de sodio (1387.97 kg H<sub>2</sub>O y 22.47 kg de NaOH) y tomando como referencia la temperatura inicial del proceso a 20 °C y la final

a 21.8 °C (según el Cuadro 39). Se determinó la entalpia H3= 104.67 kJ/kg H1 = 302.38 kJ/kg y H2= 96.41 kJ/kg

$$Q = 1410.44 \text{ kg} \left( 104.67 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) - ((137.97 \text{ kg H}_2\text{O}) \left( 96.41 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) + (22.47 \text{ kg NaOH}) \left( 96.41 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right))$$

$$Q = 7121 \text{ kJ}$$

### Cálculo 2 Balance de masa en el tanque reservorio

$$\text{Entradas} = \text{Salidas} + \text{Merma}$$

$$\text{Merma} = \text{Merma tanque} + \text{Merma tuberías}$$

$$\text{Merma} = 1.5\% * 2213.3 \text{ kg} + \pi(0.0261 \text{ m})(4.212 \text{ m})(1.14 * \frac{10^{-5} \text{ kg}}{\text{m}^2})$$

$$\text{Merma} = 33.20 \text{ kg cloro} \frac{\text{gel}}{\text{lote}}$$

$$\text{Salidas} = 2213.3 \frac{\text{kg}}{\text{lote}} - 33.2 \text{ kg/lote}$$

### Cálculo 3 Balance de masa llenadora

$$\text{Entradas} = \text{Salidas} + \text{Merma}$$

$$\text{Merma} = (\text{Área cabezas de llenado}) * (\text{Cabezas de llenado}) * \frac{\text{Merma}}{\text{área superficial}}$$

$$+ (\text{Área de tubería}) * \frac{\text{Merma}}{\text{área superficial}} + (\text{cabezas de llenado})$$

$$* (\text{calibración de equipo}) * \left( \frac{0.5 \text{ L cloro gel}}{\frac{1.07 \text{ kg}}{\text{L}}} \right)$$

Donde:

El área de las cabezas de llenado se determinó utilizando 2.54 cm de diámetro por cabeza y una altura de 10 cm. Las cabezas de llenado de los equipos son 8. El área de la tubería se determinó a partir del diámetro (0.0261 m) y la longitud de la misma (10 m) El valor de merma/área superficial empleado es de  $1.14(10^{-5}) \text{ kg cloro gel/m}^2$ . Se tomó como calibración un valor de 1.5 veces las cabezas de llenado.

$$\text{Merma} = 6.42 \text{ kg de cloro} \frac{\text{gel}}{\text{lote}}$$

#### Cálculo 4 Dimensionamiento de tanque agitado

Se determinó el volumen del tanque agitado a partir del balance de masa en la etapa de mezcla, donde se calculó una entrada de 2247.0 kg cloro gel/lote. La densidad del cloro gel es de  $1.070 \pm 0.003$  kg/L.

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{2247.0 \text{ kg cloro gel}}{1.070 \text{ kg cloro gel/L}} = 2100 \text{ L} = 2.100 \text{ m}^3$$

A partir de la evaluación de altura cloro gel y agitación se determinó que la relación entre el diámetro y alto de 1.10, utilizando como factor de seguridad para evitar rebalse 1.30. Se realizó lo siguiente:

$$h = (2r)(1.3) = 1.3D$$

La ecuación de un cilindro será:

$$V = \pi hr^2 = \frac{\pi D^3}{4}$$

Despejando al diámetro:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times V}{\pi \times 1.0}} = 1.388 \text{ m}$$

Calculando la altura con el factor de seguridad de 1.30

$$h = 1.300 \times 1.388 \text{ m} = 1.735 \text{ m}$$

Para el cálculo del agitador se utilizó la norma DIN 28131 para agitador de propela. Se utilizó las siguientes relaciones entre diámetro del tanque y características del agitador.

$$\text{Diámetro total del agitador} = 0.3 \times D = 0.4164 \text{ m}$$

$$\text{Distancia del fondo del tanque al centro del agitador} = \text{Diámetro del agit} = 0.4164 \text{ m}$$

$$\text{Ancho de placas deflectoras} = 0.1 \times D = 0.1388 \text{ m}$$

$$\text{Espaciado de placas deflectoras} = 0.02 \times D = 0.0278 \text{ m}$$

La norma DIN 28131 recomienda el uso de tres o más propela, dos o más placas deflectoras y un ángulo de  $25^\circ$  para las propelas. Se recomienda este cuando se realiza el mezclado a una

velocidad lineal en un rango entre 2 – 15 m/s y viscosidades de hasta 8,000 mPa.s. Se seleccionó tres placas deflectoras para este tanque, colocadas equidistantemente en la circunferencia del mismo.

### Cálculo 5 de potencia de agitador

Utilizando la densidad del fluido tipo cloro gel a 20 °C a una densidad de 1070 kg/m<sup>3</sup> y una viscosidad de 2 kg/m.s (2000 cP) como la más alta en el proceso de agitación. Las velocidad de giro utilizada fue de 160 rpm y el diámetro del agitador fue el calculado previamente.

$$Re = \frac{nD_a^2\rho}{\mu}$$

Donde:

$n =$  Revoluciones por segundo (1/s)

$D_a =$  Diámetro del agitador (m)

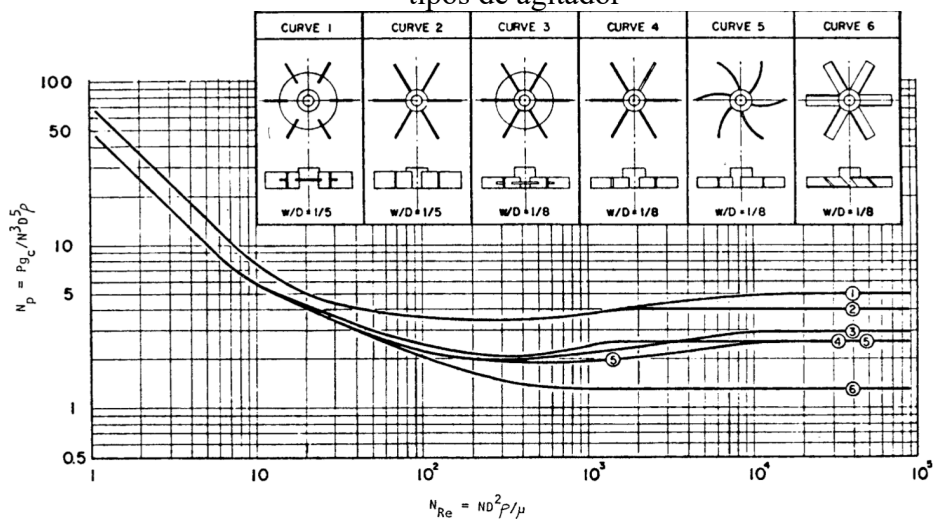
$\rho =$  Densidad del fluido

$\mu =$  Viscosidad del fluido

$$Re = \frac{\left(\frac{2.66}{s}\right) (0.4627m)^2 (1070 \text{ kg/m}^3)}{2 \text{ kg/m.s}} = 3.05 \times 10^2$$

Utilizando la siguiente Figura:

**Figura 52-** Número de potencia  $N_p$  contra número de Reynolds para distintos tipos de agitador



(McCabe, 2007)

Para dicho número de Reynolds y utilizando la curva 4 para agitador tipo propela con placas deflectoras el número de potencia es 2.0

$$W = \text{Potencia} = N_p n^3 D_a^5 \rho$$

$$P = \text{Trabajo realizado por el motor} \left( \frac{J}{s} \right)$$

$$N_p = \text{Número de potencia}$$

$$n = \text{Revoluciones por segundo (1/s)}$$

$$D_a = \text{Diámetro del agitador (m)}$$

$$\rho = \text{Densidad del fluido}$$

Utilizando las propiedades fisicoquímicas del cloro tipo gel a 20 °C mencionadas previamente:

$$W = (2.0) \left( \frac{2.66}{s} \right)^3 (0.4627m)^5 \left( 1070 \frac{kg}{m^3} \right) = 860.2 \frac{J}{s} = 1.15 hp \approx 1.5 hp$$

### Cálculo 6 Potencia para bombas

- Bomba centrífuga de agua desmineralizada hacia el tanque agitado

A partir de la Figura 28 se determinó el tramo de tubería. Las densidad del fluido a 20 °C es 998.2 kg/m<sup>3</sup> y la viscosidad 0.00101 kg/m.s.

