

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA LA PREPARACIÓN DE
CÓCTELES**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecatrónico

AUTOR:

Jose Luis Abraham Churango Arenas

ASESOR:

Michel Sigüenza Astoquilca

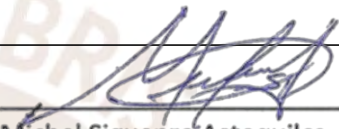
Lima, Enero, 2025

Informe de Similitud

Yo, MICHEL SIGÜENZA ASTOQUILLCA, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis titulado DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA LA PREPARACIÓN DE CÓCTELES, del autor JOSE LUIS ABRAHAM CHURANGO ARENAS, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 11%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 22/01/2025.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: San Miguel, Lunes 27 de enero del 2025.

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Sigüenza Astoquillca, Michel</u>	
DNI: 73193040	Firma  Michel Sigüenza Astoquillca
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7631-3922	



RESUMEN

En el Perú existen 75,500 establecimientos de entretenimiento en el que se puede servir comida o bebidas (Lopez, 2019, p24). En uno de estos establecimientos, el cual es una discoteca llamada Dizco, que opera de 10:00 pm a 4:00 am los días sábados, con un aforo de 150 personas ubicada en la ciudad de Lima, Perú, se observó una relación entre niveles de estrés de un bartender y periodos de alta demanda que llegaban hasta 63 cócteles por hora en dos eventos realizados durante el mes de noviembre y diciembre del 2024. A partir de ello, se encontró investigaciones que indican que dichos niveles de estrés pueden intensificarse y traer consecuencias hacia el bartender, los clientes, el establecimiento y el cóctel en presentar problemas de salud, conflicto verbal o físico, pérdidas económicas y baja calidad respectivamente. Por ello, a partir de dicha problemática, se plantea un diseño de un sistema automático para la preparación de cócteles, con el principal objetivo asistir al bartender en la preparación de cócteles y disminuir los tiempos de preparación de las mismas ante situaciones de alta demanda. Para ello se desarrolla en primer lugar una definición y análisis de la problemática mencionada anteriormente, del estado del arte, de los requisitos de usuario y de proyecto.

A partir de ello, se realiza el inicio del diseño mecatrónico utilizando la “Metodología de diseño para Sistemas Mecatrónicos”, el cual fue desarrollado gracias a un convenio entre la Pontificia Universidad Católica del Perú y la Universidad Federal de Santa Catarina. En dicha etapa se realiza la selección de los componentes del sistema a partir de las funciones que estos desarrollarán, se desarrolla el concepto solución del sistema, donde se realizan diseño eléctrico, mecánico, de software y de control según sea correspondiente. Además, se mostrará el sistema integrado mediante un modelo 3D, la arquitectura mecatrónica, arquitectura electrónica y diagrama de flujo de las principales funciones del sistema. Finalmente, se logra concluir que, bajo este diseño, se calcula un tiempo de preparación hasta 8 a 5 veces menor al que lo realiza el bartender, siendo el mayor ahorro de tiempo de preparación de 40 segundos a 5 segundos de un cóctel llamado Whiskey Fix, y una disminución de 1:00 minuto a 7.5 segundos para preparar un cóctel llamado Chilcano.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento principal a mi madre, Ruth; a mi padre que en paz descanse, Jose Luis; y a mis abuelos maternos que en paz descansen, Dionisio y Rosa Maria. También un agradecimiento especial a mis tíos Juan, Vicky, Abraham y a mi hermana Rosa Maria.

Por ser las personas que siempre creyeron en mí, por ser una gran fuente de inspiración, por recibir siempre su apoyo incondicional, y por enseñarme y acompañarme a ser la persona que soy hoy en día.

