

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR-JOSE MIGUEL CARRERA

**REDISEÑO DE EQUIPO DISPENSADOR DE BEBIDAS CARBONATADAS EN
LATA**

Trabajo de titulación para optar al título de técnico
universitario en mecánica industrial.

Alumno: Diego Antonio Leiton Araya.

Profesor guía: Ing. Pablo Andrés Duque Ramírez.

2021

DEDICATORIA

Primero, quiero agradecer a mi Padres Custodio y Paula, por darme todo su apoyo en esta etapa tan importante de formación y desarrollo personal, gracias por los consejos, el cariño y la paciencia que me brindaron.

A mi pareja Paula, por todo el apoyo y compañía que me brindo durante mi transcurso en la universidad.

A mis compañeros que me sacaban una sonrisa en cada momento de frustración que surgían, en especial a Daniel, Felipe y Shantall por estar presentes en los momentos que más se necesitaban.

A mis profesores que fueron los que me entregaron las herramientas y conocimientos necesarios para poder seguir creciendo tanto profesionalmente como persona, en especial a mi profesor guía Sr. Ing. Pablo Andrés Duque Ramírez, por todo el apoyo y horas de dedicación que me brindo.

Finalmente, al equipo de Cervecería San Rafael, por todo el conocimiento que me brindaron, la confianza que pusieron en mí y el tiempo que me dieron. Muchas gracias a don Pablo Suarez que siempre estuvo para otorgar una buena conversación y resolver todas las dudas que me surgían.

De corazón, gracias a todos.

RESUMEN

KEYWORDS: REDISEÑO - CERVEZA – OPTIMIZACIÓN.

El presente trabajo de titulación tendrá como objetivo identificar y analizar las problemáticas del sistema de llenado de latas de cerveza que posee la empresa Cervecería San Rafael en su recinto. Para ello primeramente se estudia y comprende el funcionamiento del método que emplean para llevar a cabo los análisis necesarios para llevar a cabo la futura solución.

En el primer capítulo se explica el proceso de llenado que posee la empresa y en conjunto de esto la identificación de todas las problemáticas que posee el modelo usado; para ello se analizan tres posibles soluciones para su sistema de llenado de latas de cerveza, dando con esto los fundamentos necesarios de la alternativa a utilizar y la justificación y/o beneficios que tiene realizar las mejoras ya señaladas.

En el segundo capítulo se empieza ya con el rediseño del nuevo sistema de llenado de latas de cerveza, para ello se analizan los beneficios que tendrá el nuevo sistema al utilizar como base la alternativa escogida en el capítulo anterior. Se elige y explican los componentes y materiales necesarios para elaborar el nuevo diseño del equipo para la empresa, además de las medidas que tendrá en conjunto de cómo se debe instalar el mecanismo y sus componentes.

En el tercer capítulo se evalúan los costos necesarios para la puesta en marcha del nuevo sistema, evaluando según el mercado los precios más convenientes para la compra de los insumos, siempre considerando las características necesarias que deben tener los componentes para el funcionamiento de la máquina. Además, se proyecta cuanto será el tiempo que se demora en recuperar lo invertido para esta mejora que lleva a cabo para su proceso de llenado de latas de cerveza.

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS

CO₂: Dióxido de carbono.

O₂: Oxígeno.

mm: Unidad de medida distancia en milímetros

kHz: unidad de medida frecuencia Kilohercio.

cm: unidad de medida distancia en centímetros.

Bar: unidad de medida presión.

°C: unidad de medida temperatura, grados Celsius.

CLP: unidad de medida moneda chilena.

NC: normalmente cerrada.

DC: Corriente continua.

AC: Corriente alterna.

mA: valor corriente en miliamperios.

A: valor corriente en amperios.

ml: unidad de medida volumen en mililitros.

“: medida de longitud en pulgadas.

V: voltios.

l/min: litros por minutos.

N: Unidad de medida fuerza en newton.

HP: caballos de fuerza.

CH: channel o numeros de canales.

USB: universal serial bus, puerto que conectar varios periféricos a una computadora.

VAN: Diferencia de dinero que entra a la empresa con la inversión inicial.

TIR: Tasa interna recuperación dinero invertido.

PR: Plazo recuperación dinero invertido.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
RESUMEN.....	3
SIGLAS Y SIMBOLOGÍA.....	4
ÍNDICE IMÁGENES.....	8
ÍNDICE DIAGRAMAS.....	9
ÍNDICE DE TABLAS	9
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
CAPÍTULO 1: ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA LLENADOR ACTUAL DE BEBIDAS CARBONATADAS EN LA EMPRESA	3
1.1. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA.....	3
1.2. DIAGRAMA DEL PROCESO DE LLENADO DE LATAS DE LA EMPRESA	4
1.2.1. Componentes del sistema de llenado.....	5
1.3. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA	6
1.4. JUSTIFICACIÓN	9
1.5. ALCANCE.....	9
1.6. EVALUACIÓN DE DISTINTOS DISEÑOS DE SISTEMAS DE LLENADO EXISTENTES EN EL MERCADO.....	10
1.6.1 Análisis inicial de las alternativas	10
1.6.2 Alternativa uno: sistema de llenado y envasado automático.....	10
1.6.3 Alternativa dos: sistema de llenado semiautomático.....	11
1.6.4 Alternativa tres: sistema compacto de llenado semiautomático.....	12
1.7. ELECCIÓN DE ALTERNATIVA	13
CAPÍTULO 2: REDISEÑO DEL SISTEMA ACTUAL LLENADOR DE LATAS DE CERVEZA.....	14

2.1. EXPLICACIÓN FUNCIONAMIENTO DEL NUEVO SISTEMA DE LLENADO.....	15
2.2. COMPONENTES Y MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN.....	16
2.2.1. Elección de material base del equipo	17
2.2.2. Análisis de los sensores	17
2.2.3. Elección del sensor	22
2.2.4. Elección de las boquillas	23
2.2.5. Elección de las mangueras.....	23
2.2.6. Elección del cilindro.....	24
2.2.7. Elección de válvulas	24
2.2.8. Elección del compresor	25
2.2.9. Elección componentes electrónicos.....	26
2.3. MONTAJE DEL NUEVO SISTEMA.....	27
2.3.10. Plano isométrico de la máquina.....	27
2.4. CONFIGURACIÓN DEL NUEVO SISTEMA.....	28
2.4.11. Esquema conexión del sensor.....	29
2.4.12. Funcionamiento del cilindro de doble efecto	29
2.5. EFICIENCIA DEL PROCESO.....	32
CAPÍTULO 3: COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA.....	33
3.1. ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DEL NUEVO SISTEMA.....	30
3.2. ANÁLISIS Y COTIZACIÓN DE LOS COSTOS EN EL MERCADO.....	31
3.2.1. Cotización de los componentes	31
3.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	33
3.3.2. Especificaciones técnicas del cilindro doble efecto SC40X150.....	33
3.3.3. Especificaciones técnicas electroválvulas	33
3.3.4. Datos técnicos del compresor de aire hyundai	34
3.3.5. Observación sobre las mangueras	34
3.3.6. Datos técnicos de los componentes electrónicos.....	34
3.4. ANÁLISIS DEL COSTO TOTAL DE LOS COMPONENTES	36
3.5. JUSTIFICACIÓN DE LAS COTIZACIONES	37

3.6. PLAZO RECUPERACIÓN INVERSIÓN 38

3.7. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO 39

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN 40

ANEXO I: PLANOS DE FABRICACIÓN 41

BIBLIOGRAFÍA.....43

ÍNDICE IMÁGENES

Imagen 1-1. Barril de cerveza. 5

Imagen 1-2. Cilindro de CO₂. 5

Imagen 1-3. Pistola llenadora de cerveza.....5

Imagen 1-4. Selladora de latas semiautomática. 6

Imagen 1-5. Foto referencia sistema de llenado isobárico. 7

Imagen 1-6. Foto referencia sistema actual de llenado. 7

Imagen 1-7. Foto referencial del proceso llenador de la lata de cerveza. 8

Imagen 2-1. Equipo SAFC-2XCC. 15

Imagen 2-2. Funcionamiento del sensor de flujo de agua de efecto Hall. 18

Imagen 2-3. Caudalímetro modelo YFS201. 19

Imagen 2-4. Imagen referencial del sensor a utilizar. 19

Imagen 2-5. Sensor ultrasónico modelo SRF04.....20

Imagen 2-6. Esquema de conexiones eléctricas del sistema 21

Imagen 2-7. Imagen referencial de boquillas. 23

Imagen 2-8.Manguera valpar codemasters. 23

Imagen 2-9. Cilindro doble efecto SC40X150.....24

Imagen 2-10. Electroválvula. 25

Imagen 2-11. Compresor de aire portátil. 25

Imagen 2-12. Arduino uno- FT232RL. 26

Imagen 2-13. Pantalla LCD 3.2".....26

Imagen 2-14. ejemplo grafico de un relé. 27

Imagen 2-15. Diseño isométrico equipo llenador de cerveza. 28

Imagen 2-16. conexión de sensor de flujo. 29

Imagen 2-17. Conexión cilindro doble efecto con electroválvula 5/2. 30

Imagen 2-18. Diagrama Ladder cilindro doble efecto. 30

Imagen 3-1. Plancha de PVC 30[mm]. 32

Imagen 3-2. Llenadora de latas automática duofiller.....39

ÍNDICE DIAGRAMAS

Diagrama 1-1. Proceso para llenar lata de cerveza.	4
---	---

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Tabla comparativa de los parámetros de cada modelo.	16
Tabla 2-2. Tabla comparativa de ambos materiales.	17
Tabla 2-3. Ventajas de los tres sensores.	21
Tabla 2-4. Desventajas de los tres sensores.	22
Tabla 2-5. Datos para el cálculo de consumo de aire del cilindro.	24
Tabla 2-6. Datos técnicos cilindro doble efecto.	31
Tabla 2-7. Resultados obtenidos del cilindro doble efecto.	31
Tabla 3-1. Lista de componentes.	30
Tabla 3-2. Cotización componentes del sistema.	31
Tabla 3-3. Cotización componentes con medidas específicas.	32
Tabla 3-4. Cotización plancha plástico	32
Tabla 3-6. Especificaciones técnicas cilindro doble efecto SC40X150.	33
Tabla 3-7. Especificaciones técnicas electroválvula 2/2 NC.	33
Tabla 3-8. Especificaciones técnicas electroválvula 5/2 NC.	34
Tabla 3-9. Especificaciones técnicas compresor de aire Hyundai.	34
Tabla 3-10. información técnica de la placa Arduino mega 2560.	35
Tabla 3-11. Especificaciones técnicas relé 8 canales.	35
Tabla 3-12. Especificaciones técnicas pantalla LCD-TFT ILI9341.	36
Tabla 3-13. Costo final de las cotizaciones.	36
Tabla 3-14. Flujo caja proyecto por mes.	38
Tabla 3-15. Continuación tabla 3-14 flujo caja proyecto por mes.	38
Tabla 3-16. Cálculos VAN, TIR Y PR.	38

INTRODUCCIÓN

En Chile la cerveza llegó al país a través del comercio con Europa, en los tiempos de independencia, en 1822 surgió la primera cervecería en Santiago y ya a mediados de 1825 se instaló otra en la región de Valparaíso. Con el transcurso del tiempo ha ido aumentando las personas que se dedican a la elaboración y venta de esta bebida carbonatada en la quinta región.