**Cuadro 83-** Tramo de tubería de agua desmineralizada  
**Tubería empleada**

Material	PVC y plásticos
Coefficiente tubería máximo (mm)	0.007
Diámetro nominal	1.5
Catálogo	40
Diámetro interno (in)	1.59
Diámetro interno (m)	0.0403
Área superficial (m <sup>2</sup> )	0.00128
Longitud de tubería total (m)	31.301
Alto descarga agua(m)	2.8
Alto carga a bomba (m)	0.5

El alto de carga de la bomba se determinó a partir del tanque reservorio de agua desmineralizada y la capacidad mínima que se utiliza en este. Donde con un volumen mínimo de 5 m<sup>3</sup> y un radio de 1.16 m, se calculó la altura de descarga disponible:

$$h = \frac{5 \text{ m}^3}{\pi \times (1.16 \text{ m})^2} = 1.18 \text{ m}$$

Calculando la velocidad lineal a llenar el tanque agitado con un tiempo esperado de 10 min y un volumen necesario de 1.391 m<sup>3</sup> para la formulación

$$q = \frac{1.391 \text{ m}^3}{10 \text{ min} \times \left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}\right)} = 2.318 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Utilizando el área superficial interna de la tubería mencionado previamente

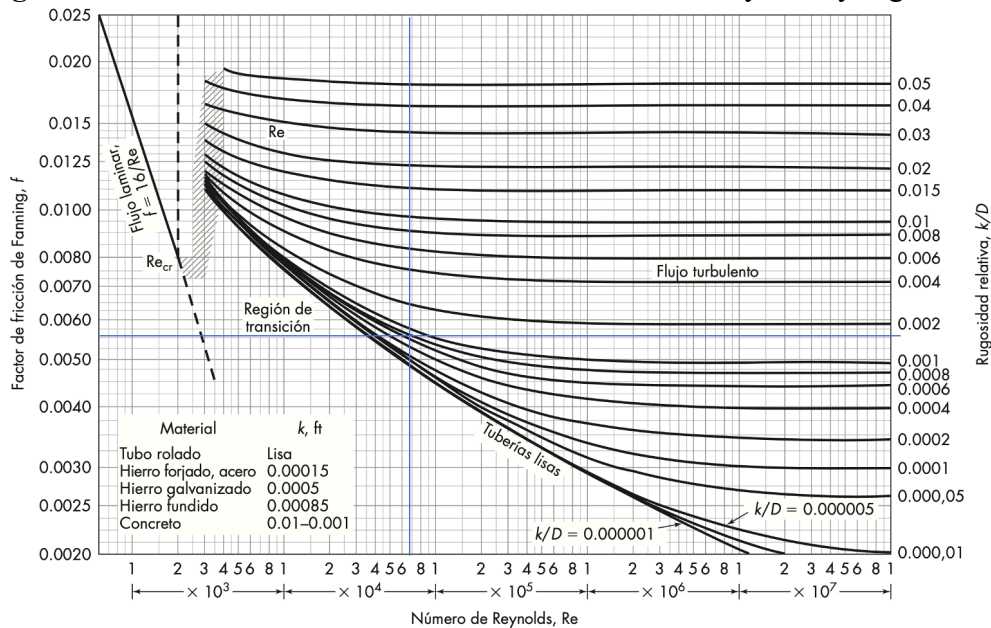
$$u = \frac{2.318 \times \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{\text{s}}}{0.00128 \text{ m}^2} = 1.809 \text{ m/s}$$

Calculando el número de Reynolds:

$$Re = \frac{ud\rho}{\mu} = \frac{(1.809 \frac{\text{m}}{\text{s}})(0.0404 \text{ m})(998.176 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}{0.00101 \text{ kg/m} \times \text{s}} = 7.21 \times 10^4$$

Utilizando como rugosidad relativa para tubería de PVC 0.00173 (k/d)

**Figura 53-** Fricción en tubería versus número de Reynolds y rugosidad relativa



(McCabe,2007)

A partir del diagrama de Moody se determinó un factor de fricción  $f = 0.00525$

Los accesorios empleados en este tramo de tubería son los siguientes:

**Cuadro 84-** Accesorios utilizados para el tramo de tubería de agua desmineralizada a tanque agitado

Cantidad de accesorios	Tipo de accesorio	kf	L/D
1	Medidor de flujo turbina	6	299.8
2	Válvula bola (100% abierta)	0.05	2.2
1	Te estándar, en recorrido con ramal cerrado	0.4	19.7
7	Codo 90 estándar	0.75	37.2
1	Unión	0.04	1.7

Aplicando la ecuación de Bernoulli entre el punto de carga (tanque reservorio de agua desmineralizada) y el punto de descarga (tanque agitado) y tomando en cuenta un valor de alfa de 1.02 por ser un fluido turbulento.

$$\frac{P_A}{\rho} + gZ_a + \frac{\alpha u_a^2}{2} + \eta W_p = \frac{P_B}{\rho} + gZ_b + \frac{\alpha u_b^2}{2} + h_f$$

Considerando que la velocidad en la descarga del tanque es 0 m/s, ambos tanques se encuentran a la misma presión se obtiene lo siguiente:

$$\eta W_p = g(Z_b - Z_a) + \frac{\alpha u_b^2}{2} \left( \frac{4fL}{D} \times k_f + 1 \right)$$

$$\eta W_p = \frac{9.8m}{s^2} \times (2.8m - 1.2m) + \frac{(1.02) \left(1.81 \frac{m}{s}\right)^2}{2} \left( \frac{4 \times 0.0053 \times 31.30m}{0.0403m} \times 11.9 + 1 \right)$$

$$= 326.8 W$$

Asumiendo una eficiencia de la bomba del 80%

$$W_p = \frac{326.8W}{80\%} = 408.5 W = 0.548 hp \approx 0.75 hp$$

Tomando como referencia la bomba centrífuga instalada actualmente de 3 hp, si se puede impulsar la solución de agua desmineralizada al tanque agitado con esta misma bomba.

- Bomba desplazamiento positivo para impulsar solución de hipoclorito de sodio (12 % m/m) desde el tanque reservorio de hipoclorito de sodio hacia el tanque agitado

A partir de la Figura 28 se determinó el tramo de tubería. La densidad del fluido a 20 °C es 1170 kg/m<sup>3</sup> y la viscosidad 0.0035 kg/m.s.

**Cuadro 85-**

Tramo de tubería de solución de hipoclorito de sodio (12 % m/m)

<b>Tubería empleada</b>	
Material	PVC y plásticos
Coeficiente tubería máximo (mm)	0.0070
Diámetro nominal	1.5000
Catálogo	40
Diámetro interno (in)	1.5900
Diámetro interno (m)	0.0404
Área superficial (m <sup>2</sup> )	0.0013
Alto descarga agua(m)	2.8000
Alto carga a bomba (m)	0.5000
Longitud de tubería total (m)	30.729

El alto de carga de la bomba se determinó a partir del tanque reservorio de hipoclorito de sodio (12% m/m) y la capacidad mínima que se utiliza en este. Donde con un volumen mínimo de 0.5 m<sup>3</sup> y un radio de 1.16 m, se calculó la altura de carga disponible:

$$h = \frac{0.5 \text{ m}^3}{\pi \times (1.16 \text{ m})^2} = 0.12 \text{ m}$$

Calculando la velocidad lineal a llenar el tanque agitado con un tiempo esperado de 5 min y un volumen necesario de 0.615 m<sup>3</sup> para la formulación

$$q = \frac{0.615 \text{ m}^3}{5 \text{ min} \times \left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}\right)} = 2.049 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Utilizando el área superficial interna de la tubería mencionado previamente

$$u = \frac{2.049 \times \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{\text{s}}}{0.00128 \text{ m}^2} = 1.599 \text{ m/s}$$

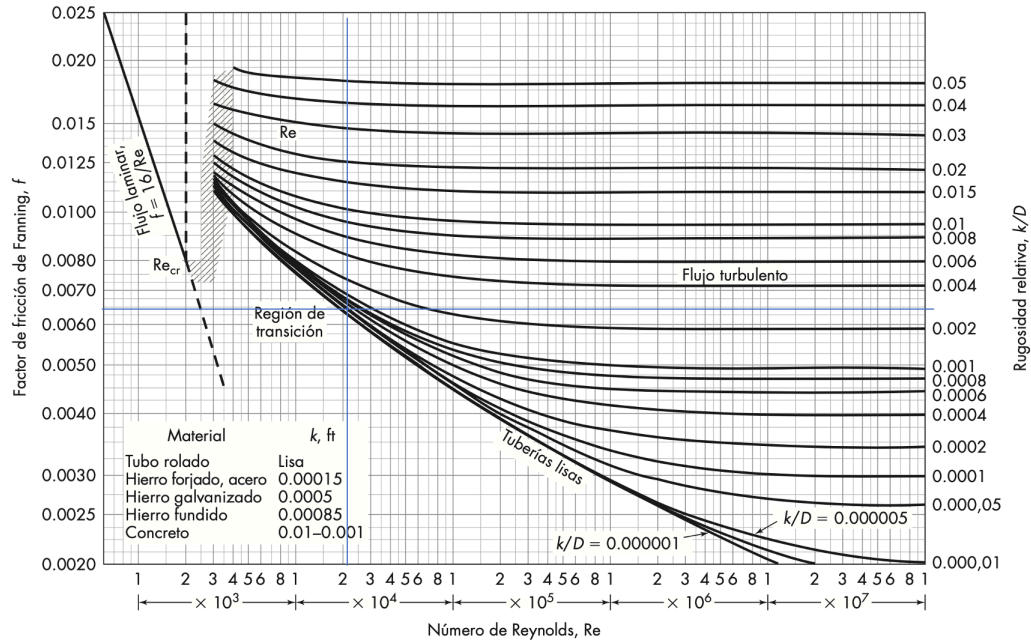
Calculando el número de Reynolds:

$$Re = \frac{ud\rho}{\mu} = \frac{(1.599 \frac{\text{m}}{\text{s}})(0.0404 \text{ m})(1170 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}{0.0035 \text{ kg/m} \times \text{s}} = 2.16 \times 10^4$$

Utilizando como rugosidad relativa para tubería de PVC 0.00173 (k/d)



**Figura 54-** Fricción en tubería versus número de Reynolds y rugosidad relativa



(McCabe, 2007)

A partir del diagrama de Moody se determinó un factor de fricción  $f = 0.0065$

Los accesorios empleados en este tramo de tubería son los siguientes:

**Cuadro 86-** Accesorios utilizados para el tramo de tubería de solución de hipoclorito de sodio de tanque reservorio a tanque agitado

Cantidad de accesorios	Tipo de accesorio	kf (total)	L/D
1	Medidor de flujo turbina	6	299.8
2	Válvula bola (100% abierta)	0.05	2.2
1	Te estándar, en recorrido con ramal cerrado	0.4	19.7
8	Codo 90 estándar	0.75	37.2
1	Unión	0.04	1.7