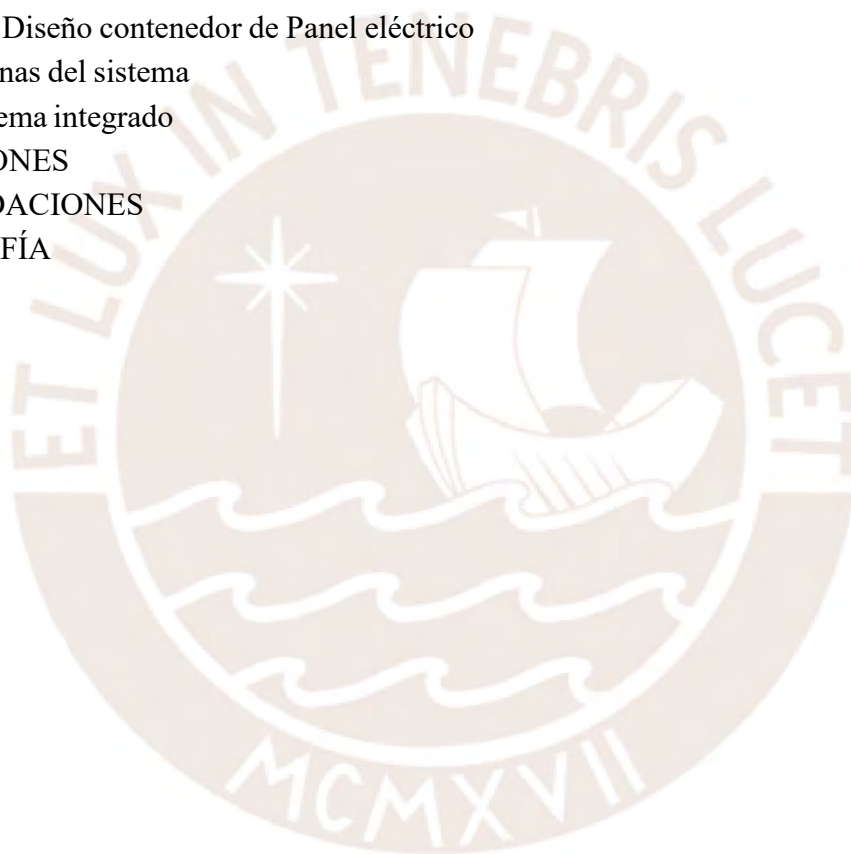
Muchas Gracias



INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
DEFINICIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LA TAREA	2
1.1. Identificación del problema y descripción de la tarea	2
1.1.1. Problemática	2
1.1.2. Propuesta	6
1.1.3. Objetivo general y específico del proyecto	6
1.2. Revisión del Marco de Referencia	7
1.2.1. Marco Teórico	7
1.3. Análisis del Estado del Arte	12
1.3.1. Prototipos artesanales	12
1.3.2. Publicaciones científicas	17
1.3.3. Productos Comerciales	21
1.3.4. Comparativa	24
1.4. Metodología de trabajo	26
1.5. Determinación de los Requerimientos del proyecto	27
1.5.1. Requisitos del usuario	27
1.5.2. Requisitos del proyecto	29
DISEÑO CONCEPTUAL	32
2.1. Descomposición funcional y síntesis de medios	32
DISEÑO POR SUBSISTEMAS	36
3.1. Sistema dispensador de vasos	36
3.2. Sistema de mezclado	37
3.2.1. Selección de motor DC y aspas de mezclado	38
3.2.2. Diseño del transporte cartesiano	39
3.2.3. Selección de recipiente de limpieza de aspas de mezclado	49
3.3. Sistema de servicio	51
3.3.1. Diseño de la compuerta de seguridad	52
3.3.2. Diseño del sistema de portavaso:	58
3.4. Sistema de almacenamiento de líquidos	63
3.4.1. Selección del envase de líquidos	63
3.4.2. Selección de sensor capacitivo	64
3.4.3. Selección de Luces indicadores de nivel de tanque	66
3.5. Sistema de transporte de líquidos	67
3.5.1. Selección de la bomba peristáltica y driver	67
3.5.2. Selección de válvulas y diseño del sistema de control de paso de líquido hacia el envase	76
3.6. Interfaz del sistema y Controlador	80