En la industria mundial de las bebidas carbonatadas existen diversos métodos de elaboración, que van desde lo artesanal con equipos básicos y trabajos manuales hasta el nivel industrial con equipos más sofisticados y multifuncionales. Con lo anterior además existen múltiples recetas para la creación de la cerveza, esto implica que no se limite a un estándar ya establecido, sino que se pueden crear múltiples preparaciones que darán distintos sabores y texturas de esta bebida.

En el caso de Cervecería San Rafael limitada, cuentan con un método simple y directo de llenado, por lo cual se implementará una mejora al sistema actual, rediseñándolo y adaptándolo a sus necesidades, en base a la revisión de equipos más autónomos de otras empresas.

Para dar solución al problema que tiene la empresa, se explicará el sistema actual que poseen, describiendo los puntos débiles del método que se emplea, además de presentar los beneficios que se consiguen con esta mejora; una vez planteado lo que se va a cambiar, se procede a dar explicación al nuevo equipo que sustituirá el sistema actual con todos los componentes a utilizar en conjunto con la información necesaria para la manufactura del nuevo modelo.

OBJETIVO GENERAL

- Rediseñar equipo dispensador de bebidas carbonatadas en lata a través de la modificación del sistema existente aumentando la capacidad de llenado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el sistema de llenado a través de esquemas y/o imágenes generando las modificaciones necesarias.
- Diseñar la modificación del equipo en base a la información actual para mejorar su función específica.
- Establecer un presupuesto en base a cotizaciones en el mercado actual para la mejora a la estructura específica.

CAPÍTULO 1: **ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA LLENADOR ACTUAL**
DE BEBIDAS CARBONATADAS EN LA EMPRESA

1.1. **RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA**

La empresa Cervecería San Rafael limitada se especializa con la prestación de servicios e insumos cerveceros ubicados en la quinta región, Viña del mar Chile; Su comienzo data al año 2013 donde iniciaron elaborando cerveza artesanal en la localidad de Lagunillas, Casablanca, de aquí viene el nombre Insumos Lagunillas que utilizan como nombre de fantasía.

En un punto se dieron cuenta que en el mercado existía un problema para poder solucionar; Este consistía en que la industria cervecera de la región de Valparaíso estaba creciendo considerablemente, por lo cual, encontrar los insumos para la elaboración de las bebidas carbonatadas y los implementos necesarios para el mantenimiento o manufactura de equipos, había que movilizarse a la región de Metropolitana.

Fundaron Homebrewers quinta región, que es la comunidad cervecera más grande de Chile con el fin de poder compartir conocimiento de forma libre entre una variedad cantidad de empresas y/o personas. En esta sociedad se realiza una reunión todos los años, donde se reúnen todo tipo de personas interesados en la temática de la elaboración de cervezas, aquí se dictan charlas informativas y se comparten experiencias entre todos para de esa forma poder seguir mejorando en las técnicas necesarias para las creaciones de cervezas. La primera reunión fue el primero de octubre del año 2016.

En la actualidad son cuatro los pilares en los que se enfocan para ofrecer un servicio variado y completo a toda persona y/o empresa que necesite fabricar bebidas carbonatadas artesanales, uno de estos servicios son la capacidad de producción para la elaboración de la cerveza, es decir proporcionan sus equipos para que puedan elaborar las recetas los clientes que soliciten esta prestación.

El enlatado y sellado del producto terminado aquí prestan sus servicios para las personas y/o entidades que tienen su producto ya terminado y necesitan distribuirlo en los envases correspondientes para su futura venta.

El tercer pilar son las capacitaciones para la gente que quiere aprender o iniciar en la elaboración de las bebidas carbonatadas, estas charlas ayudan a la gente a entender conceptos de los distintos parámetros para tener en cuenta para la fabricación de la cerveza.

Por último, el cuarto pilar que maneja la empresa es la venta de insumos cerveceros, con esto y junto a los otros tres puntos logran manejar todos los implementos necesarios para poder ofrecer a toda persona un servicio completo dentro de la región y solucionando la problemática que era que no existía una entidad que proporcionara todos los puntos nombrados anteriormente.

1.2. DIAGRAMA DEL PROCESO DE LLENADO DE LATAS DE LA EMPRESA

En el siguiente diagrama se explica cómo es el proceso de llenado actual en Cervecería San Rafael limitada, en base a este se realizan las modificaciones necesarias para su optimización.

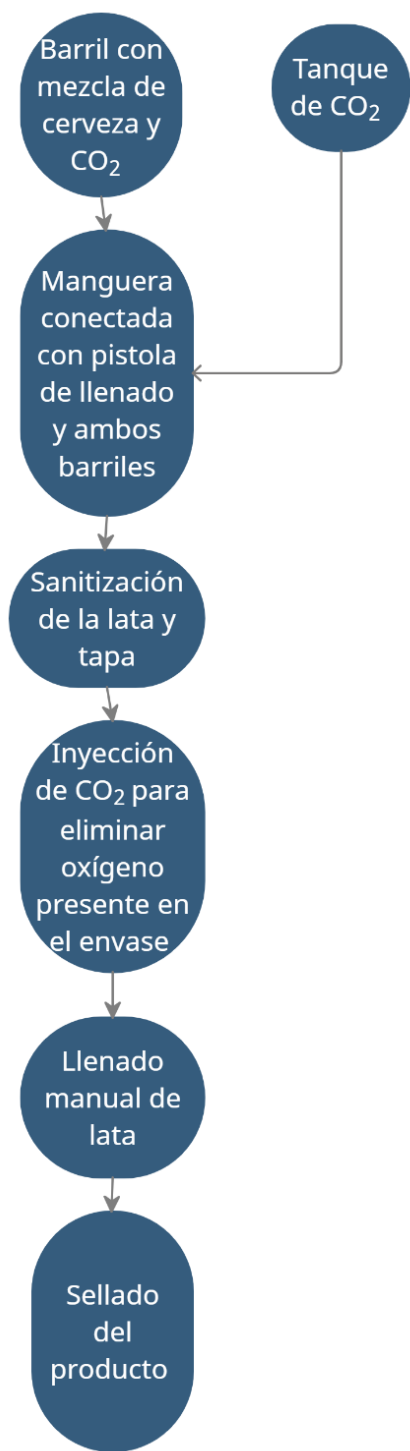


Diagrama 1-1. Proceso para llenar lata de cerveza.
Fuente: Elaboración propia.

1.2.1. Componentes del sistema de llenado

En las siguientes imágenes se muestra como son los componentes que conforman el sistema de llenado actual de Cervecería San Rafael limitada.



Imagen 1-1. Barril de cerveza.
Fuente: Cervecería San Rafael Ltda.



Imagen 1-2. Cilindro de CO₂.
Fuente: Cervecería San Rafael Ltda.



Imagen 1-3. Pistola llenadora de cerveza.
Fuente: Cervecería San Rafael Ltda.



Imagen 1-4. Selladora de latas semiautomática.
Fuente: Cervecería San Rafael Ltda.

1.3. **PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA**

A nivel mundial existen diversas empresas que se dedican a elaborar bebidas carbonatadas de distintos tipos, esto implica que exista una gran variedad en equipos e implementos para su preparación.

Este trabajo de titulación se centrará en el proceso de envasado, que es de importancia para la producción y venta de la cerveza, que además puede ofrecerse en distintos formatos, como son las latas, botellas y/o barriles; cada uno tiene una ventaja y desventaja respecto al otro.

El envasado es una etapa crucial para asegurar la calidad del producto en el tiempo, esto se debe que aquí se controlan los niveles de CO_2 y eliminar el O_2 presentes, además de verificar que no exista ninguna contaminación que pueda perjudicar la producción.

En la planta Cervecería San Rafael Ltda. existe una limitada gama de equipos y conjuntos que operan mediante dos conceptos esenciales para el llenado de las latas de cerveza que son el llenado ambiental y el sistema a contrapresión o también conocido como método isobárico.

El primer método es a través de un flujo directo desde el barril o contenedor con la bebida carbonatada a presión ambiental, sin un control de alta presión. La cerveza fluye a través del sistema a 0,8[bar]; al llegar al final del recorrido esta es la más cercana a la del ambiente 1[bar]. Lo anterior en conjunto de que el fluido tiene una temperatura de entre los 0°C y 4°C llega al final del recorrido sin producir una gran cantidad de espuma.

El segundo método ocurre dejando en contacto el recipiente con la llenadora; con esto se produce una sobrepresión en el envase que iguala la presión del depósito controlando la fase de despresurización, logrando que no se produzca la formación de espuma. (Ver imagen 1-5)

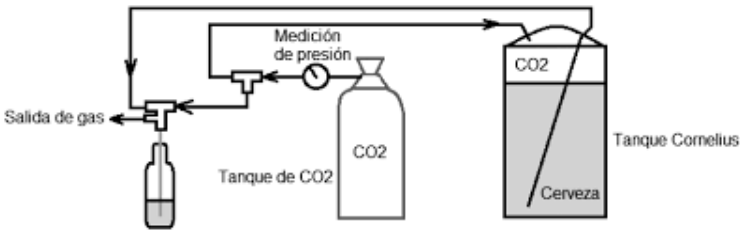


Imagen 1-5. Foto referencia sistema de llenado isobárico.
Fuente: (Prieto, 2015)

En la actualidad la empresa cuenta con un sistema de llenado de bebidas carbonatadas en el cual se tiene una conexión directa a los barriles o tanques, donde uno contendrá la cerveza ya preparada en las condiciones necesarias para su distribución por el sistema y en el otro contenedor el dióxido de carbono (CO₂), estos van conectados por unas mangueras hasta la pistola o boquilla de llenado. (Ver imagen 1-6)



Imagen 1-6. Foto referencia sistema actual de llenado.
Fuente: Cervecería San Rafael Ltda.

Al inicio del proceso se comienza a limpiar el interior de las latas para eliminar toda contaminación que pueda encontrarse presente dentro del recipiente, para ello se introducen en un

recipiente con líquido sanitizante. Una vez terminada la limpieza, se prosigue llevando al mesón de trabajo, donde con la pistola llenadora que es la encargada de distribuir la cerveza y el dióxido de carbono (CO_2) de los tanques, aquí se proporciona dentro del envase primeramente el gas para quitar idealmente todo el oxígeno (O_2) presente en el envase, dicha acción se realiza por un tiempo de aproximadamente cinco segundos. terminado lo anterior se prosigue con el llenado de la bebida carbonatada. (Ver imagen 1-7)



Imagen 1-7. Foto referencial del proceso llenador de la lata de cerveza.
Fuente: Cervecería San Rafael Ltda.

Una vez se llena el envase, se prosigue con el sellado, donde se lleva a la máquina que hará el cerrado final del producto, por último, se lleva a limpiar para quitar todas las impurezas que puedan quedar impregnadas en el exterior.

Todo el procedimiento anterior conlleva a que el proceso de llenado del producto final sea poco eficiente, puesto a que el operario debe llenar de un producto a la vez, en otras empresas poseen maquinarias más sofisticadas donde consiguen una producción mucho más elevada y eficiente en un mismo periodo de tiempo.

Además de que existe un mayor índice de error al llenar las latas manualmente, porque a diferencia de un sistema automático que funciona a través de sensores que detectan hasta qué punto se debe llenar con cerveza, el operario debe realizarlo de forma visual, con esto se dificulta el proceso, puesto que depende netamente de su experiencia y habilidad para determinar si está listo para sellarse la bebida carbonatada.

Otra problemática importante que está relacionado a lo anterior, es que el operario al tener que realizar todo el proceso en base a su experiencia y criterio personal, provoca que existan diferencias en la purga de oxígeno (O_2), esto significa que en cada llenado de lata se aplicaran distintos tiempos de llenado con dióxido de carbono (CO_2) y con esto distintas cantidades de este

compuesto, con ello se produce que no se logre tener claridad con la cantidad de sustancia que se necesite para llenar una determinada cantidad de cerveza.