Aplicando la ecuación de Bernoulli entre el punto de carga (tanque reservorio de solución de hipoclorito de sodio 12 % m/m) y el punto de descarga (tanque agitado) y tomando en cuenta un valor de alfa de 1.02 por ser turbulento.

$$\frac{P_A}{\rho} + gZ_a + \frac{\alpha u_a^2}{2} + \eta W_p = \frac{P_A}{\rho} + gZ_a + \frac{\alpha u_b^2}{2} + h_f$$

Considerando que la velocidad en la descarga del tanque es 0 m/s, ambos tanques se encuentran a la misma presión se obtiene lo siguiente:

$$\eta W_p = g(Z_b - Z_a) + \frac{\alpha u_b^2}{2} \left( \frac{4fL}{D} \times k_f + 1 \right)$$

$$\eta W_p = \frac{9.8m}{s^2} \times (2.8m - 0.5m) + \frac{(1.02) \left( 1.60 \frac{m}{s} \right)^2}{2} \left( \frac{4 \times 0.0065 \times 30.73m}{0.0403m} \times 12.54 + 1 \right)$$

$$= 339.25 W$$

Asumiendo una eficiencia de la bomba del 80%

$$W_p = \frac{339.25 W}{80\%} = 424.1 W = 0.569 hp \approx 0.75 hp$$

Tomando como referencia la bomba de desplazamiento positivo instalada actualmente en la empresa. Esta tiene un flujo máximo de 157 L/min, cabeza máxima de 84 m. Se establece que si se puede utilizar para impulsar la solución de hipoclorito de sodio (12 % m/m) al tanque agitado.

- Bomba desplazamiento positivo para impulsar solución de cloro tipo gel formulado de tanque de mezcla a tanque reservorio

A partir de la Figura 28 se determinó el tramo de tubería. Las densidad del fluido a 20 °C es 1070 kg/m<sup>3</sup> y la viscosidad 1.98 kg/m.s.

**Cuadro 87-** Tramo de tubería de producto formulado tipo cloro gel

<b>Tubería empleada</b>	
Material	Acero inoxidable
Coeficiente tubería máximo (mm)	0.0015
Diámetro nominal	1
Catálogo	40
Diámetro interno (in)	1.029
Diámetro interno (m)	0.02614
Área superficial (m <sup>2</sup> )	0.0005365
Alto descarga (m)	1.758
Alto carga a bomba	0.0
Longitud de tubería total (m)	4.687

Calculando la velocidad lineal a llenar el tanque agitado con un tiempo esperado de 30 min y un volumen necesario de 2.069 m<sup>3</sup> para la formulación

$$q = \frac{2.069 m^3}{30 \text{ min} \times \left( \frac{60 s}{1 \text{ min}} \right)} = 1.149 \times 10^{-3} m^3/s$$

Utilizando el área superficial interna de la tubería mencionado previamente

$$u = \frac{1.149 \times \frac{10^{-3} m^3}{s}}{0.00053 m^2} = 2.142 m/s$$

Calculando el número de Reynolds:

$$Re = \frac{ud\rho}{\mu} = \frac{(2.142 \frac{m}{s})(0.0261 m)(1070 \frac{kg}{m^3})}{2000 kg/m \times s} = 3.00 \times 10^1$$

Por ser un fluido laminar se debe emplear la siguiente formula que relaciona  $f$  y el número de Reynolds

$$f = \frac{16}{Re} = \frac{16}{30} = 0.53$$

Los accesorios empleados en este tramo de tubería son los siguientes:

**Cuadro 88-** Accesorios utilizados para el tramo de tubería de solución de hipoclorito de sodio de tanque reservorio a tanque agitado

Cantidad de accesorios	Tipo de accesorio	kf	L/D
2	Válvula bola (100% abierta)	0.05	2.2
3	Codo 90 estándar	0.75	37.2
1	Válvula cheque compuerta/clapeta	2	99.7

Aplicando la ecuación de Bernoulli entre el punto de carga (tanque agitado) y el punto de descarga (tanque reservorio de producto) y tomando en cuenta un valor para alfa de 2 por ser un flujo laminar.

$$\frac{P_A}{\rho} + gZ_a + \frac{\alpha u_a^2}{2} + \eta W_p = \frac{P_B}{\rho} + gZ_b + \frac{\alpha u_b^2}{2} + h_f$$

Considerando que la velocidad en la descarga del tanque es 0 m/s, ambos tanques se encuentran a la misma presión se obtiene lo siguiente:

$$\eta W_p = g(Z_b - Z_a) + \frac{\alpha u_b^2}{2} \left( \frac{4fL}{D} \times k_f + 1 \right)$$

$$\eta W_p = \frac{9.8m}{s^2} \times (1.758 m - 0.0 m) + \frac{(2.00) \left( 2.142 \frac{m}{s} \right)^2}{2} \left( \frac{4 \times 0.53 \times 4.69m}{0.0261 m} \times 5.85 + 1 \right) = W$$

Asumiendo una eficiencia de la bomba del 80%

$$W_p = \frac{1659.1 W}{80\%} = 2073.8 W = 2.78 hp \approx 3 hp$$

Tomando en cuenta la potencia necesaria (3 hp), la velocidad lineal (1.428 m/s), el flujo másico (0.766 kg/s), el flujo volumétrico (0.766 L/s) y la cabeza de presión 1.758 m. Se cotizó una bomba que cumpla dichos requerimientos.

- Bomba desplazamiento positivo para impulsar solución de cloro tipo gel formulado de tanque reservorio a equipo de llenado

A partir de la Figura 28 se determinó el tramo de tubería. La densidad del fluido a 20 °C es 1070 kg/m<sup>3</sup> y la viscosidad 1.98 kg/m.s.

**Cuadro 89-** Tramo de tubería de producto formulado tipo cloro gel

<b>Tubería empleada</b>	
Material	Acero inoxidable
Coeficiente tubería máximo (mm)	0.0015
Diámetro nominal	1
Catálogo	40
Diámetro interno (in)	1.029
Diámetro interno (m)	0.0261
Área superficial (m <sup>2</sup> )	0.000536
Longitud de tubería total (m)	7919.0
Alto descarga agua(m)	0.0
Alto carga a bomba (m)	0.0

Calculando la velocidad lineal a llenar el tanque agitado con un tiempo de llenado de 120 min y un volumen por llenar de 2.037 m<sup>3</sup>

$$q = \frac{2.037 \text{ m}^3}{120 \text{ min} \times \left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}\right)} = 2.829 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Utilizando el área superficial interna de la tubería mencionado previamente

$$u = \frac{2.829 \times \frac{10^{-4} \text{ m}^3}{\text{s}}}{0.00053 \text{ m}^2} = 0.527 \text{ m/s}$$

Calculando el número de Reynolds:

$$Re = \frac{ud\rho}{\mu} = \frac{(0.527 \frac{\text{m}}{\text{s}})(0.0261 \text{ m})(1070 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}{2000 \text{ kg/m} \times \text{s}} = 7.38$$

Por ser un fluido laminar se debe emplear la siguiente formula que relaciona  $f$  y el número de Reynolds

$$f = \frac{16}{Re} = \frac{16}{7.38} = 2.17$$

Los accesorios empleados en este tramo de tubería son los siguientes:

**Cuadro 90-** Accesorios utilizados para el tramo de tubería de solución de hipoclorito de sodio de tanque reservorio a tanque agitado

Cantidad de accesorios	Tipo de accesorio	kf	L/D
2	Válvula bola (100% abierta)	0.05	2.2
3	Codo 90 estándar	0.75	37.2
1	Válvula cheque compuerta/clapeta	2	99.7

Aplicando la ecuación de Bernoulli entre el punto de carga (tanque agitado) y el punto de descarga (tanque reservorio de producto) y tomando en cuenta un valor para alfa de 2 por ser un flujo laminar.

$$\frac{P_A}{\rho} + gZ_a + \frac{\alpha u_a^2}{2} + \eta W_p = \frac{P_B}{\rho} + gZ_b + \frac{\alpha u_b^2}{2} + h_f$$

Considerando que la velocidad en la descarga del tanque es 0 m/s, ambos tanques se encuentran a la misma presión se obtiene lo siguiente:

$$\eta W_p = g(Z_b - Z_a) + \frac{\alpha u_b^2}{2} \left( \frac{4fL}{D} \times k_f + 1 \right)$$

$$\eta W_p = \frac{9.8m}{s^2} \times (0 m - 0.0 m) + \frac{(2.00) \left( 2.142 \frac{m}{s} \right)^2}{2} \left( \frac{4 \times 2.17 \times 4.69m}{0.0261 m} \times 5.82 + 1 \right)$$

$$= 1023.31 W$$

Asumiendo una eficiencia de la bomba del 80%

$$W_p = \frac{1023.31 W}{80\%} = 1279.1W = 1.71 hp \approx 2 hp$$

Tomando en cuenta la potencia necesaria (2 hp), la velocidad lineal (0.527 m/s), el flujo másico (0.283 kg/s), el flujo volumétrico (0.283 L/s). Se cotizó una bomba que cumpla dichos requerimientos.

### Cálculo 7 Corriente máxima de los motores

**Cuadro 91-** Corriente necesaria para los equipos propuestos

Equipo	Corriente propuesta 1 (A)	Corriente propuesta 2 (A)
Motor agitador	5	5
Llenadora	8.5	10.5
Taponadora	7.0	10.5
Etiquetadora	8.5	10.5

Nota:

La corriente necesaria para cada equipo fue proporcionada por la empresa donde se cotizó los equipos

Tomando en cuenta que los motores que accionan a los equipos cotizados son trifásicos, un factor de seguridad del 15 % y la corriente establecida para cada equipo, se determina con la siguiente ecuación:

$$I_{max} = 3 \times I \times (1 + \text{factor de seguridad } \%)$$

Para el motor del agitador:

$$I_{max} = 3 \times (5 A) \times (115\%) = 17.25 A$$

Se realizó ese mismo cálculo para cada uno de los equipos mencionados previamente y se determinó el cable necesario a partir del catálogo del proveedor.

### Cálculo 8 Estibado de cajas de producto terminado

Tomando en cuenta que las cajas de producto terminado tendrían 12 unidades de cloro gel (500 mL) y por tarima se pueden colocar 60 cajas, se calculó lo siguiente:

Volumen por tarima

$$V = (\text{Ancho})(\text{Largo})(\text{Alto})$$

$$V = (1.00 m)(1.200 m)(1.340 m) = 1.608 \frac{m^3}{\text{tarima}}$$

Tarimas necesarias para producto encajado por lote de producción:

$$\text{No. Tarimas} = \frac{4063 \text{ unidades/lote}}{720 \text{ unidades/tarima}} = 5.64 \frac{\text{tarimas}}{\text{lote}} \approx 6 \text{ tarimas/lote}$$

Tarimas necesarias para cartón corrugado

$$\text{Cantidad de Cartón necesario} = \frac{4063 \text{ unidades/lote}}{12 \text{ unidades/caja}} = 338 \text{ cartones/lote}$$

Nota:

En una tarima se puede almacenar 600 cartones corrugados, por lo tanto sería necesaria únicamente una tarima

### **Cálculo 9** Estibado de botellas vacías

Se tomó como referencia datos de la empresa: una cama de botellas en una tarima tiene 200 unidades y sus dimensiones son 1.0, 1.2, 0.15 metros (ancho, largo, alto).

$$\text{Bolsas de botellas por lote} = \frac{4063 \text{ botellas/lote}}{200 \text{ botellas/bolsa}} = 20.3 \text{ bolsas} \approx 21 \text{ bolsas}$$

Por lo tanto se establecen dos tarimas para el almacenado de botellas, una con 10 bolsas, con un alto de 1.5 metros y otra con 11 botellas, con un alto de 1.65 metros

El estibado de tapas e insertos, según datos de la empresa en una caja de tapas ó insertos se pueden almacenar 6000 unidades de estos. Por lo tanto se necesitaría únicamente una tarima para cada uno. Los rollos de etiqueta y contraetiqueta se trasladan por el operador de bodega, considerando que cada rollo tiene en estimado, etiqueta para 3000 unidades. Se debería cambiar de rollo luego de una hora y media de producción.

$$\text{Salidas} = 2180.10 \text{ kg cloro gel} - 6.42 \text{ kg cloro gel} = 2173.68 \text{ kg cloro} \frac{\text{gel}}{\text{lote}}$$

K. Plan de producción para los primeros diez años de producción

		<b>Cuadro 92-</b> Plan de producción de cloro gel para año 1											
Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	promedio
<b>Unidades de cloro gel</b>	45,504	47,899	50,420	53,074	55,867	58,807	61,902	65,161	68,590	72,200	76,000	80,000	61,285
<b>Inventario inicial</b>	-	3,252	46	2,445	2,190	3,205	1,280	323	170	651	1,585	2,782	---
<b>Lotes en el mes</b>	12	11	13	13	14	14	15	16	17	18	19	20	15
<b>Producción</b>	48,756	44,693	52,819	52,819	56,882	56,882	60,945	65,008	69,071	73,134	77,197	81,260	61,622
<b>Venta</b>	45,504	47,899	50,420	53,074	55,867	58,807	61,902	65,161	68,590	72,200	76,000	80,000	61,285
<b>Inventario final</b>	3,252	46	2,445	2,190	3,205	1,280	323	170	651	1,585	2,782	4,042	1,831
<b>Tarimas para estibado de inventario final</b>	5.00	1.00	4.00	4.00	5.00	2.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4.00	6.00	3

		<b>Cuadro 93-</b> Plan de producción de cloro gel para año 2											
Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	promedio
<b>Unidades de cloro gel</b>	94,174	82,643	80,721	88,409	75,916	76,877	88,409	92,252	80,721	68,228	65,345	66,306	80,000
<b>Inventario inicial</b>	4,042	3,317	1,934	2,473	3,451	669	989	1,966	3,163	3,702	481	144	---
<b>Lotes en el mes</b>	23	20	20	22	18	19	22	23	20	16	16	17	20
<b>Producción</b>	93,449	81,260	81,260	89,386	73,134	77,197	89,386	93,449	81,260	65,008	65,008	69,071	79,906
<b>Venta</b>	94,174	82,643	80,721	88,409	75,916	76,877	88,409	92,252	80,721	68,228	65,345	66,306	80,000
<b>Inventario final</b>	3,317	1,934	2,473	3,451	669	989	1,966	3,163	3,702	481	144	2,909	2,100
<b>Tarimas para estibado de inventario final</b>	5.00	3.00	4.00	5.00	1.00	2.00	3.00	5.00	6.00	1.00	1.00	5.00	3



**Cuadro 94-** Plan de producción de cloro gel para año 3

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	promedio
<b>Unidades de cloro gel</b>	98,883	86,775	84,757	92,829	79,712	80,721	92,829	96,865	84,757	71,640	68,613	69,622	84,000
<b>Inventario inicial</b>	2,909	1,538	86	652	1,272	2,821	3,360	3,980	564	1,130	2,625	3,083	---
<b>Lotes en el mes</b>	24	21	21	23	20	20	23	23	21	18	17	17	21
<b>Producción</b>	97,512	85,323	85,323	93,449	81,260	81,260	93,449	93,449	85,323	73,134	69,071	69,071	83,969
<b>Venta</b>	98,883	86,775	84,757	92,829	79,712	80,721	92,829	96,865	84,757	71,640	68,613	69,622	84,000
<b>Inventario final</b>	1,538	86	652	1,272	2,821	3,360	3,980	564	1,130	2,625	3,083	2,533	1,970
<b>Tarimas para estibado de inventario final</b>	3.00	1.00	1.00	2.00	4.00	5.00	6.00	1.00	2.00	4.00	5.00	4.00	3

**Cuadro 95-** Plan de producción de cloro gel para año 4

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	promedio
<b>Unidades de cloro gel</b>	103,827	91,114	88,995	97,470	83,697	84,757	97,470	101,708	88,995	75,222	72,043	73,103	88,200
<b>Inventario inicial</b>	2,533	281	2,616	3,007	3,049	612	1,178	1,220	1,087	1,478	3,454	481	---
<b>Lotes en el mes</b>	25	23	22	24	20	21	24	25	22	19	17	18	22
<b>Producción</b>	101,575	93,449	89,386	97,512	81,260	85,323	97,512	101,575	89,386	77,197	69,071	73,134	88,032
<b>Venta</b>	103,827	91,114	88,995	97,470	83,697	84,757	97,470	101,708	88,995	75,222	72,043	73,103	88,200
<b>Inventario final</b>	281	2,616	3,007	3,049	612	1,178	1,220	1,087	1,478	3,454	481	513	1,581
<b>Tarimas para estibado de inventario final</b>	1.00	4.00	5.00	5.00	1.00	2.00	2.00	2.00	3.00	5.00	1.00	1.00	3

**Cuadro 96-** Plan de producción de cloro gel para año 5

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	promedio
<b>Unidades de cloro gel</b>	109,018	95,669	93,444	102,344	87,882	88,995	102,344	106,794	93,444	78,983	75,645	76,758	92,610
<b>Inventario inicial</b>	513	1,195	3,038	3,043	2,274	3,778	106	3,400	2,245	2,250	464	2,015	---
<b>Lotes en el mes</b>	27	24	23	25	22	21	26	26	23	19	19	19	23
<b>Producción</b>	109,701	97,512	93,449	101,575	89,386	85,323	105,638	105,638	93,449	77,197	77,197	77,197	92,772
<b>Venta</b>	109,018	95,669	93,444	102,344	87,882	88,995	102,344	106,794	93,444	78,983	75,645	76,758	92,610
<b>Inventario final</b>	1,195	3,038	3,043	2,274	3,778	106	3,400	2,245	2,250	464	2,015	2,455	2,189
<b>Tarimas para estibado de inventario final</b>	2.00	5.00	5.00	4.00	6.00	1.00	5.00	4.00	4.00	1.00	3.00	4.00	4

**Cuadro 97-** Plan de producción de cloro gel para año 6

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	promedio
<b>Unidades de cloro gel</b>	114,469	100,453	98,117	107,461	92,276	93,444	107,461	112,133	98,117	82,932	79,428	80,596	97,241
<b>Inventario inicial</b>	2,455	1,749	2,872	2,267	444	1,617	1,622	3,862	1,429	825	3,216	985	---
<b>Lotes en el mes</b>	28	25	24	26	23	23	27	27	24	21	19	20	24
<b>Producción</b>	113,764	101,575	97,512	105,638	93,449	93,449	109,701	109,701	97,512	85,323	77,197	81,260	97,173
<b>Venta</b>	114,469	100,453	98,117	107,461	92,276	93,444	107,461	112,133	98,117	82,932	79,428	80,596	97,241
<b>Inventario final</b>	1,749	2,872	2,267	444	1,617	1,622	3,862	1,429	825	3,216	985	1,650	1,878
<b>Tarimas para estibado de inventario final</b>	3.00	4.00	4.00	1.00	3.00	3.00	6.00	2.00	2.00	5.00	2.00	3.00	3