1.4. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la mayoría de las empresas cuentan con diversos métodos para elaborar de manera rápida y eficiente un gran número de bebidas carbonatadas en un tiempo determinado de fabricación, por ello por necesidad de Cervecería San Rafael limitada se hará la implementación de un sistema de llenado semiautomático, el cual logrará aumentar la tasa de producción sin modificar la duración del proceso.

Al contar con un sistema donde el operario debe ir verificando manualmente el proceso de llenado provoca que exista más riesgo de error en el proceso actual al no saber de manera exacta que todas las latas de cerveza están llenas con la misma cantidad de cerveza y espuma; por ello un método de llenado semiautomático permite controlar de forma eficiente las distintas variables presentes.

Una variable es el CO₂ suministrado y con esto además se podrá realizar un análisis de cuanto dióxido de carbono se ocupa en un determinado periodo de tiempo y con esto realizar un catastro de cuanta producción durará un cilindro de CO₂.

Otra variable es que, con la aplicación de una mejora con menos intervención humana, en el proceso se podrá optimizar de mejor manera los tiempos de llenado, porque al modificar la estructura del proceso provoca que el usuario no tenga que estar manualmente llenando de una lata a la vez, con esto se podrá aumentar la eficiencia al poder llenar más envases al mismo tiempo.

Implementar una mejora para esta problemática será de gran impacto para la empresa, debido a que proporcionará una automatización a los procesos clave de enlatado que son la purga de oxígeno (O₂) y llenado de cerveza.

1.5. ALCANCE

En el presente trabajo de titulación se investiga las mejores opciones de implementación de un sistema de llenado ambiental de latas de cervezas, comparando y recopilando información

de la industria actual a nivel mundial, cumpliendo con los estándares de calidad de producción y servicios asociados.

La modificación que se realiza en Cervecería San Rafael limitada tiene un alcance no solo a su sistema, se puede ampliar y/o aplicar a cualquier sistema que requiera implementar una mejora a sus procesos.

La limitación que se podría encontrar presente es que no se adapte al cambio de formato de lata, como lo es el la altura o diámetro del envase, para ello se tendrá en consideración todos los parámetros anteriormente mencionados para realizar las modificaciones necesarias. Por ende, el alcance del envase a trabajar tendrá en estima formatos de latas como son los de 355 [ml], 473 [ml] y todo aquel que exista en el mercado de forma estándar.

1.6. EVALUACIÓN DE DISTINTOS DISEÑOS DE SISTEMAS DE LLENADO EXISTENTES EN EL MERCADO.

Para resolver las problemáticas actuales de Cervecería San Rafael limitada, se comparan distintos diseños existentes en el mercado actual y se adaptan a las necesidades de la compañía; se analizaron tres posibles soluciones entre todas las que se investigaron:

- Estación con sistema de llenado y envasado automático.
- Estación con sistema de llenado semiautomático.
- Estación con sistema compacto de llenado semiautomático.

1.6.1 Análisis inicial de las alternativas

Lo primero que se debe analizar es: ¿Cuál es el objetivo principal por lograr de la empresa?, Para poder tomar una decisión entre cada una de las alternativas propuestas en este primer capítulo, todo esto en base a las problemáticas descritas. A partir de esto se analizará a fondo la alternativa elegida para proseguir en el capítulo dos con el rediseño del equipo en base a los requerimientos de la empresa.

1.6.2 Alternativa uno: sistema de llenado y envasado automático

En esta alternativa existen diversos modelos que cumplen con las características descritas, la solución de automatizar secuencialmente los procesos de llenado de las latas de cerveza en conjunto del sellado de estas, para ello se cuenta con un sistema que a través de una cinta transportadora traslada los envases hasta el punto de llenado que serán unas boquillas que primeramente purgaran el oxígeno con dióxido de carbono; seguido se llenaran con cerveza para finalmente ser llevadas al final del proceso donde se hará el sellado automático de las latas. En este tipo de sistema se emplea el método de llenado isobárico.

Las ventajas que tiene este proceso es el automatizado, ya que no se necesita de una persona que tenga que estar interviniendo en el proceso en general, solamente al introducir y retirar las latas una vez estas ya se encuentren listas.

Aumenta la eficiencia en el llenado, es decir al establecer los parámetros necesarios de llenado y sellado, se obtendrán datos para establecer la cantidad de componentes y tiempo que se emplean en totalidad del proceso.

1.6.3 Alternativa dos: sistema de llenado semiautomático

Esta alternativa se diferencia de la anterior en varios aspectos, el primero es que no existe una cinta transportadora que permita un traslado automático de las latas, aquí el operario debe posicionar las latas en las boquillas situadas donde con un botón accionara primeramente el llenado con dióxido de carbono, luego se continuara con el llenado de cerveza en el envase.

Por último; la persona a cargo del proceso retira las latas para llevarlas a la máquina que hará el sellado final del producto. Las ventajas que comparte esta alternativa con la anterior son:

- Mantener regulado la cantidad de insumos necesarios para la elaboración del producto final.
- Mantener un tiempo de llenado y barrido de CO₂, con esto y junto al punto anterior se podrá llevar a cabo un registro para saber cuánto material se necesita para fabricar cierta cantidad de productora y los costos asociados a este proceso.
- En este tipo de sistema se puede elegir entre utilizar un sistema de llenado a presión ambiental o uno de contrapresión.

Los contras que tiene esta alternativa son:

- Al tener que intervenir un operario produce que el proceso sea menos preciso, es decir que dependiendo de la experiencia y el manejo del equipo que posea persona, el tiempo que se empleara en llevar a cabo cada paso ira variando relativamente versus el tiempo de la máquina automatizada.

1.6.4 Alternativa tres: sistema compacto de llenado semiautomático

En esta alternativa se utiliza el mismo método de llenado que en la alternativa dos, por lo cual en este proceso también interviene un operario para que la máquina realiza sus funciones de forma semiautomática.

La diferencia que tiene esta alternativa en contra de la dos es que esta es más compacta, es decir trabaja llenado y sellando de una lata a la vez, realizando todo esto de forma manual donde el usuario insertara el envase en el lugar correspondiente y seguido realizando el cerrado correspondiente del producto.

Las ventajas son:

- Mantener regulado el consumo de los insumos utilizados en el proceso.
- Más compacto y de fácil traslado en el caso de requerir movilizar el equipo.
- Mantener un tiempo de elaboración de la cerveza, con esto se puede llevar un registro del tiempo empleado.
- Se puede elegir entre un sistema de llenado ambiental o el isobárico.

Las desventajas son:

- Solo se puede fabricar de un producto a la vez, por ende, el proceso de llenar una cierta cantidad de litros de cerveza resulta más largo versus las otras alternativas.
- Al tener que intervenir un operario junto al punto anterior produce que sea un proceso lento comparado a la primera alternativa que viene siendo automático del sistema.

1.7. ELECCIÓN DE ALTERNATIVA

La alternativa del sistema a utilizar para dar inicio al proyecto de “Rediseñar equipo dispensador de bebidas carbonatadas en lata”, es la alternativa número dos: estaciones con sistema de llenado semiautomático.

Se elige esta opción en base a los requerimientos actuales que necesita cervecería San Rafael limitada resolver para seguir mejorando con sus servicios a los clientes, la necesidad es poder llenar más cantidad de latas en un determinado tiempo.

La empresa no necesita actualmente automatizar por completo sus procesos tanto de llenado como de sellado de las latas solamente requieren tener más capacidad de producción, por ende, la alternativa uno al ser más compleja al realizar por tener que implementar más componentes al sistema se descarta. Además, que esta opción no utiliza un sistema de llenado ambiental que es lo que quiere implementar la compañía.

La alternativa tres también se descarta, puesto que, al tener una capacidad de producción de una lata de cerveza a la vez, se mantiene la problemática de no elaborar más productos. Aunque tenga la opción entre fabricarse con un sistema de llenado isobárico o uno de llenado ambiental, la limitación descrita anteriormente lo deja fuera de los requerimientos que se necesita para la empresa.

Es importante destacar que la elección de la alternativa dos dará solución a los requerimientos de tener un mayor control de los insumos empleados en conjunto de incrementar la capacidad de llenado de las latas de estas bebidas carbonatas.

Se utiliza un sistema de llenado ambiental en esta opción, con esto se cumple uno de los requerimientos de la empresa para empezar con el rediseño del sistema actual que tienen implementados en cervecería San Rafael limitada. El aumento que tendrá la elaboración de estos productos se detallará en el capítulo dos de este trabajo de titulación.

CAPÍTULO 2: **REDISEÑO DEL SISTEMA ACTUAL LLENADOR DE LATAS DE**
CERVEZA

2.1. EXPLICACIÓN FUNCIONAMIENTO DEL NUEVO SISTEMA DE LLENADO

En el capítulo uno se presenta como la empresa Cervecería San Rafael realiza su proceso de enlatado de cerveza, además se menciona a grandes rasgos los beneficios del nuevo sistema en el que se basa el nuevo diseño. A continuación, se explica cómo funciona el equipo semiautomático que se utilizará como base para realizar las mejoras al diseño actual, con el fin de lograr satisfacer los objetivos propuestos de la empresa que se mencionaron en la primera parte de este trabajo de titulación.

El modelo en el cual se basa la mejora del sistema actual de Cervecería San Rafael es el SAFC-2XCC (ver imagen 2-1.) de la empresa E&S MACHINERY spA que se dedica a la venta de tecnologías para la elaboración de bebidas gaseosas.



Imagen 2-1. Equipo SAFC-2XCC.
Fuente: (SpA, 2020)

En este sistema se tiene que se llenan de a dos latas de cerveza al tiempo, donde el usuario debe colocar las latas en la base (ver imagen 2-1), seguido se pulsan dos botones, que empezaran a llenar de manera independiente cada recipiente hasta el punto configurado por la máquina. Seguido, el operador saca las latas para realizar el sellado del producto ya terminado.

El proceso de este modelo es muy similar al diseño que se plantea en este segundo capítulo del presente trabajo de titulación, pero existen ciertas diferencias para el modelo final.

A continuación, se mostrará una tabla comparativa de las características importantes de los tres modelos, donde el primero es el diseño actual de la empresa, el segundo en el cual se utilizará como base para la elaboración del equipo final que vendrá siendo el tercer modelo (Ver tabla 2-1).

Tabla 2-1. Tabla comparativa de los parámetros de cada modelo.

Parámetros	Diseño actual de la empresa	Equipo SAFC-2XCC	Diseño final
Carbonatación y llenado de la cerveza.	Manual, debe intervenir constantemente un operador.	semiautomática, debe intervenir operario	semiautomática, debe intervenir operario
Lectura de nivel de cerveza y cantidad de CO ₂ suministrado.	Visual, interviene un operador.	Automático, a través de un sensor	Automático, a través de un sensor.
Cantidad de latas llenadas en una ronda.	Se llena de una lata a la vez.	Se llena de a dos latas a la vez	Se llena de a cuatro latas a la vez.
Eficacia del proceso de llenado	Baja, depende del criterio de la persona a cargo	Alta, los insumos a utilizar se encuentran ya configurados.	Alta, los insumos a utilizar se encuentran ya configurados.

Fuente: Elaboración propia.