**Cuadro 98-** Plan de producción de cloro gel para año 7

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	promedio
<b>Unidades de cloro gel</b>	120,193	105,475	103,022	112,834	96,890	98,117	112,834	117,740	103,022	87,078	83,399	84,626	102,103
<b>Inventario inicial</b>	1,650	3,347	3,510	2,062	2,992	3,614	3,010	3,940	4,027	2,579	824	2,748	---
<b>Lotes en el mes</b>	30	26	25	28	24	24	28	29	25	21	21	21	25
<b>Producción</b>	121,890	105,638	101,575	113,764	97,512	97,512	113,764	117,827	101,575	85,323	85,323	85,323	102,252
<b>Venta</b>	120,193	105,475	103,022	112,834	96,890	98,117	112,834	117,740	103,022	87,078	83,399	84,626	102,103
<b>Inventario final</b>	3,347	3,510	2,062	2,992	3,614	3,010	3,940	4,027	2,579	824	2,748	3,445	3,008
<b>Tarimas para estibado de inventario final</b>	5.00	5.00	3.00	5.00	6.00	5.00	6.00	6.00	4.00	2.00	4.00	5.00	5

**Cuadro 99-** Plan de producción de cloro gel para año 8

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	promedio
<b>Unidades de cloro gel</b>	126,202	110,749	108,173	118,476	101,735	103,022	118,476	123,627	108,173	91,432	87,569	88,857	107,208
<b>Inventario inicial</b>	3,445	3,196	2,148	3,675	3,027	2,867	1,420	771	3,097	562	2,578	332	---
<b>Lotes en el mes</b>	31	27	27	29	25	25	29	31	26	23	21	22	26
<b>Producción</b>	125,953	109,701	109,701	117,827	101,575	101,575	117,827	125,953	105,638	93,449	85,323	89,386	106,992
<b>Venta</b>	126,202	110,749	108,173	118,476	101,735	103,022	118,476	123,627	108,173	91,432	87,569	88,857	107,208
<b>Inventario final</b>	3,196	2,148	3,675	3,027	2,867	1,420	771	3,097	562	2,578	332	861	2,045
<b>Tarimas para estibado de inventario final</b>	5.00	3.00	6.00	5.00	4.00	2.00	2.00	5.00	1.00	4.00	1.00	2.00	3

**Cuadro 100-** Plan de producción de cloro gel para año 9

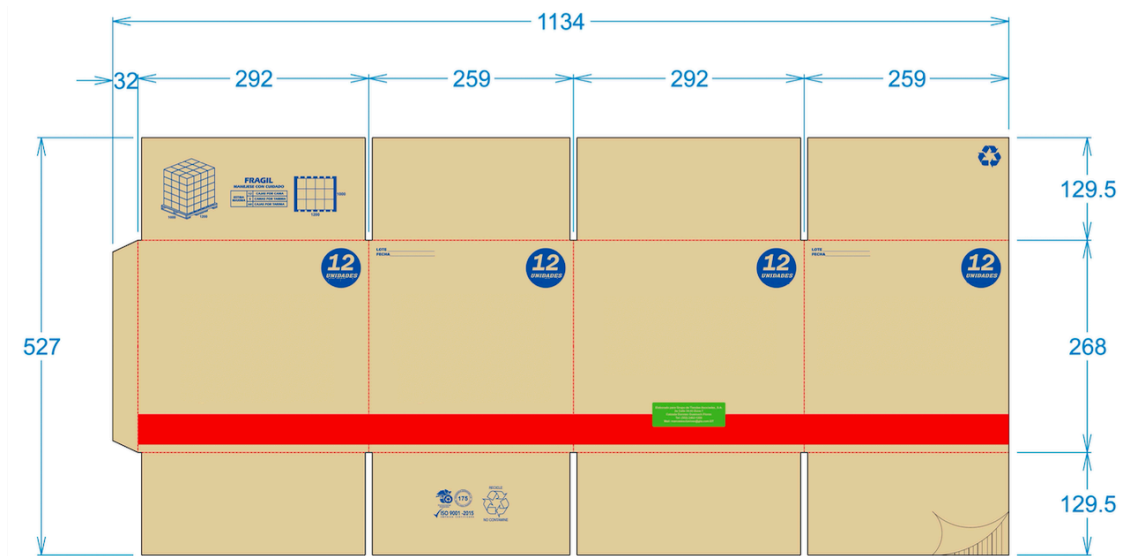
Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	promedio
<b>Unidades de cloro gel</b>	132,513	116,286	113,582	124,400	106,821	108,173	124,400	129,808	113,582	96,004	91,947	93,300	112,568
<b>Inventario inicial</b>	861	2,428	3,968	87	1,641	457	1,985	3,538	3,746	3,928	1,373	2,875	---
<b>Lotes en el mes</b>	33	29	27	31	26	27	31	32	28	23	23	23	28
<b>Producción</b>	134,079	117,827	109,701	125,953	105,638	109,701	125,953	130,016	113,764	93,449	93,449	93,449	112,748
<b>Venta</b>	132,513	116,286	113,582	124,400	106,821	108,173	124,400	129,808	113,582	96,004	91,947	93,300	112,568
<b>Inventario final</b>	2,428	3,968	87	1,641	457	1,985	3,538	3,746	3,928	1,373	2,875	3,024	2,421
<b>Tarimas para estibado de inventario final</b>	4.00	6.00	1.00	3.00	1.00	3.00	5.00	6.00	6.00	2.00	4.00	5.00	4

**Cuadro 101-** Plan de producción de cloro gel para año 10

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	promedio
<b>Unidades de cloro gel</b>	139,138	122,101	119,261	130,619	112,162	113,582	130,619	136,299	119,261	100,804	96,545	97,965	118,196
<b>Inventario inicial</b>	3,024	2,028	1,817	383	3,842	1,381	1,563	959	2,803	1,368	2,139	3,106	---
<b>Lotes en el mes</b>	34	30	29	33	27	28	32	34	29	25	24	24	29
<b>Producción</b>	138,142	121,890	117,827	134,079	109,701	113,764	130,016	138,142	117,827	101,575	97,512	97,512	118,166
<b>Venta</b>	139,138	122,101	119,261	130,619	112,162	113,582	130,619	136,299	119,261	100,804	96,545	97,965	118,196
<b>Inventario final</b>	2,028	1,817	383	3,842	1,381	1,563	959	2,803	1,368	2,139	3,106	2,654	2,004
<b>Tarimas para estibado de inventario final</b>	3.00	3.00	1.00	6.00	2.00	3.00	2.00	4.00	2.00	3.00	5.00	4.00	3

L. Estibado de cartón corrugado

**Figura 55-** Dimensiones de cartón corrugado propuesto para el empaque de botellas



Nota:  
 Todas las medidas se encuentran en milímetros  
 La información fue proporcionada por la empresa

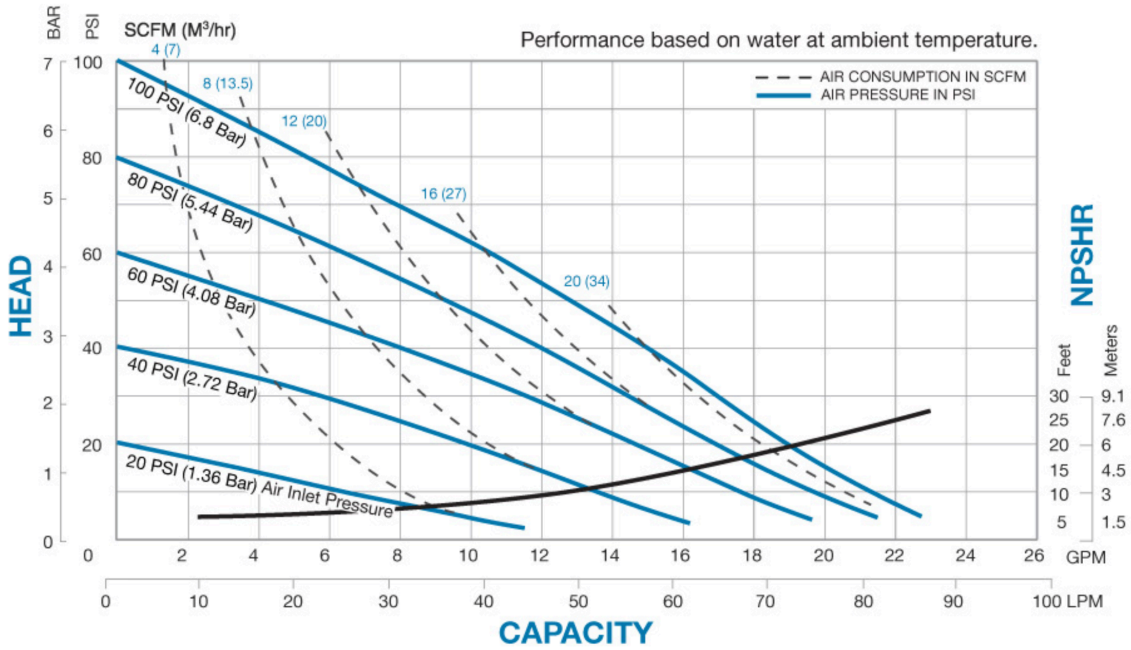
**Figura 56-** Estibado de cajas de producto terminado



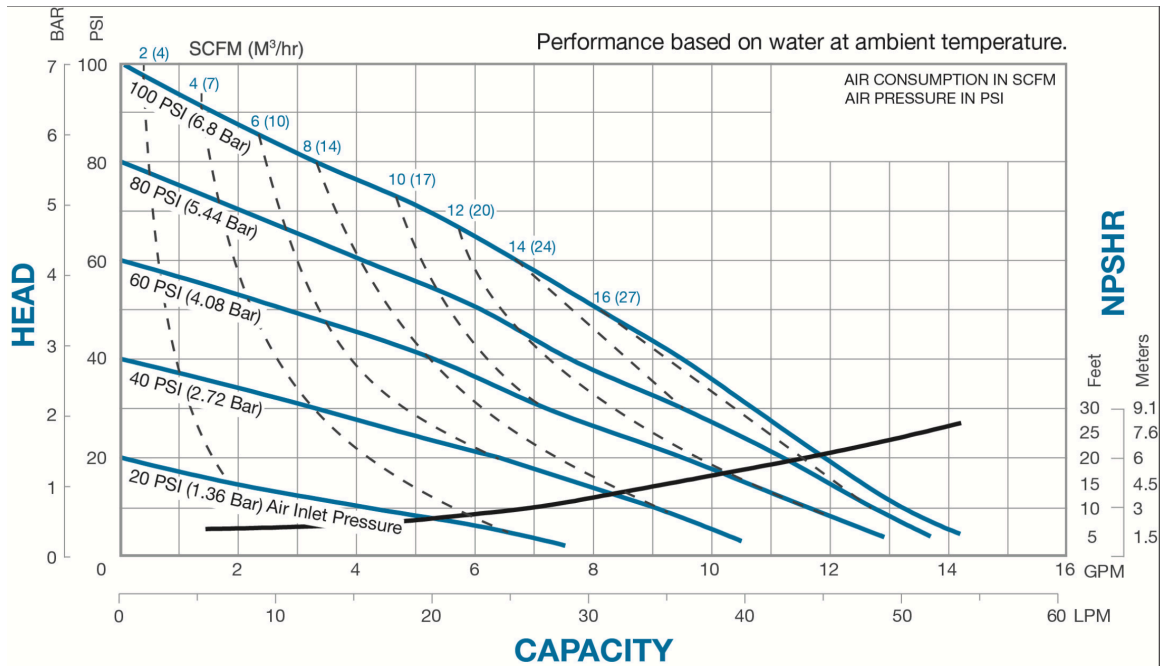
Nota:  
 Todas las medidas se encuentran en milímetros  
 El volumen por tarima estibada es de 1.608 m<sup>3</sup>

M. Curvas características de bombas cotizadas

**Figura 57-** Curva característica de la bomba marca Sandpiper, modelo S10B2P2



**Figura 58-** Curva característica de la bomba marca Sandpiper, modelo S05B2P2



N. Cotizaciones

**Figura 59-** Cotización de tanque agitado (incluye agitador)



MXD Process  
 4650 NEW MIDDLE ROAD  
 JEFFERSONVILLE IN 47130  
 United States

[SYPETSC0500-17314] 739 Gallon Poly-Cone Bottom Tank w/ Stand & 2.0 HP Clamp Mixer, Hastelloy Wetted 739G Polyethylene Tank and Stand	60.0	1.00	14,195.000000	\$ 14,195.00
			Unit	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter: 54-3/8"</li> <li>• Straight Side Height: 70-3/4"</li> <li>• Top: Open</li> <li>• Bottom: 15° Cone</li> <li>• Support: Carbon Steel Stand, Painted Black, 15" Clearance to Floor</li> <li>• Agitator Bar Included</li> <li>• Fittings:</li> <li>- (2) 1-1/2" Female NPT Bulkhead Fitting</li> </ul>				

Clamp Mount Mixer

- Motor: 2.0 HP, TEFC, 5:1 Turndown, IP55, 208-230/460V, 3Ph, 1750 RPM
- Gearbox: Helical Gear, Carbon Steel, 5:1 Ratio, 437 RPM
- Control: None
- Mount: Heavy Duty Clamp Mount
- Bearing: Double Sealed Bearing, 303SS (CS Not Suitable for Sodium Hypochlorite)
- Seal: None
- Wetted Surface Finish: Mill
- Shaft: 1.25"x55" Exposed, Hastelloy C276
- Impeller: 15" Propeller, 3 Blades, Low Shear, Hastelloy C276, Deburred, Mill Finish, Set Screw Attachment

<b>Subtotal</b>	\$ 14,195.00
<b>Total</b>	\$ 14,195.00

This Sales Order is subject to those terms, conditions, restrictions and policies contained in the MXD Process Terms and Conditions, MXD Process Warranty and the MXD Process Refund/Cancellation, all of which are accepted, agreed to and binding on the customer. MXD Process Terms and Conditions: [www.mixerdirect.com/terms-conditions](http://www.mixerdirect.com/terms-conditions) MXD Process Warranty: [www.mixerdirect.com/warranty](http://www.mixerdirect.com/warranty) MXD Process Refund/Cancellation: [www.mixerdirect.com/refund](http://www.mixerdirect.com/refund)

+1 812-202-4047 sales@mixr.odoo.com <https://www.mxdprocess.com/> EIN: 27-1855081

AR@mxdprocess.com

Page: 2 / 2

# Figura 60- Cotización de importación de tanque agitado desde Chicago



3a. calle 6-70, zona 13,  
Pamplona, Guatemala  
Tel: (502) 2259-0600  
Fax: (502) 2472-3413  
www.cropa.com.gt

Guatemala, 09 de septiembre de 2021  
Your Ref: VTS-2021-5658

Señores  
Sr. RICARDO AMENABAR  
Presente

A continuación encontrará nuestras tarifas para su importación marítima desde EXW bodegas de su proveedor en 46350 hacia Almacenadora fiscal en Guatemala

### 46350 CIUDAD DE GUATEMALA Servicio Marítimo Consolidado

PESO KILOS	VOLUMEN METROS CUB.	TARIFA W/M
500.00	4.50	\$170.00

**COTIZACIÓN REALIZADA EN BASE A PESO Y VOLUMEN PROPORCIONADOS.  
SI ALGUNO DE ESTOS FACTORES VARIA, LA PRESENTE COTIZACION PIERDE TOTAL VALIDEZ.**

Flete marítimo hacia Guatemala	\$765.00
IMO 2020	\$22.50
Recolección en bodegas de su proveedor	\$524.48
Manejo en origen, BL	\$105.00
Documentos de exportación	\$100.00
VGM	\$30.00
Peak Season Surcharge	\$50.00
Facility Charge	\$33.75
Port Congestion	\$36.00
CFS Charges	\$105.00
Terminal Service	\$54.80
3% sobre el valor de todos los gastos	
Collection Charge	\$96.07
5.26% Sobre el valor del flete y gastos	
<b>TOTAL GASTOS EN USD DOLARES</b>	<b>\$1,922.60</b>

#### GASTOS EN DESTINO

Póliza de Traslado	Q400.00
Manejo en Guatemala	Q850.00
Descarga	Q200.00
Marchamo Electrónico * Por HBL -puede variar	Q150.00
Custodio	Q150.00
Fianza	Q150.00
<b>GASTOS EN QUETZALES APROXIMADOS</b>	<b>Q1,900.00</b>

#### OPCIONAL

Trámite aduanal	Q600.00
La declaración cubre hasta 30 líneas a partir de la línea 31 se cobran Q2.00 por cada línea adicional	

\*Tomar en cuenta que los gastos como 5F AIA, DIPAFRONT, UCC y selectivo Rojo se prorratea entre los clientes que integren el consolidado  
\*\*Se debe considerar como costo adicional la revisión de MAGA en caso su mercadería lo amerite

Tiempo de tránsito: 4 días aproximadamente puerto a puerto  
CFS / CFS 21 días aprox.

"Las tarifas y tiempos de tránsito podrán cambiar por razones de fuerza mayor, caso fortuito, pandemias, disposiciones gubernamentales y/o circunstancias fuera del control de CROPA, por lo cual se avisará al cliente para que proceda a autorizar previamente el servicio y/o tarifa, sin ningún tipo de indemnización o responsabilidad por parte de CROPA".

#### VALIDO AL 15.09.2021

##### Observaciones

\*Esta cotización no es un contrato de transporte, las condiciones generales, incluyendo limitaciones de responsabilidad, se encuentran establecidas en los documentos de transporte: Cartas de Porte, Bill of Lading, Air Way Bill, en el reverso.

\*Las tarifas anteriores NO incluyen seguro, impuestos, trámites aduanales, o cualquier otro gasto extraordinario.

\*Por políticas de CROPA, S.A., la carga debe transportarse Asegurada. Si usted cuenta con Cobertura de Seguro Internacional por favor indicarlo y firmar carta de Liberación de Responsabilidad. De lo contrario, se asegurará la mercadería desde origen con la Póliza Internacional de CROPA, S.A.

\*DSV se reserva el derecho de escoger la línea aérea, marítima o terrestre para cada embarque.

\*Estas tarifas NO aplican para carga peligrosa, con extra peso y/o extra dimensiones.

\*En caso de existir algún gasto de manejo adicional en origen y/o en destino, les será facturado al costo.

\*Estas tarifas están sujetas a cambios sin previo aviso, dependiendo de las condiciones del mercado internacional

\*El Tiempo de Tránsito no incluye los días de espera para consolidación en aeropuertos o puertos de origen o trasbordo

\*Estas tarifas han sido cotizadas en base al peso y volumen proporcionados, las cuales quedan sujetas a variación dependiendo del peso y volumen real de la mercadería.

#### Contacto CROPA-DSV

Angélica Recinos  
Pricing de Importaciones



Importación • Exportación • Aduanas • Zona Franca • Almacén General • Depósito Aduanero • Distribución • Mudanzas



Figura 61- Cotización de línea de llenado 1

**STRPACK**  
**Zhongli Packaging Machinery Co.,Ltd**

**Quotation:**

Nos.	Description	Qty	Unit Price	Amount
1	STRF2-8C Automatic 8-Head corrosive Liquid Servo Piston Filling Machine for 100-1000ml Plastic product contact parts Include 2 meters conveyor	1SET	USD23500	USD23500
2	STR2C Automatic 12 Heads Inserting & 2 Head Capping Machine for one size bottle/insert/cap Include 2 meters conveyor	1 SET	USD26000	USD26000
3	STL-200 Automatic labeling machine For labeling front and back side of square/flat bottle For non-transparent self-adhesive label With 2.8 meters conveyor	1SET	USD11850	USD11850
4	2000MM Packing Conveyor with side roller table (Optional item, It is used to put bottles into carton by hand)	1SET	USD2650	USD2650
5	Extra conveyor for connecting the line (depend on final layout of the line)	6Meters	USD300	USD1800
<b>6</b>	<b>Total Amount</b>			<b>USD65800</b>
1. Price Term: FOB Shanghai 2. Payment Term: 40%TT as down payment and 60% balance before shipping. 3. Delivery time: 50 days after down payment and bottle/cap/label samples. 4. Final price and change parts needed for different size bottle and cap need to be confirmed according to bottles and caps sample. 5. Warranty: One year since shipping date. 6. Packing: Export Standard Strong ply-wooden box.				