Además de todas las mejoras que se han explicado con anterioridad, se tendrá otro proceso importante donde con ayuda de dos cilindros se logrará el accionamiento de subida y bajada del cabezal principal donde van las boquillas y el sensor, la implementación de este sistema ayudara a tener un mejor control por parte del operador en el manejo de las latas, ya que facilitara la retirada de estas, al subir el equipo dejando las latas descubiertas.

2.2. COMPONENTES Y MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN

Para la manufactura del nuevo diseño que tendrá el sistema de llenado de Cervecería San Rafael, se tendrá que analizar distintos parámetros que permitirán elegir los componentes y materiales necesarios para su construcción.

Se deben tener en consideración todos los componentes necesarios para la elaboración y el correcto funcionamiento que debe desempeñar el sistema de llenado. A continuación, se listan todas las partes que tendrá el sistema nuevo:

- Mangueras para transportar el líquido a través del sistema.
- Sensor de nivel de cerveza.
- Boquillas de llenado de la cerveza y CO₂.
- Cilindros para levantamiento cabezal principal.

2.2.1. Elección de material base del equipo

La elección del material con el cual se construirá el equipo debe basarse en criterios de control calidad, es decir el proveedor donde se comprarán estos insumos debe estar certificado. Se analizan dos tipos, uno es armar el sistema en acero inoxidable y el otro en plástico.

En la siguiente tabla se dará a conocer las diferencias entre utilizar plástico y/o acero en la construcción del equipo, en conjunto de los beneficios y desventajas que cada uno de los materiales posee. (Ver tabla 2-2)

Tabla 2-2. Tabla comparativa de ambos materiales.

Plástico	Acero
Más económico	Más costoso
Más liviano debido a su baja densidad	Más pesado debido a su densidad
Material aislante	Material no aislante
Poca resistencia a altas temperaturas	Resistencia a altas temperaturas
Resistencia a la corrosión	Resistencia a la oxidación

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, el material con el cual se elaborará el equipo será de plástico debido a que es más económico que el acero, además de que no necesita poseer resistencia a altas temperaturas, puesto que se trabaja a temperaturas cercanas a los 0°C.

Se determino que realizar la estructura de plástico en el equipo es más económico que utilizar acero de acuerdo con un análisis realizado en el mercado que esta explicado en el capítulo 3 del presente trabajo de titulación.

2.2.2. Análisis de los sensores

Existen diversos tipos de sensores para distintos procesos o requerimientos, para este proyecto en específico, se analizaron una serie de modelos, cada uno con una cualidad y funcionalidad particular.

Para la elección del sensor se deben tener en cuenta parámetros como son el tamaño, ya que éste ira dentro de la lata de cerveza no puede tener un diámetro mayor al de la lata, ni ocupar más de $\frac{3}{4}$ partes del envase, puesto que además deben ir los dos tubos donde uno inyectara el CO_2 y el otro la cerveza.

Por lo cual, para su elección se considera que su diámetro no sea mayor a 30[mm] debido a que el diámetro superior interno de la lata es de 52.40[mm]. Teniendo además en consideración las medidas de las dos boquillas que irán en conjunto dentro del recipiente.

Otro factor destacable es la facilidad de conseguir repuestos en caso de ocurrir alguna falla con el sensor, en conjunto con esto los costos asociados a la compra de este artefacto, pero este factor ira explicado en el capítulo tres del presente trabajo de titulación.

2.2.2.1. Sensor de flujo o caudalímetro

La medición de nivel a través de un sensor de flujo es a través de una conexión directa a la manguera, donde a través del uso de unas aspas en su interior, ira midiendo cuanto liquido va pasando a través del sistema. También se encuentra en el interior un sensor que ira midiendo cada una de las revoluciones que van apareciendo, emitiendo una señal eléctrica.

Para estas mediciones de caudal y volumen de líquido utilizan el principio del efecto Hall, el cual, a través de una diferencia de voltaje que se produce; utilizando un pequeño rotor en forma de hélice que se coloca en el camino del líquido. (Ver imagen 2-2)

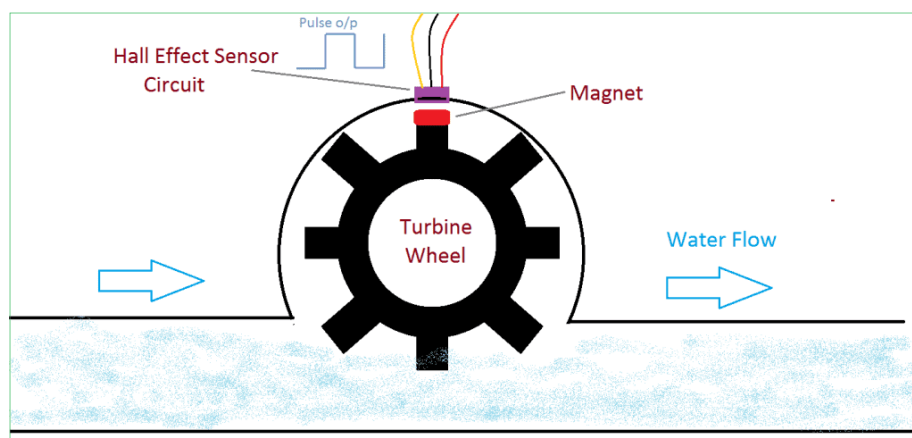


Imagen 2-2. Funcionamiento del sensor de flujo de agua de efecto Hall.
Fuente: (Newton, how2electronics, 2020)

El líquido mueve las aspas logrando que estas giren, entonces el rotor que está conectado al sensor de efecto hall produce un voltaje y/o pulsos; y midiendo estas señales se calcula el caudal en litros sobre horas, y el volumen total en litros utilizando una fórmula de conversión. (Ver imagen 2-3)



Imagen 2-3. Caudalímetro modelo YFS201.
Fuente: (Newton, how2electronics, 2020)

2.2.2.2. Sensor flotador

El principio de este sensor funciona en que existe una pieza que funcionara como flotador tiene integrado un sistema magnético dentro que a través de un tubo que funcionara como guía que tendrán en su interior un interruptor eléctrico que se activa en presencia de un campo magnético; estos se denominan contactos Reed. El imán del interruptor acciona los contactos a la altura ya establecidas y esto permite un control del nivel.

Con este sensor se puede medir más exactamente el nivel, puesto que se desprecia cualquier distorsión que se pueda presentar en el líquido a medir, en este caso al ser cerveza se puede despreciar la formación de espuma. (ver imagen 2-4).



Imagen 2-4. Imagen referencial del sensor a utilizar.
Fuente: (Store A. i., 2020)

2.2.2.3. Sensor ultrasónico.

El principio de este sensor es que mide la distancia a través de la propagación de sonido al primer objeto que tenga en la dirección del transmisor; contando de esta forma el tiempo entre que se emite la señal hasta que la recibe devuelta en el receptor. Al trabajar con un líquido se tiene que este no posee una capa estable, por ende, al chocas las ondas con la superficie de este, pueden rebotar y no devolverse hacia el receptor provocando menor exactitud en la medición.

Estos sensores tienen una distancia máxima dependiendo del modelo de 300[cm] y una distancia mínima de 3[cm], con una frecuencia de 40[Khz]; estos datos son del sensor SRF04 (Ver imagen 2-5).



Imagen 2-5. Sensor ultrasónico modelo SRF04.
Fuente: (Hernández, 2016)

2.2.2.4. Medición a través de resistencias

Con este método no se necesita de un sensor en sí, puesto que se utilizan resistencias de 10[K Ω], estas funcionan como divisores de corriente, con esto se tendrán entradas digitales conectadas a una placa Arduino.

Las resistencias estarán conectadas a unos cables, estos al entrar en contacto con el líquido lograrán un puente que permite el paso de la corriente eléctrica hasta el Arduino, este interpretará dicha señal como “recipiente lleno” y con esto se procederá a detener el suministro de cerveza. (Ver imagen 2-6).

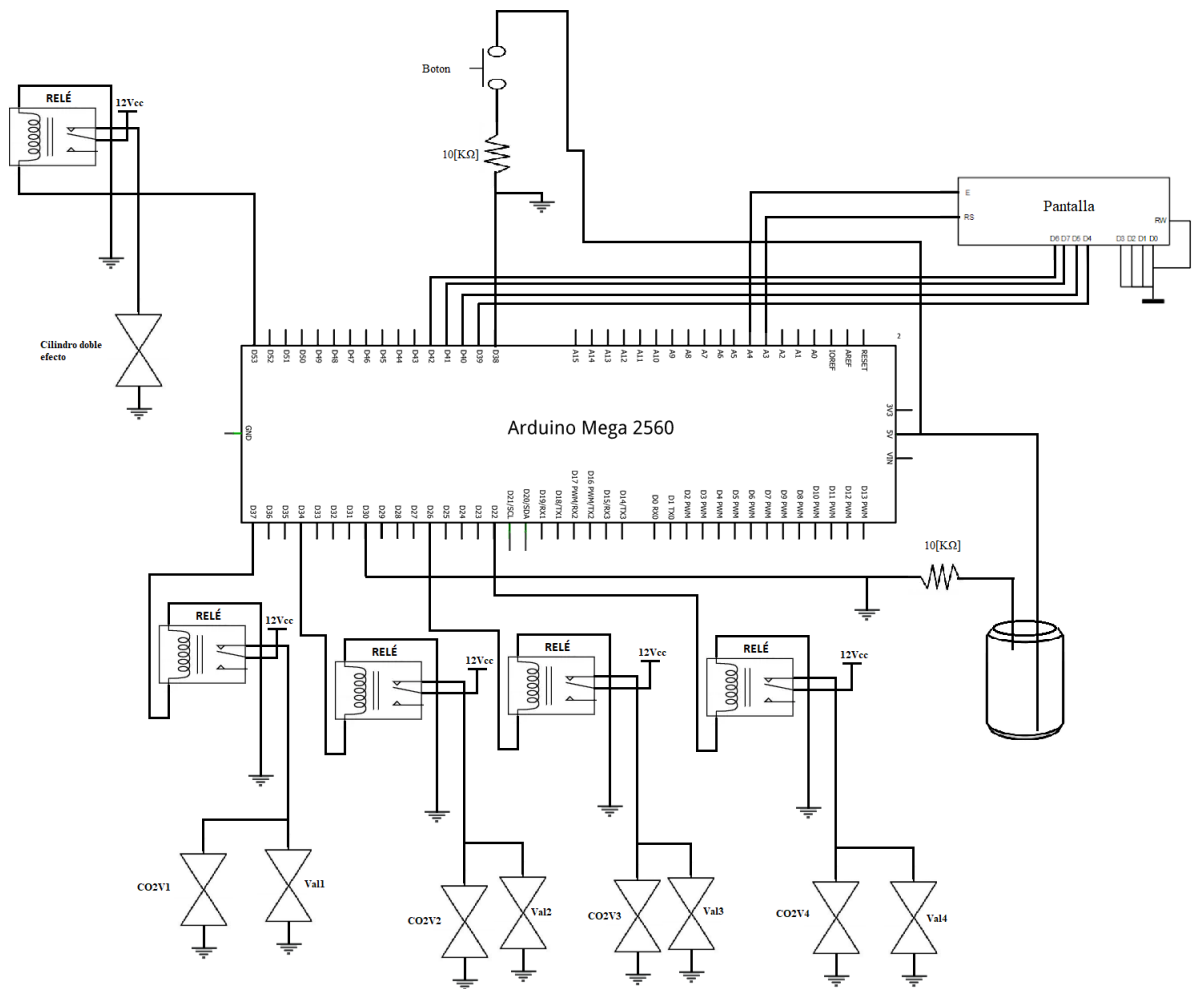


Imagen 2-6. Esquema de conexiones eléctricas del sistema
Fuente: Elaboración propia.