**Instruction of each machine is as following :**

## Figura 62- Cotización de importación de equipo desde Shanghai



3a. calle 6-70, zona 13,  
Pamplona, Guatemala  
Tel: (502) 2259-0600  
Fax: (502) 2472-3413  
www.cropa.com.gt

Guatemala, 09 de septiembre de 2021  
Your Ref: VTS-2021-5659

Atención:  
Sr. RICARDO AMENABAR  
Presente

### SHANGHAI - GUATEMALA CIUDAD Servicio de Contenedor Completo

**Equipo:** EGLV 1X20' STD  
**Términos:** FOB PUERTO DE SALIDA  
**Frecuencias:** SEMANALES  
**Vigencia:** Hasta el 20 de septiembre de 2021  
(Fecha de Zarpe)  
**Tiempo de Tránsito:** 20 días aproximadamente  
Tiempo de tránsito estimado, puede variar por trasbordos en puertos bases y sujeto a disponibilidad de espacio.

\*Favor validar las tarifas al momento de confirmar el embarque, tenemos pre-alerta de un incremento en las tarifas de aproximadamente USD\$1500.00 por contenedor el cual entrará en vigencia en los próximos días, favor considerar que la tarifa a aplicar será la vigente al momento del Zarpe \*

Puerto de Salida	Equipo	Flete Marítimo hasta Puerto Quetzal	Peak Season Surcharge	Manejo, BL	Collection Charge 5.26% sobre todos los gastos	TARIFA ALL IN
Shanghai	1 x 20' STD	\$11,150.00	\$50.00	\$75.00	\$593.07	\$11,868.07

Manejo en Guatemala \*por embarque Q800.00  
Gastos de Naviera en Destino \*aproximados por contenedor \$283.00 + Q1,750.00  
**OPCIONAL:**  
Traslado de Pto. Quetzal a Ciudad Guatemala \* por contenedor Hasta 19,500.00 kg. Q3,600.00  
Trámite aduanal \* por contenedor Q1,200.00  
Elaboración y trámite de declaraciones de importación. Incluye trámite para 1 contenedor.  
Contenedor adicional Q.175.00 cada uno.  
La declaración cubre hasta 30 líneas, línea adicional se cobra Q.2.00 por cada línea

**\*\* Se Excluyen los gastos derivados del trámite aduanal como fumigación, marchamo, revisión de SAT etc. \*\***  
**\*\*\* 10 días libres de demora a partir del arribo a Puerto Quetzal \*\*\***

"Las tarifas y tiempos de tránsito podrán cambiar por razones de fuerza mayor, caso fortuito, pandemias, disposiciones gubernamentales y/o circunstancias fuera del control de CROPA, por lo cual se avisará al cliente para que proceda a autorizar previamente el servicio y/o tarifa, sin ningún tipo de indemnización o responsabilidad por parte de CROPA".

#### Observaciones

\*Esta cotización no es un contrato de transporte, las condiciones generales, incluyendo limitaciones de responsabilidad, se encuentran establecidas en los documentos de transporte Cartas de Porte, Bill of Lading, Air Way Bill, en el reverso

\*Las tarifas anteriores NO incluyen seguro, impuestos, trámites aduanales, o cualquier otro gasto extraordinario.

\*Por políticas de CROPA, S.A., la carga debe transportarse Asegurada. Si usted cuenta con Cobertura de Seguro Internacional por favor indicarlo y firmar carta de Liberación de Responsabilidad. De lo contrario, se asegurará la mercadería desde origen con la Póliza Internacional de CROPA, S.A.

\*DSV se reserva el derecho de escoger la línea aérea, marítima o terrestre para cada embarque.

\*Estas tarifas NO aplican para carga peligrosa, con extra peso y/o extra dimensiones.

\*En caso de existir algún gasto de manejo adicional en origen y/o en destino, les será facturado al costo.

\*Estas tarifas están sujetas a cambios sin previo aviso, dependiendo de las condiciones del mercado internacional

\*El Tiempo de Tránsito no incluye los días de espera para consolidación en aeropuertos o puertos de origen o trasbordo

\*Estas tarifas han sido cotizadas en base al peso y volumen proporcionados, las cuales quedan sujetas a variación dependiendo el peso y volumen real de la mercadería.

#### Contacto CROPA-DSV

Angélica Recinos  
Pricing de Importaciones



Importación • Exportación • Aduanas • Zona Franca • Almacén General • Depósito Aduanero • Distribución • Mudanzas

## Figura 63-

## Cotización de línea de llenado 2



### **1 NTR 300:**

Motorised bottles conveyor, 3 meters length, with:  
-self-standing frame,  
-liquid recovering vat for the total length,  
-adjustable width rails, from 4 to 160 mms  
-speed variation gear motor with electronic control by inverter  
Manufactured according EC standards.  
ELECTRIC CONSUMPTION: 0,25 kWh 220 V+T, 50 Hz  
WEIGHT, SIZES: 150 kg, MM 3000x700x1120

**PRICE:€. 4 650,00**

### **1 MINILIN 6 CPR:**

Linear automatic filling machine for liquid products such as bleach, water-based acid products, etc., if electronically conducting (min.200 microsiemens) and compatible with used materials: PVC, PE, TITANIUM, VITON.  
The machine is consisting of:  
-structural frame on inox covered on PVC, safety panels and vat for liquid recovering on PVC(such as washing liquids or accidental loss of products); transparent PVC for the safety doors  
-motorised conveyor, 3000 mm length, adjustable width from 40 to 160 mm with motor gear reducer  
-6 filling heads, working with magnetic flow meters, Endress – Hauser trade mark, PFA + Platinum  
-6 top filling PVC nozzles D 16, with shuttle for total closing and mechanical adjustment of distance  
-no-drop tray, moved through pneumatic cylinder covered on PVC  
-water-proof centralised electric plant, PLC + HMI controlled, and touch screen for management of general working data and receipt for each single product.  
-safety guards EC approved

RANGE OF FILLING VOLUMES: from 300 to 2000 cc  
BOTTLE DIMENSIONS: 60/120 length, 40/160 width, high 150/300  
**PRODUCTION: 36/38 bpm on 500cc // 26/28 bpm on 1000cc**

Above production tested with waterlike products (500 CPS viscosity) and bottle mouth 22 mm.  
Different productions are possible depending on bottle-neck diameter, viscosity or foamingness.  
ACCURACY: from 200 to 500 +/-3% ; from 500 to 1000 +/-1.5% ; from 1000 to 10000 +/- 1%  
ELECTRIC CONSUMPTION: 3 kWh 400 V+N+T a 50 Hz  
PNEUMATIC CONSUMPTION: 50 Nit/min  
DIMENSIONS AND WEIGHT: mm 3000x1100x2000 450Kg

**PRICE:€. 79 300,00**

### **1 KA x MINILIN:**

Suction hood for acid vapors, made of transparent PVC, covering the whole machine; 600 mc/h electro-aspirator included.

**PRICE €. 2 300,00**

### **1 TPRO P/I:**

Rotary automatic capping machine, stepping moved with star, for automatic cap positioning and screwing.  
The capper consists of:  
-self-standing frame on inox 316 covered on PVC, safety guards and recovering vat are on PVC  
-input motorised conveyor for bottles, 40 to 160 mm adjustable width rails and moto reducer with inverter  
-rotating star-plate 8 position, stepping brushless moved, designed to inclined-neck-bottles  
-caps vibration sorter, stainless steel made, (bowl capacity approx. 30 lt.), including mechanically lifted stand and sound dumping specifically designed to reduce noise within standard levels EC approved  
-caps forwarding conveyor by hair, from vibrator to the positioning head, adjusting guides (width and height)  
-vertical positioning of caps on the bottle  
-screwing operation through pneumatic motor and pressure regulator by pressing and torque.  
-output motorised conveyor for bottles, 40 to 160 mm adjustable width rails and moto reducer with inverter  
-central waterproof electric plant with PLC and HMI to control all the parameter  
Standard safety guards EC approved

**PRODUCTION: 38/40 bpm**

Effective speed with standard shaped screw or pressure caps, with three screwing revolutions  
CONSUMPTION electrical: 3 kWh 400 V+N+T a 50 Hz  
CONSUMPTION pneumatic: 450 Nit/min  
SIZES, WEIGHT:3000x1500x2200, 320 Kg

**PRICE:€. 79 900,00**

Nota:

El precio de importación de este equipo, fue proporcionado por la empresa por un valor de 6,000 euros











**Figura 64-**

Cotización de tuberías PVC para la línea de producción propuesta



**CARRRO DE COMPRAS**

[← SEGUIR COMPRANDO](#)

DETALLE	CANTIDAD	TOTAL
 <p>TUBO PVC 160 PSI 1 SKU#: 15475</p>	<input type="text" value="-"/> <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="+"/>	 Q 45.00
<p>IMAGEN NO DISPONIBLE</p> <p>TUBO PVC 160 PSI 1.1/2 SKU#: 15477</p>	<input type="text" value="-"/> <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="+"/>	 Q 80.00
<p>IMAGEN NO DISPONIBLE</p> <p>UNION PVC 1 SKU#: 15726</p>	<input type="text" value="-"/> <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="+"/>	 Q 2.70
<p>IMAGEN NO DISPONIBLE</p> <p>TEE PVC CON ROSCA 1 SKU#: 14282</p>	<input type="text" value="-"/> <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="+"/>	 Q 12.40
<p>IMAGEN NO DISPONIBLE</p> <p>TEE PVC CON ROSCA 1.1/2 SKU#: 14284</p>	<input type="text" value="-"/> <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="+"/>	 Q 28.00
 <p>VALVULA PVC BOLA 1 GRIS CON ROSCA SKU#: 28667</p>	<input type="text" value="-"/> <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="+"/>	 Q 65.00
 <p>VALVULA PVC BOLA 1.1/2 GRIS CON ROSCA SKU#: 28669</p>	<input type="text" value="-"/> <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="+"/>	 Q 95.00

**Figura 65-** Cotización de medidor de nivel



## SENSOR NIVEL AGUA HORIZONTAL M95

Q35.00



**Figura 66-**

**Cotización de tuberías de acero inoxidable 316L para la línea de producción propuesta**



22-sep.-2021  
14:30:51

**Mainco, S. A.**

EXPERTOS EN ACERO INOXIDABLE

42 Calle 22-17 Zona 12, Colonia Industrial, Santa Elisa, Guatemala

PBX: (502)-23868787

Cotización No. 188236

Atención A: RICARDO .