2.2.2.5. Ventajas y desventajas de los sensores

A continuación, se mostrarán dos tablas donde se analizaron tres sensores del mercado como opción para la optimización del proceso de llenado, donde se compararán los beneficios y desventajas que cada uno posee.

- Ventajas:

Tabla 2-3. Ventajas de los tres sensores.

Sensor de caudal	Sensor flotador	Sensor ultrasónico	Método resistencias
Puesta en marcha y montaje sencillos.	Puesta en marcha y montaje sencillos.	Puesta en marcha y montaje más complejos al tener que incluir formulas y cálculos.	Puesta en marcha y montaje sencillos.
Adaptable universalmente.	Adaptable universalmente.	Adaptable universalmente.	Adaptable universalmente.

Costo bajo y de fácil obtención en el mercado.	Costo bajo y de fácil obtención en el mercado.	Costo bajo y de fácil obtención en el mercado.	Costo bajo y de fácil obtención en el mercado.
Fácil modificación para obtener menos error de medición del caudal.	Medición más exacta despreciando la espuma de la cerveza.	La medición depende de la exactitud de la instalación y estabilidad del líquido.	La medición es exacta puesto que se detiene el proceso con corriente eléctrica.
Funciona tanto para depósitos grandes dimensiones como de bajas.	Funciona para cualquier tamaño de depósito.	Adaptable para cualquier tamaño de recipiente.	Adaptable para cualquier tamaño de recipiente.

Fuente: Elaboración propia.

- Desventajas:

Tabla 2-4. Desventajas de los tres sensores.

Sensor de caudal	Sensor flotador	Sensor ultrasónico	Método resistencias
Deposiciones o suciedad afectan en la medición.	Riesgo de atascamiento del flotador por presencia de suciedad.	Irregularidades de medición al trabajar con fluidos.	Cables con riesgo de corrosión.
Si el medio no es homogéneo la medición puede ser inexacta.	Tamaño relativamente mayor comparado con los otros dos sensores.	Correcta aplicación de fórmulas para la calibración y puesta en marcha del sensor.	---
Podría generarse espuma si no se controlan parámetros adicionales como el tipo de manguera.	Limpieza del sensor muy invasiva.	En presencia de humedad podría llegar a fallar.	---

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3. Elección del sensor

Teniendo en cuenta los datos recopilados con anterioridad, analizando distintos sensores existentes en el mercado, pero dejando finalmente los tres tipos vistos en este capítulo además del método con resistencias; mencionado, además, sus respectivas ventajas y desventajas se llegó a la conclusión de que el sensor óptimo para esta mejora que llevara el nuevo equipo de llenado de cervecería San Rafael es con el método de medición a través de resistencias.

La elección se debe a que este es el sensor con menos problemas al momento de realizar una limpieza al ser menos invasivo, no tiene problemas de calibración, ya que estos valores son modificables.

2.2.4. Elección de las boquillas

Se fabricarán boquillas de acero inoxidable, puesto que estarán trabajando directamente con la cerveza que es un líquido que puede corroer si no se elige el material adecuado, además de que el diámetro mínimo que deben tener es de 10[mm]. (Ver imagen 2-7).



Imagen 2-7. Imagen referencial de boquillas.
Fuente: (Vega, 2017)

2.2.5. Elección de las mangueras

En esta selección, se mantendrán las mismas mangueras que se utilizan actualmente en Cervecería San Rafael (Ver imagen 2-8). Una característica importante para elegir estas mangueras es el diámetro, puesto que a mayor su valor, es menor la cantidad de espuma que se genera en el recorrido.



Imagen 2-8.Manguera valpar codemasters.
Fuente: (Aburto, 2019)

2.2.6. Elección del cilindro

La elección del cilindro será la de uno de doble efecto por ser de bajo costo, además la empresa Cervecería San Rafael ya cuenta con uno en sus instalaciones, por ende, no habrá necesidad de tener que comprar uno, se reutilizará este implemento (ver imagen 2-9).

La función que tendrá este cilindro será la de subir y bajar el cabezal del equipo, donde se encuentran las boquillas y el sensor detector de nivel de cerveza.



Imagen 2-9. Cilindro doble efecto SC40X150
Fuente: (Chandia, 2021)

Para saber el consumo de aire del cilindro de doble efecto se realizan las siguientes ecuaciones.

Tabla 2-5. Datos para el cálculo de consumo de aire del cilindro.

Diámetro cilindro	32 [mm]
Carrera cilindro	200 [mm]
Diámetro embolo	16 [mm]
Diámetro vástago	40 [mm]

Fuente: Elaboración propia en base a información del cilindro.

2.2.7. Elección de válvulas

Para la elección de las válvulas que llevaran el sistema, se debe entender que su función es la de frenar el líquido al momento de que las latas se van llenando, por ende, se elegirán unas que ya posee la compañía (Ver imagen 2-10)



Imagen 2-10. Electroválvula.
Fuente: (Contreras, 2021)

La característica principal de estas válvulas es que son electroválvulas 2/2 normalmente cerradas, donde solo tienen dos vías una de entrada y otra de salida, que será por donde viajará la cerveza.

Se elige además una válvula distinta para el accionamiento del cilindro, esto debido a que la válvula anterior no tiene retorno, esto implicaría que al funcionar el cilindro llegando a su máxima extensión, este no podría devolverse debido a que el gas en el interior no puede escapar por ningún lado.

Por ende, para el accionamiento del cilindro se utilizará una válvula 5/2 normalmente cerrada, con esta se tendrá una salida para el gas que se encuentra en el interior pueda abandonar el sistema, para que el cilindro pueda volver a su posición original.

2.2.8. Elección del compresor

La función del compresor será la de suministrar el aire necesario para el accionamiento del cilindro de doble efecto mencionado en los puntos anteriores, esto lo logra incrementando la presión del gas. (Ver imagen 2-11)



Imagen 2-11. Compresor de aire portátil.
Fuente: (THAIFLUTECL, 2020)

2.2.9. Elección componentes electrónicos

En esta sección, se incluirán todos los componentes necesarios para la automatización y funcionamiento del sistema.

2.2.9.1. Plataforma hardware

La plataforma en la cual se desarrollarán las configuraciones necesarias para el funcionamiento del proceso será Arduino, esta funciona a través de códigos dando órdenes a los componentes electrónicos del sistema (Ver imagen 2-12).



Imagen 2-12. Arduino uno- FT232RL.
Fuente: (DePaquete, 2021)

2.2.9.2. Pantalla

En este apartado, se elige una pantalla lcd touch, esta sirve para mostrar textos, imágenes y/o cualquier información relevante que se necesite configurar; es una opción moderna y profesional (Ver imagen 2-13).



Imagen 2-13. Pantalla LCD 3.2".
Fuente: (Riley, 2020)

2.2.9.3. Relés

La función del relé será mandar la señal a las válvulas para que estas permitan el paso por el sistema a la cerveza; y una vez se termine el llenado de cada lata de cerveza, recibirá una señal para cortar la corriente que acciono las válvulas, logrando que estas corten el paso del líquido.

Además de lo anterior, también dará una señal a la válvula que se hará cargo del accionamiento del cilindro neumático de doble efecto; logrando con este bajar y subir el cabezal principal del sistema (Ver imagen 2-14).



Imagen 2-14. ejemplo grafico de un relé.
Fuente: (Rodriguez, 2020)

2.3. MONTAJE DEL NUEVO SISTEMA

El montaje del nuevo sistema tendrá ciertos pasos donde se elegirán las medidas que tendrá el equipo, en conjunto de como irán conectados los componentes electrónicos que harán funcionar el equipo para que realice su labor.

Para su realización se verán los planos de fabricación adjuntos en el presente trabajo de titulación, donde se muestran las medidas que deben tener, como van las conexiones de cada una de las partes, siguiendo todas las normas estipuladas.

2.3.10. Plano isométrico de la máquina

En este apartado se muestra el dibujo isométrico del nuevo sistema de llenado de bebidas carbonatadas en lata para visualizar como será su diseño final (Ver imagen 2-15).

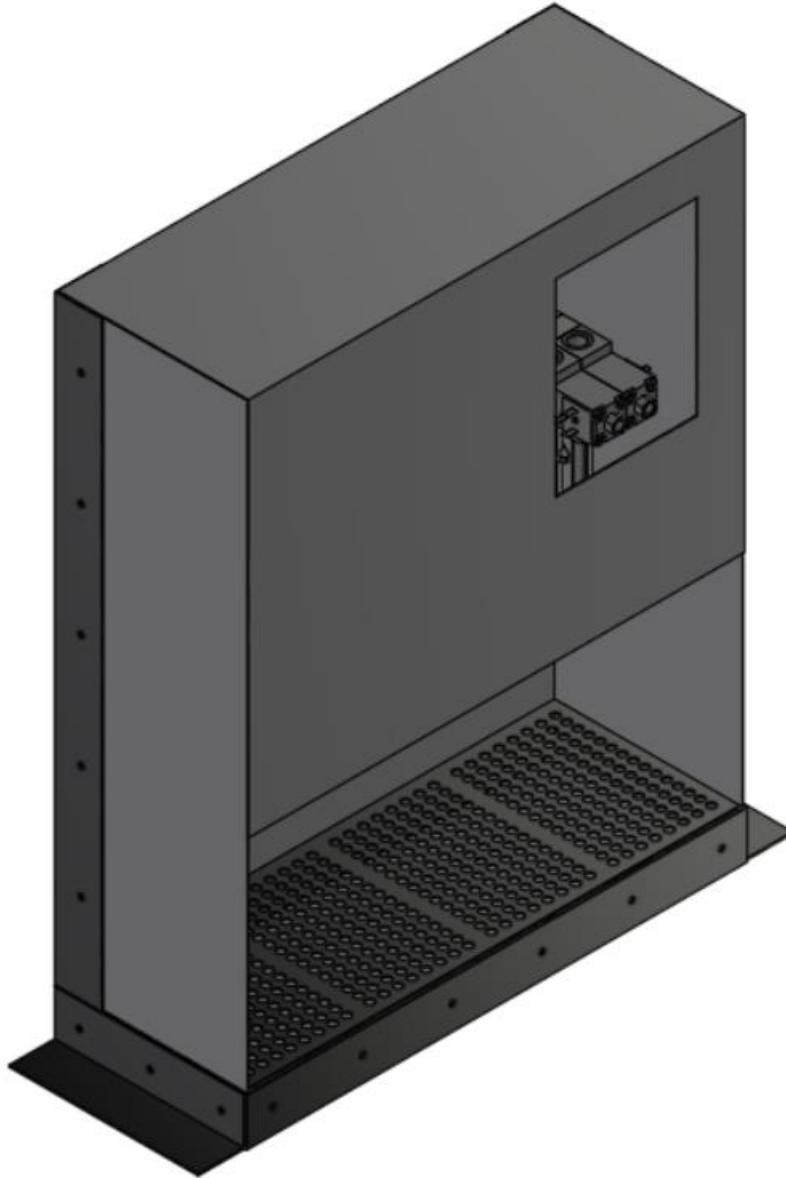


Imagen 2-15. Diseño equipo llenador de bebidas carbonatadas
Fuente: elaboración propia.

Para tener una perspectiva completa del diseño que tendrá el nuevo sistema de llenado de latas de cerveza (Ver ANEXO 1: PLANOS).

2.4. CONFIGURACIÓN DEL NUEVO SISTEMA.

En este apartado se explica gráficamente cómo funcionan las conexiones de los componentes para que cada una de las partes funcionen correctamente.