Estimado Cliente es un gusto para nosotros el poder ofertar los siguiente productos.

<b>No Cotización:</b>	188236	<b>Fecha Entrega :</b>	22/sep./2021
<b>Cliente:</b>	[REDACTED]	<b>Lugar Entrega:</b>	CIUDAD
<b>Nit :</b>	[REDACTED]	<b>Persona Recibe :</b>	
<b>Forma de Pago:</b>	Contado		
<b>Tiempo de Entrega:</b>			

Cantidad	Imagen	Código	UM	Descripción	Peso	Precio U.	Total
6.00		S21U6L10	MIL	TUBO PULIDO ASTM A 270 240 GRITT SS316L 1"X 0.65"	41.20	Q. 139.00	Q. 834.00
8.00		S3304CL9010	Un	CODO 90° CLAMP CORTO SS304 1" TAINOX	1.60	Q. 55.00	Q. 440.00
4.00		S12SMCL6LE10	Un	VALVULA DE BOLA CLAMP 1" SS316L JUNTA EPDM SIN MANERAL 10 BAR (-10°C - 120°C) INOXPA VA641-770652025		Q. 930.00	Q. 3,720.00
2.00		S19ICL6L10	Un	VALVULA RETENCION CLAMP 1" SS316L 10 BAR (-10°C - 120°C) INOXPA V7201-770650025	2.40	Q. 1,150.00	Q. 2,300.00
4.00		S32112MAR1014	Un	MANERAL DE 2 POSICIONES PARA VALVULA MARIPOSA DN 25 - 80 (1"- 3") // PARA VALVULA DE BOLA DN 25 - 50 (1" - 2") SS304L INOXPA V9121-9004025	1.48	Q. 180.00	Q. 720.00

<b>Unidades Totales</b>	<b>Líneas en Cotización</b>	<b>Peso Total en KG.</b>	<b>Total Cotización:</b>	<b>Q. 8,014.00</b>
24.00	5	46.68		

OCHO MIL CATORCE QUETZALES CON 00/100

**Observaciones:**

producto de alta rotacion

jose sagastume

Tiempo de validez de la oferta 8 dias sujeto a existencias.

**Sala de Ventas**

General

Elaborado por: Jose Mauricio Sagastume Cujuy

f.)

Revisado

f.)

Autorizado

Figura 67-

Cotización de tuberías de aire comprimido para la línea de producción de cloro tipo gel propuesta



OFERTA


## OFERTA ECONOMICA

Pos.	Denominación	Material	Cantidad	UM	Precio USD	Total USD
10	D40mm (1 1/2) Tubo 6m	ES8290004006	8.000	PZA	98.90	791.20
20	D40mm (1 1/2) Codo igual 90°	ES82050040	1.000	PZA	33.95	33.95
30	Recto Macho 40x1.1/4"	ES8202004010	1.000	PZA	20.64	20.64
40	D40mm (1 1/2In) Tapón interno con purga	ES89865040	1.000	PZA	16.79	16.79
50	D40mm (1.5In) Unión Recta	ES82010040	7.000	PZA	25.50	178.50
60	D40mm (1 1/2") x D25mm (1") Derivación	ES898304025	4.000	PZA	35.81	143.24
70	D25mm (1In) Codo igual 90°	ES82050025	4.000	PZA	17.41	69.64
80	D25mm (1") Válvula	ES89881025	4.000	PZA	37.93	151.72
90	Repartidor Doble 45° DN 25 - NPT 1/2" c	ES8984202504	4.000	PZA	23.51	94.04
100	D25mm (1") Abrazadera	ES89801025	16.000	PZA	1.88	30.08
110	D25mm (1) Tubo 6m	ES8290002506	4.000	PZA	51.59	206.36
120	25mm (1In) x 1 NPT Recto Macho	ES8202002508	1.000	PZA	11.08	11.08
<b>SUBTOTAL</b>						<b>1,747.24</b>
IVA			12.00 %			209.66
<b>Total en USD</b>						<b>1,956.90</b>



**Figura 68-** Cotización de cables eléctricos para la línea de producción de cloro tipo gel

15 ( - - ) TC=1.0000



**PROFORMA No.** 2748114 **FECHA:** 20/09/2021

**NOMBRE:** [REDACTED] **DIRECCION:** CIUDAD zona GUATEMALA GUATEMALA **NIT:** [REDACTED]

**OBRA:** [REDACTED] **VALIDEZ:** [REDACTED] **FORMA ENTREGA:** [REDACTED]

CODIGO	CANTIDAD	CATALOGO	DESCRIPCION MERCADERIAS	PRECIO UNITARIO	TOTAL
TVC11	1		TUBO PVC GRIS 3/4"X3MT	18.5000	18.50
CHW19	57	5.26MM2	CABLE THHN #10 (METRO) NEGRO	5.9000	336.30
CHW19	59	5.26MM2	CABLE THHN #10 (METRO) NEGRO	5.9000	348.10
CHW19	58	5.26MM2	CABLE THHN #10 (METRO) NEGRO	5.9000	342.20
CHW19	51	5.26MM2	CABLE THHN #10 (METRO) NEGRO	5.9000	300.90

UN MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y SEIS QUETZALES EXACTOS

JORGE TOBAR / 22704777 / ZONA12 **AUTORIZADO POR:** [REDACTED]


**TOTAL** 1,346.00

\* Precios incluyen IVA • Precios sujetos a cambio sin previo aviso. • Materiales sujetos a previa venta. • Si paga con cheque emitirlo a nombre de Celasa Ingeniería y Equipos, S.A.





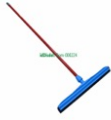
**Figura 69-**

Cotización de bombas de doble diafragma para la línea de producción de cloro tipo gel

 <p><b>INDUSTRIA, TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCION</b></p>		<p><b>Cotización No.</b> 473 2021</p> <p>Guatemala, 09 de septiembre de 2021</p>	
<p><b>Cliente:</b> [REDACTED]</p> <p><b>Atención:</b> Ricardo Amenabar</p>		<p><b>Teléfono:</b></p> <p><b>Correo:</b> <a href="mailto:ricardoamenabar99@gmail.com">ricardoamenabar99@gmail.com</a></p>	
<p><b>Validez de la Oferta:</b> 10 días</p>		<p><b>Tiempo de entrega:</b> 4 a 6 semanas</p>	
<p><b>Forma de Pago:</b> Contado</p>		<p><b>Precios cotizados son:</b></p>	
Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	Bomba de doble diafragma operada por aire capacidad: 0 - 14 gal/min / 0 - 52 lit/min carga y descarga de 1" NPT modelo: S05B2P2 marca: Sand Piper	Q11,983.00	Q11,983.00
1	Bomba de doble diafragma operada por aire capacidad: 0 - 23 gal/min / 0 - 87 lit/min carga y descarga de 1" tipo flange modelo: S10B2P2 marca: Sand Piper	Q15,663.00	Q15,663.00
<p>Calzada Aguilar Batres 23-13 Zona 12 Guatemala, C.A. PBX: 2502 3333. Email: <a href="mailto:info@indutecgt.com">info@indutecgt.com</a>. <a href="http://www.indutecgt.com">www.indutecgt.com</a></p>			
		<p>Vendedor: <u>Oscar Subuyuj</u> Cel. 3554-8077</p>	
<p>No se acepta ninguna responsabilidad por posibles cambios en precios que los fabricantes pudieran efectuar antes de la fecha de embarque.</p>			

**Figura 70-** Cotización de instrumentos propuestos para la producción de cloro tipo gel

Nota: Nit: CF  
Contacto: **COMPRAS**

#	Imagen	Código	Cant.	Empaque	Descripción del Artículo	Precio C/IVA	IMPORTE
1		3335.3	1	Unidad	Base Jalador D-Agua Industrial Grado Alimenticio ACS Espuma Negro *AZUL* 45cms.	Q 125.0000	Q 125.00
2		17189	12	Unidad	Cubeta Plastica C/Tapa NEO 28 Litros	Q 45.0000	Q 540.00
3		Com-000224	1	Combo	Jalador D-Agua de ESPONJA GRADO INDUSTRIAL, 55 Cm.	Q 265.0000	Q 265.00
<b>Total en letras:</b> NOVECIENTOS TREINTA QUETZALES CON 00 / 100						<b>Total</b>	<b>Q. 930.00</b>

\*\*\*Revise su requerimiento con nuestra cotización\*\*\*