2.4.11. Esquema conexión del sensor

Para el correcto funcionamiento del sensor en el llenado de una lata de cerveza, se tiene que hacer una conexión en conjunto de la placa Arduino y los respectivos componentes (ver imagen 2-15).

Primeramente, con el caudalímetro se hará una conexión con el Arduino donde a través de un código configurado dentro de esta placa, además ira en conjunto un relé que incrementara el voltaje de 5[V] a 250[V] que es el necesario para que se accione la electroválvula.

Al empezar el sistema el sensor mandara una señal a la electroválvula para que permita el paso de cerveza por el sistema, seguido cuando el líquido avance y pase por el sensor de flujo, este detectará cuantos litros pasan y una vez se llegue a la cantidad configurada previamente por el operario, se mandara una señal al relé para cortar la corriente de la electroválvula y esta detenga el paso de flujo en el sistema. (Ver imagen 2-16).

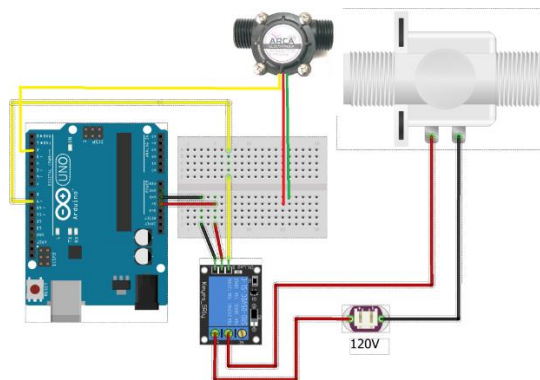


Imagen 2-16. conexión de sensor de flujo.
Fuente: Elaboración propia.

2.4.12. Funcionamiento del cilindro de doble efecto

El funcionamiento de este cilindro en el sistema desarrollado en este presente trabajo de titulación será primeramente que ira en conjunto de dos componentes, uno es una válvula 5/2 normalmente cerrada y el otro un compresor, ambos explicados anteriormente en el apartado de componentes y materiales para la fabricación.

Al tener conectado el compresor con la electroválvula, esta será la encargada de permitir el paso al aire a través de una señal eléctrica; entonces una vez que se permita la entrada del gas al sistema del cilindro de doble efecto, este se accionará a su máxima capacidad.

Finalizado el proceso de llenado a la electroválvula se le cortará la señal, impidiendo el paso del aire al cilindro, entonces lo que ocurrirá será que su vástago se devolverá a su posición inicial, logrando con esto que el cabezal del sistema suba y vuelva a su sitio original.

Otro punto al considerar es que se debe agregar un regulador de flujo para mantener la velocidad del pistón en los niveles requeridos y otro de presión para controlar de mejor manera los niveles de fuerza del cilindro de doble efecto. (Ver imagen 2-17 y 2-18).

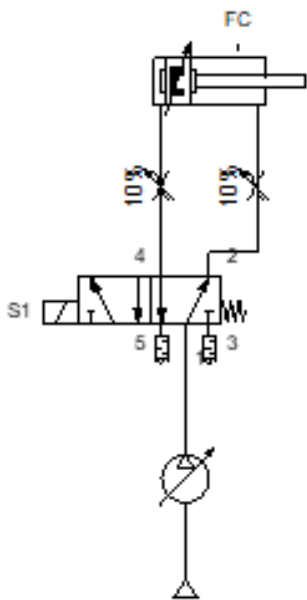


Imagen 2-17. Conexión cilindro doble efecto con electroválvula 5/2.
Fuente: Elaboración propia.

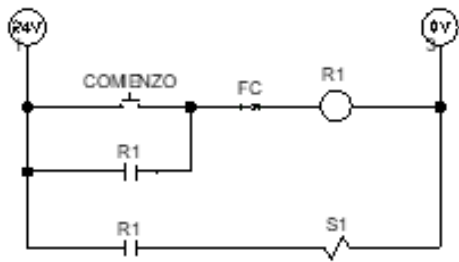


Imagen 2-18. Diagrama Ladder cilindro doble efecto.
Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de fuerzas y velocidad primeramente se deben conocer los datos técnicos del cilindro de doble efecto que se operara, una vez se tenga la información se prosigue con los cálculos. (Ver tabla 2-6).

Tabla 2-6. Datos técnicos cilindro doble efecto.

Diámetro vástago	25 [mm]
Diámetro embolo	40[mm]
Carrera	100[mm]
Presión de trabajo	0.8[MPa]
Velocidad	500[mm/s]

Fuente: Elaboración propia en base a información recopilada.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de fuerza (Ver tabla 2-7).

Tabla 2-7.Resultados obtenidos del cilindro doble efecto.

Área de avance	1257 [mm ²]
Área de retroceso	766[mm ²]
Fuerza teórica de avance	1005[N]
Fuerza teórica de retroceso	613[N]
Rozamiento	10%
Fuerza real de avance	905[N]
Fuerza real de retroceso	551[N]

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior (Ver tabla 2-7) se hace referencia a dos tipos de fuerzas, la teórica es cuando no se considera el efecto del roce en un caso ideal, en cambio como este se encuentra presente se considera un valor entre 5% y 15%, en este caso se utilizó 10% y se obtuvo el valor real de las fuerzas de retroceso y avance.

A continuación, se encuentran las fórmulas utilizadas para estos cálculos.

$$S_{avance} = \frac{\pi d_e^2}{4}$$

$$S_{retroceso} = \frac{\pi(d_e^2 - (d_v^2))}{4}$$

$$F_{teórica} = p * S$$

$$F_{realavance} = p * S_{avance} - F_{rozamiento}$$

$$F_{realretroceso} = p * S_{retroceso} - F_{rozamiento}$$

$$F_{rozamiento} = F_{teórica} * 10\%$$

2.5. **EFICIENCIA DEL PROCESO**

Analizado y explicado cómo será el montaje y conexiones de cada una de las partes del sistema, se ve que la eficiencia del proceso aumenta considerablemente considerando inicialmente el llenado de latas que manejaba la empresa Cervecería San Rafael Ltda.

Se tendrá entonces que se llenará de a cuatro latas de cerveza en un mismo tiempo, además de mantener controlados los insumos del proceso logrando con esto la futura generación de una trazabilidad para llevar un conteo claro y preciso de estos materiales. Se reduce el riesgo de error al lograr que el operario intervenga menos en el proceso y con esto mejor precisión en el desarrollo general del equipo.

La elaboración de este sistema tendrá costos asociados al tener que invertir en nuevos componentes, para ello en el capítulo siguiente se explicará y detallará cómo será la cotización y proceso de obtención de todos los materiales necesarios para la fabricación del nuevo sistema de llenado.

CAPÍTULO 3: **COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA**

3.1. ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DEL NUEVO SISTEMA

En el capítulo uno se analizó el estado actual del sistema de llenado de latas de cervezas de la empresa Cervecería San Rafael; viendo con esto las problemáticas existentes, analizando y planteando las futuras mejoras que tendrá dicho proceso.

A continuación, en el capítulo dos, se diseñó el nuevo sistema de llenado, para lo cual fue necesario analizar, comparar y plantear distintos componentes, los cuales son necesarios para poder llevar a cabo la construcción del nuevo equipo.

Finalmente, elegidos todos los elementos que tendrán participación en la manufactura del nuevo equipo llenador de latas de cervezas, se continua con el análisis de los costos necesarios para empezar con la compra de los materiales y componentes planteados en el capítulo anterior. Con esto, se sabrá cuanto será el presupuesto final para la puesta en marcha del proceso.

A continuación, se listarán todos los componentes necesarios para la manufactura del equipo, en conjunto de los materiales básicos para elaborar la estructura y/o carcasa de este; además de especificar la cantidad necesaria de cada elemento. (ver tabla 3-1).

Tabla 3-1. Lista de componentes.

Nombre componente	Cantidad [un]
Cables	4
Resistencias	4
Boquillas acero inoxidable 304	8
Cilindro SC40X150	1
Electroválvulas 2/2 NC FPD-270	8
Electroválvula 5/2 NC 4v210-08	1
Compresor Hyundai	1
Arduino Mega 2560 original	1
Pantalla LCD-TFT 2.8”	1
Modulo relé 8 canales	8
Mangueras Valpar codemasters	---
Plancha de PVC espumado	1

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la cantidad de elementos que deben usarse en el sistema, se procede a las cotizaciones de los componentes con la finalidad de obtener el valor total para su elaboración, además con esto poner tener una proyección futura de en cuanto tiempo se recupera la inversión a realizar.

3.2. ANÁLISIS Y COTIZACIÓN DE LOS COSTOS EN EL MERCADO

En el mercado existen diversidad de productos en base a modelos y características que cada uno de ellos posee, en relación con esto se analiza la elección de los componentes en función de las capacidades que cada uno posee en base a los requerimientos del proceso descrito en el capítulo anterior, además de analizar los costos asociados al envío del elemento de ser necesario.

3.2.1. Cotización de los componentes

En la siguiente tabla se muestra la cotización de todos los componentes en el mercado actual. (Ver imagen 3-2).

Tabla 3-2. Cotización componentes del sistema.

Componente	Tienda	Costo (CLP)	Costo envió (CLP)
Cables	MakersChile	\$70	Sin costo
Resistencias	MakersChile	\$140	Sin costo
Cilindro SC40X150	Banggood	\$26.600	\$4.234
Electroválvula 2/2 NC FPD-270	MakersChile	\$6.790	Sin costo
electroválvula 5/2 NC 4v210-08	Shopee	10.320	Sin costo
Compresor Hyundai	Triplee	\$129.490	Sin costo
Arduino Mega 2560 original	MCI electronics	\$35.990	Sin costo
Modulo relé 8 canales	Depaquete	\$5.600	\$3.000
Pantalla LCD-TFT 2.8"	Depaquete	\$11.000	\$3.000

Fuente: Elaboración propia de cotización con proveedores.

En la siguiente tabla existen dos tipos de boquillas, la primera es una con un diámetro mayor o igual a 10[mm] y la segunda son las boquillas para la salida de CO₂ en las latas, por lo cual el diámetro de estas debe ser el menor posible para que exista una mayor cantidad de dióxido de carbono pasando por el sistema.

Además, se detallará las medidas comerciales que poseen cada uno de los componentes cotizados en las tablas, para tener una referencia de si se necesita trabajar previamente el material o se puede utilizar directamente. (Ver tabla 3-3).

Se detalla cuanto se debe invertir para la elaboración del material base del nuevo sistema de llenado de latas de cerveza. Analizando precios de distintas tiendas y eligiendo la que tenga las medidas necesarias para la elaboración de cada una de las partes del equipo. (Ver tabla 3-4).

Tabla 3-3. Cotización componentes con medidas específicas.

Tubos de acero	Medidas	Tienda	Costo (CLP)	Costo envió (CLP)
Acero inoxidable 304	Diámetro interior: 10[mm]. Diámetro exterior: 12[mm] Largo pieza: 250[mm]	Wish	\$2.284	\$718
Acero inoxidable 304	Diámetro interior: 4[mm]. Diámetro exterior: 6[mm] Largo pieza: 250[mm]	Shopee	\$1.360	Sin costo

Fuente: Elaboración propia de cotización con proveedores.

Tabla 3-4. Cotización plancha plástico

Tubos de acero	Medidas	Tienda	Costo (CLP)	Costo envió (CLP)
Plancha de PVC espumado	Largo: 1.200[mm] Ancho: 800[mm] Espesor: 30[mm]	Mercadolibre	\$28.000	Sin costo

Fuente: Elaboración propia de cotización con proveedores.

A continuación, se muestra una imagen referencial de la plancha que se utilizara para la elaboración de la estructura principal del sistema. (ver imagen 3-1).



Imagen 3-1. Plancha de PVC 30[mm].
Fuente: Elaboración propia.

3.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En este apartado se detallarán todas las especificaciones técnicas de los componentes elegidos para tener una referencia del porque se eligió ese elemento en comparación a otros en el mercado, siempre teniendo en cuenta las bases necesarias para la manufactura del nuevo sistema llenador de latas de cervezas.

3.3.2. Especificaciones técnicas del cilindro doble efecto SC40X150

A continuación, se muestran las especificaciones técnicas del cilindro doble efecto modelo SC40X150 que se utilizara. (Ver tabla 3-6).

Tabla 3-5. Especificaciones técnicas cilindro doble efecto SC40X150.

Diámetro vástago	25 [mm]
Diámetro embolo	40[mm]
Carrera cilindro	100[mm]
Presión de trabajo	0.8[MPa]
Velocidad	500[mm/s]

Fuente: (Amazon, 2021).

3.3.3. Especificaciones técnicas electroválvulas

A continuación, se mostrarán dos tablas donde cada una mostrara las especificaciones técnicas de cada una de las electroválvulas, siendo la primera tabla (ver tabla 3-7) la electroválvula 2/2 NC y la segunda tabla (ver tabla 3-8) la electroválvula 5/2 NC.

Tabla 3-6. Especificaciones técnicas electroválvula 2/2 NC.

Voltaje operación	220 [V] AC
Corriente operación	0.6[A]
Potencia consumo	8 [W]
Presión funcionamiento	Entre 0.2[bar] y 8[bar]
Conector tubería	Rosca externa ½” o ¾” NPS Macho

Fuente: (MakersChile, 2021)

Tabla 3-7. Especificaciones técnicas electroválvula 5/2 NC.

Presión de trabajo	Entre 0.15 a 0.8 [MPa]
Temperatura funcionamiento	Entre -20 a 70[°C]
Tamaño	118x64x23[mm]
Bobina	AC220[V]

Fuente: (Shopee, 2021)

3.3.4. Datos técnicos del compresor de aire hyundai

Actualmente en la empresa no es necesario adquirir un compresor, debido a que actualmente la empresa ya posee un equipo funcional, por lo cual no es necesario la compra de otro, pero se detallara la información de un compresor similar (ver tabla 3-9).

Tabla 3-8. Especificaciones técnicas compresor de aire Hyundai.

Dimensiones	560x280x570[mm]
Presión de aire	8 [bar]
Caudal mínimo	195[L/min]
Potencia	2[HP]
Voltaje	220 [V]

Fuente: (Triplee, 2021).

3.3.5. Observación sobre las mangueras

En este apartado no se dará a conocer costos de las mangueras, puesto que la empresa ya tiene su propio proveedor que le proporciona este recurso, con esto se desprecia este valor en el gasto total de los componentes necesarios para el montaje del sistema.

Además, no es necesario abarcar en las dimensiones de este producto, debido que sus medidas se encuentran consideradas en la elección de todos los componentes que formaran parte del sistema de llenado.

3.3.6. Datos técnicos de los componentes electrónicos

Una vez analizado los costos de la obtención de estos componentes electrónicos, se continúa detallando los datos técnicos de los componentes electrónicos que se utilizarán para el sistema de llenado

Se elige el mecanismo no solo por el valor económico, sino también de que cumpla las necesidades y propósito que tiene en el manejo del equipo llenador de latas de cerveza. Todas las consideraciones se explicaron en el capítulo anterior para lograr el entendimiento de la elección de los componentes.

3.3.6.1. Datos técnicos placa Arduino mega 2560

En este proyecto se cotiza una versión de Arduino conocida como Arduino Mega, el cual tiene más entradas de conexión, que serán necesarias para conectar todos los componentes del sistema. (ver tabla 3-10).

Tabla 3-9. información técnica de la placa Arduino mega 2560.

Microcontrolador	ATmega2560
Numero entradas/salidas digitales	54
Numero entradas analógicas	16
Tipo de conexión	USB

Fuente: (Arduino, 2021)

3.3.6.2. Datos técnicos de los Relés

A continuación, se muestras las especificaciones técnicas de un relé 8 canales necesarios para el accionamiento de las electroválvulas (ver tabla 3-11).

Tabla 3-10. Especificaciones técnicas relé 8 canales.

Voltaje operación	5[V] DC
Numeros de Relé	8 CH
Capacidad máxima	10A/250VAC o 10A/30VDC

Fuente: (Naylamp, 2021)

3.3.6.3. Cotización Pantalla LCD Touch

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones técnicas de la pantalla LCD-TFT 2.8” que se utilizara para el nuevo equipo llenador de latas de cerveza (ver tabla 3-12).

Tabla 3-11. Especificaciones técnicas pantalla LCD-TFT ILI9341.

Tamaño pantalla	2.8”
Touchscreen	Traduce o interpreta las coordenadas de la pantalla, para poder trabajar con el panel táctil.
Controlador pantalla	ILI9341
Voltaje	Entre 4.8 a 5.5[V] DC

Fuente: (Depaquete, 2021)

3.4. ANÁLISIS DEL COSTO TOTAL DE LOS COMPONENTES

En base a las cotizaciones realizadas anteriormente, se pudo establecer donde se compraran los componentes necesarios para la puesta en marcha del equipo, pero en un futuro no significa que siempre se conseguirán los implementos en estos lugares, puesto que dependiendo de la situación que se esté experimentando en la empresa, se tendrá que buscar el medio más rápido para la obtención del componente necesario para la reparación del sistema; esto en caso de realizar alguna mantención y/o reparación de alguna falla que pueda ocurrir en determinado momento.

A continuación, se muestra una tabla (ver tabla 3-12), donde se verá el costo total que tendrá la obtención de todos los componentes necesarios para la puesta en marcha del equipo, se debe considerar que en este apartado se desprecia el valor de materiales básicos como por ejemplo los tornillos, pernos, cables, entre otros. Estos no tienen una gran incidencia en el costo final, pero si es un dato en consideración.

Los costos de mano de obra también se desprecian, puesto que este proyecto al armarse en la misma empresa con los dueños no es necesario recurrir a una empresa externa y/o trabajadores que armen o diseñen las piezas, todas estas consideración se resuelven dentro de la compañía y por ende en esta cotización se desprecia su valor.

Tabla 3-12. Costo final de las cotizaciones.

Componente	Cantidad [un]	Tienda	Costo unitario [CLP]	Costo total componentes [CLP]
Cables	4	MakersChile	\$70	\$280
Resistencias	4	MakersChile	\$140	\$560
Boquilla para cerveza de acero inoxidable 304	4	Wish	\$3.002	\$12.008
Boquilla para CO ₂ de acero inoxidable 304	4	Shopee	\$1.360	\$5.440

Electroválvula 2/2 NC	8	Shopee	\$5.050	\$40.400
Electroválvula 5/2 NC	1	Shopee	10.320	10.320
Arduino Mega 2560 original	1	MCI electronics	\$35.990	\$35.990
Pantalla LCD-TFT 2.8"	1	depaquete	\$14.000	\$14.000
Modulo relé 8 canales	1	depaquete	\$14.000	\$14.000
Plancha de PVC espumado	1	Mercadolibre	\$28.000	\$28.000
			TOTAL(CLP)	\$160.998

Fuente: Elaboración propia de cotización con proveedores.

Finalizando el apartado se analizó y obtuvo el costo total aproximado de los componentes del equipo que fue de \$160.998, este valor no considera materiales genéricos y/o básicos como son los pernos, cables, soldaduras. Además de la mano de obra que no implica un costo adicional, puesto que serán los mismos trabajadores quienes hagan la implementación del nuevo sistema de llenado de la Cervecería San Rafael.

3.5. JUSTIFICACIÓN DE LAS COTIZACIONES

En la sección anterior, se realizó una investigación de los distintos precios en el mercado existentes actualmente; se analizaron principalmente tres tiendas en cada uno de los componentes, las cuales se eligieron en base a parámetros como es el costo de producto y/o envió, calidad del componente.

Para la elección de los componentes no se enfocó en la marca del producto, si no en la calidad de este vs precio, en la empresa Cervecería San Rafael no es un factor que sea de importancia, ya que mientras el componente cumpla con la función específica por la cual se eligió, la marca es un parámetro secundario.

Para el componente electrónico Arduino, se eligió un modelo original, puesto que esta al ser la placa base del sistema, es importante asegurar una calidad y disminuir los errores que puedan presentarse con versiones piratas.

3.6. PLAZO RECUPERACIÓN INVERSIÓN

Después de saber cuánto es el valor de la implementación de esta mejora, ahora se calculará el tiempo que se demora en recuperar el dinero invertido; para ello se tiene la información de las ventas e insumos de Cervecería San Rafael.

A continuación, se muestran dos tablas donde se calculó en cuanto tiempo se demora en recuperar la inversión, donde primeramente se consultó con la empresa cuanto es el promedio de ventas que poseen al envasar latas de cerveza, para lo cual en promedio se llegó al valor de \$50.000 pesos chilenos por mes. (Ver tablas 3-14 y 3-15).

Tabla 3-13. Flujo caja proyecto por mes.

Numero de mes	0	1	2	3	4	5
FF	\$-160.998	\$40.000	\$50.000	\$60.000	\$70.000	\$80.000
Saldo actualizado 10%	\$-160.998	\$36.364	\$41.322	\$45.079	\$47.811	\$49.674
Saldo actualizado acumulado	\$-160.998	\$-124.634	\$-83.312	\$-38.233	\$ 9.578	\$59.251

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-14. Continuación tabla 3-14 flujo caja proyecto por mes.

Numero de mes	6	7	8	9	10	11
FF	\$90.000	\$100.000	\$110.000	\$120.000	\$130.000	\$140.000
Saldo actualizado 10%	\$50.803	\$51.316	\$51.316	\$50.892	\$50.121	\$49.069
Saldo actualizado acumulado	\$110.054	\$161.370	\$212.686	\$263.577	\$313.698	\$362.767

Fuente: Elaboración propia.

Con el valor anterior de ingresos y con una tasa de recuperación del 10% se pudo calcular a través de fórmulas el VAN que es la diferencia de dinero que ingresa a la empresa y el monto que se invirtió inicialmente; obteniéndose como resultado \$362.767. (ver tabla 3-16).

Tabla 3-15. Cálculos VAN, TIR Y PR.

TASA	10%
VNA	\$523.765
VAN	\$362.767
TIR	38%
PR (meses)	3,81

Fuente: Elaboración propia.

El valor calculado en el párrafo anterior da a entender que aparte de recuperar el dinero invertido genera una ganancia de \$362.767, además se calculó el valor del TIR, que es la tasa interna de retorno del proyecto, por lo cual se obtuvo un 38%, reflejándose un aumento en la tasa original de retorno que se solicitaba, ya que esta era de un 10%.

El periodo de recuperación, analizando la tabla 3-14, se ve que en el periodo 2 es el último mes en valor negativo, al hacer el cálculo del PR que es el periodo de recuperación de la inversión se refleja que en 3.81 periodos se recupera la inversión realizada.

3.7. **CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO**

Se pudo analizar el costo total aproximado que tiene la manufactura de este equipo que es de \$160.998, considerando los parámetros descritos anteriormente, además se compara este valor con el de una maquina llenadora duofiller de \$770.000 (Ver imagen 3-2) se muestra que es una opción más económica elaborarla que comprar una ya lista.

Además, se refleja que en un tiempo aproximado de cinco meses se recupera la inversión en este proyecto, con esto además reduciendo los tiempos de llenado en Cervecería San Rafael. Con lo anterior aparte de recuperar el dinero invertido y mejorar los tiempos, se logra poder llenar más latas en un mismo tiempo y con esto la posibilidad de aumentar el número de clientes que solicitan el servicio.



Imagen 3-2. Llenadora de latas automática duofiller.
Fuente: (Duofiller, 2021)

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

Finalizado el presente trabajo de titulación se pudo comprender a través de la investigación de distintos sistemas de llenado utilizados en la industria cerveceras, además de la lectura de artículos presentes en distintos foros y libros, como se efectúa este proceso a nivel industrial como artesanal.

Primeramente, se entendió la esencia del proceso de llenado utilizado en la empresa Cervecería San Rafael Ltda., es decir cómo funciona el sistema, luego a través del autoestudio y la investigación se vieron formas de como adaptar los equipos existentes en las diversas industrias y/o empresas, además de tener la información del presupuesto necesario para implementar una mejora como la realizada en este trabajo de titulación.

Existieron dificultades al momento de elegir el sensor, puesto que se tuvo que ir probando cada uno de los explicados en el capítulo dos para poder optar por el componente definitivo.

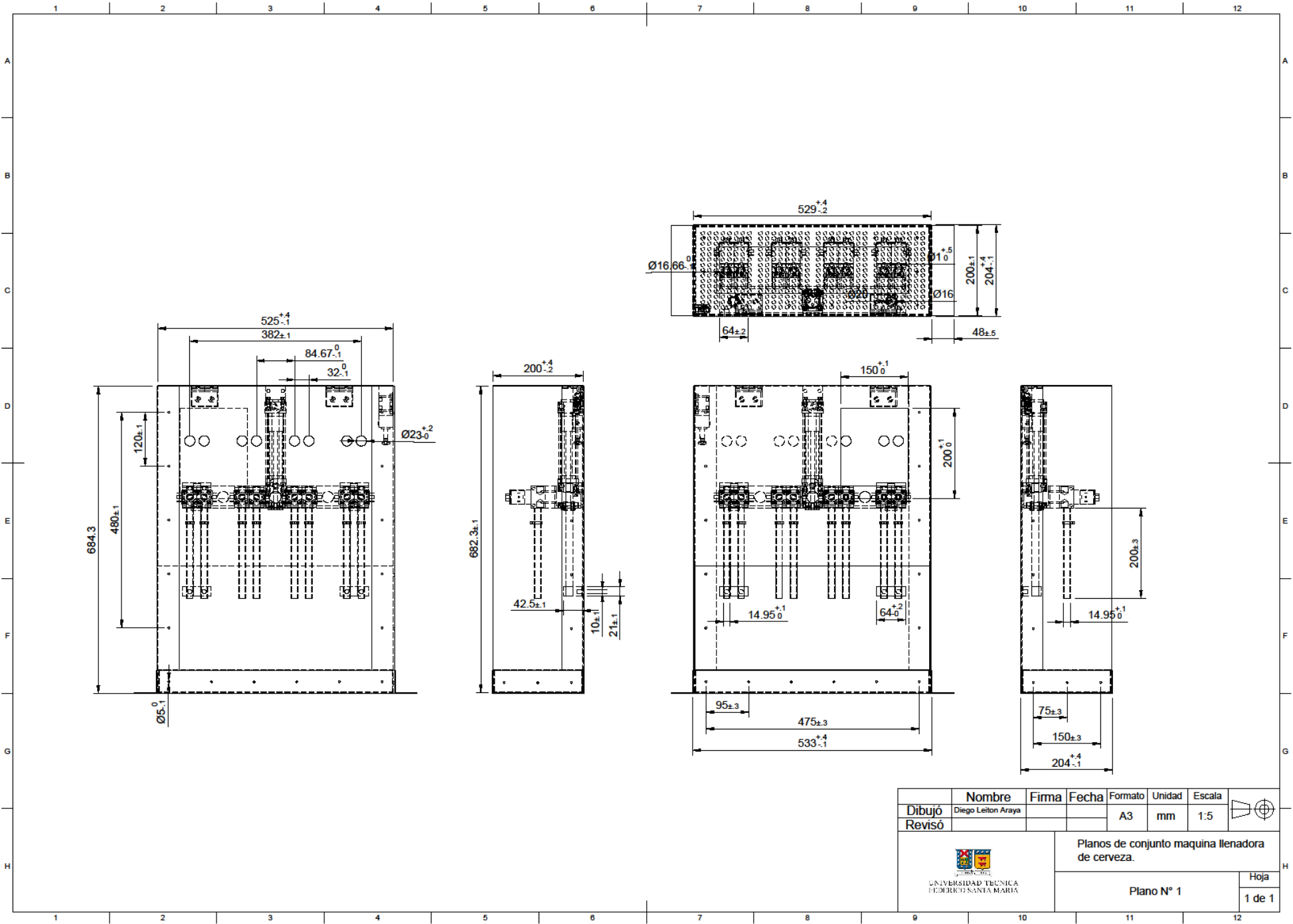
Se cumplieron los objetivos específicos planteados inicialmente, por lo cual con esto se cumplió el objetivo general de rediseñar el equipo actual de la empresa a un nuevo sistema que permite solucionar las problemáticas descritas en el primer capítulo, logrando satisfacer además las necesidades de la compañía.

Se recomienda trabajar con distintos profesionales al realizar mejoras, rediseños o manufacturas de cualquier equipo, puesto que, si involucran distintas áreas de estudio como son neumática, automatismo y control, electrónica, electricidad; etc. Resulta más complicado trabajar individualmente que con un equipo y/o personas que puedan apoyar en dichas materias.

Los resultados adicionales que se obtuvieron fueron que el rediseño planteado se puede adaptar a cualquier necesidad y/o modelo que pueda plantearse; puesto que al trabajar con la plataforma Arduino y esta al funcionar con un código abierto, se puede modificar los parámetros necesarios para adaptar la máquina a los estándares de cada empresa.

También como resultado adicional se obtuvo el tiempo que se demora en recuperar la inversión en conjunto de la rentabilidad del proyecto, es decir si deja ganancia o se pierde el dinero.

ANEXO I: PLANOS DE FABRICACIÓN



BIBLIOGRAFÍA

- Aburto, H. (22 de agosto de 2019). *insumoscervecedores*. Obtenido de <https://insumoscervecedores.cl/producto/manguera-valpar-1-2-x-metro/>
- Altronics. (14 de junio de 2021). *Altronics*. Obtenido de <https://altronics.cl/modulo-rele-8ch>
- Altronics. (08 de 06 de 2021). *Altronics*. Obtenido de <https://altronics.cl/sensor-flujo-caudal-yf-s201>
- Amazon. (18 de junio de 2021). *Amazon*. Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/neum%C3%A1tico-almacenador-intermediario-ajustable-industrial/dp/B08TN1HH2D>
- Arduino. (18 de 06 de 2021). *Arduino*. Obtenido de <https://arduino.cl/arduino-mega-2560/>
- Bargas, A. (21 de junio de 2010). *mercado libre*. Obtenido de https://www.polymerland.cl/contenido.php?id_articulo=145&id_categoria=39
- Chandia, M. (23 de mayo de 2021). *Wish*. Obtenido de <https://shortest.link/nyc>
- Contreras, G. (18 de 06 de 2021). *MakersChile*. Obtenido de <https://makerschile.cl/producto/valvula-solenoide-electromagnetica-flujo-12v-arduino/>
- David. (25 de Mayo de 2021). *Manomet current*. Obtenido de <https://manometcurrent.com/pneumatic-market-global-industry-perspective-comprehensive-analysis-and-forecast-2020-to-2025/>
- Depaquete. (18 de 06 de 2021). *Depaquete*. Obtenido de https://depaquete.cl/index.php?route=product/product&product_id=191
- DePaquete. (15 de junio de 2021). *Depaquete*. Obtenido de https://depaquete.cl/index.php?route=product/product&product_id=116
- Duofiller. (19 de junio de 2021). *mercadolibre*. Obtenido de <https://cutt.ly/9mif69a>
- Hernández, L. d. (10 de noviembre de 2016). *programafacil*. Obtenido de <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/sensor-ultrasonico-arduino-medir-distancia/>
- Herrera, F. (21 de 05 de 2019). *educativa.catedu*. Obtenido de http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4917/html/4_regulacin_de_v_elocidad.html
- Laize. (08 de 06 de 2021). *banggood*. Obtenido de <https://cutt.ly/Omrl22P>
- MakersChile. (09 de 06 de 2021). *MakersChile*. Obtenido de <https://cutt.ly/5mfB02z>

- Mcielectronics. (19 de junio de 2021). *Mcielectronics*. Obtenido de <https://www.mcielectronics.cl/shop/product/arduino-mega-2560-r3-10231?search=arduino+mega+2560>
- Naylamp. (18 de 06 de 2021). *Naylamp*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/drivers/177-modulo-relay-8-canales-5vdc.html>
- Newton, A. (9 de julio de 2020). *how2electronics*. Obtenido de <https://how2electronics.com/arduino-water-flow-sensor-measure-flow-rate-volume/>
- Newton, A. (9 de julio de 2020). *how2electronics*. Obtenido de <https://how2electronics.com/arduino-water-flow-sensor-measure-flow-rate-volume/>
- Nuñez, E. (21 de mayo de 2021). *Depaquete*. Obtenido de https://depaquete.cl/index.php?route=product/product&product_id=191&search=pantalla+lcd
- Prieto, F. B. (27 de junio de 2015). *revistas fuac*. Obtenido de <http://revistas.fuac.edu.co/index.php/clepsidra/article/view/629/588>
- Riley, A. (22 de noviembre de 2020). *Amazon*. Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/ILI9341-pulgadas-pantalla-320x240-resistente/dp/B07916R3KY>
- Rodriguez, M. L. (8 de julio de 2020). *robots argentina*. Obtenido de <http://robots-argentina.com.ar/didactica/modulos-de-rele-y-arduino-domotica-1/>
- Shopee. (16 de junio de 2021). *Shopee*. Obtenido de <https://shopee.cl/V%C3%A1lvula-solenoide-neum%C3%A1tica-de-Control-de-aire-4V210-08-AC-220V-DC24V-5-v%C3%ADas-2-posici%C3%B3n-1-4-pulgadas-BSPT-Control-el%C3%A9ctrico-%C3%BAnico-i.441014148.10103195730>
- SpA, E. M. (24 de diciembre de 2020). *esmachinery*. Obtenido de <https://www.esmachinery.cl/envasado-de-latas/>
- Store, A. i. (29 de 10 de 2020). *aliexpress*. Obtenido de <https://shortest.link/ny0>
- Store, H. (25 de mayo de 2021). *aliexpress*. Obtenido de <https://shortest.link/nyd>
- THAIFLUTECL. (17 de noviembre de 2020). *Mercadolibre*. Obtenido de <https://cutt.ly/mnZfVvk>
- Triplee. (18 de 06 de 2021). *Triplee*. Obtenido de <https://www.triplee.cl/compresor-hyundai-2hp-24-litros-220-volts-15700.html>
- Vargas, A. (01 de junio de 2021). *Depaquete*. Obtenido de https://depaquete.cl/index.php?route=product/product&product_id=251
- Vega, F. (22 de 10 de 2017). *Wish*. Obtenido de <https://shortest.link/ny1>