3.6.1. Diagramas de flujo del sistema	80
3.6.2. Diseño de interfaz	86
3.6.3. Selección de microprocesador	91
3.7. Algoritmo de control	94
3.7.1. Especificaciones de requerimientos de software	94
3.8. Sistema de suministro de energía eléctrica y conexión eléctrica	97
3.8.1. Arquitectura del diseño mecatrónico	97
3.8.2. Arquitectura del sistema eléctrico - electrónico	100
3.8.3. Selección de fuente de poder	102
3.8.4. Diseño de Módulo de poder	103
3.8.5. Diseño de placa de conexiones	104
3.8.6. Diseño contenedor de Panel eléctrico	106
3.9. Cabinas del sistema	109
3.10. Sistema integrado	113
CONCLUSIONES	117
RECOMENDACIONES	118
BIBLIOGRAFÍA	119



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tiempo de preparación, tiempo de servicio e insumos de cócteles	5
Tabla 2: Tiempo de preparación, tiempo de servicio, insumos de cócteles, tipo de preparación y familia de cóctel	10
Tabla 3: Lista de cocteles a automatizar en el Sistema automatizado para la preparación de cócteles	11
Tabla 4: Porcentaje de Error en el tiempo de preparación de cada coctel del equipo del alumno Martin Flor Domingez	19
Tabla 5: Comparación de precisión de volumen de líquidos	21
Tabla 6: Mención de componentes para comparativa	25
Tabla 7: Requerimientos de Usuario	28
Tabla 8: Requerimientos de proyecto	29
Tabla 9: Continuación de la Tabla de Requerimientos de proyecto	30
Tabla 10: Continuación de la Tabla de Requerimientos de proyecto	31
Tabla 11: Tabla de solución del nivel 3	32
Tabla 12: Continuación de la Tabla de solución del nivel 3	33
Tabla 13: Continuación de la Tabla de solución del nivel 3	34
Tabla 14: Descripción de componentes por grupo	35
Tabla 15: Datos para el cálculo del motor de paso de desplazamiento vertical	40
Tabla 16: Datos de carga y del tornillo para el cálculo del motor de paso de desplazamiento vertical	41
Tabla 17: Datos para la selección del motor de paso de desplazamiento vertical	42
Tabla 18: Cálculo para la selección del motor de paso de desplazamiento vertical	42
Tabla 19: Cálculo de rendimiento y factor de seguridad para la selección del motor de paso de desplazamiento vertical	43
Tabla 20: Datos para el cálculo del motor de paso de desplazamiento horizontal	44
Tabla 21: Datos de carga y del tornillo para el cálculo del motor de paso de desplazamiento horizontal	44
Tabla 22: Cálculo para la selección del motor de paso de desplazamiento Horizontal	45
Tabla 23: Cálculo del rendimiento y selección de motor para la selección del motor de paso de desplazamiento vertical	45
Tabla 24: Dimensiones de vaso de fiesta	58
Tabla 25: Datos para el cálculo de espesor de plancha	65
Tabla 26: Cantidad de cada ingrediente por cóctel	68
Tabla 27: Características de la bomba peristáltica KKDD-24S17A	69
Tabla 28: Resultados del experimento para el cálculo de caudal real y densidad	70
Tabla 29: Cantidad de insumos y tiempo de preparación por cóctel	72
Tabla 30: Características eléctricas de la bomba peristáltica KSP16-N40-24V	73
Tabla 31: Características eléctricas del módulo Relay 24VDC de 24 CH	74

Tabla 32: Tipos de señales de control de componentes	94
Tabla 33: Tipos de cócteles disponibles en el sistema	96
Tabla 34: Ingredientes que se requiere para el sistema	97
Tabla 35: Cantidad de cada ingrediente por cóctel	97
Tabla 36: Consumo de corriente de componentes	102
Tabla 37: Cálculo de ancho de pista de PCB de control	105



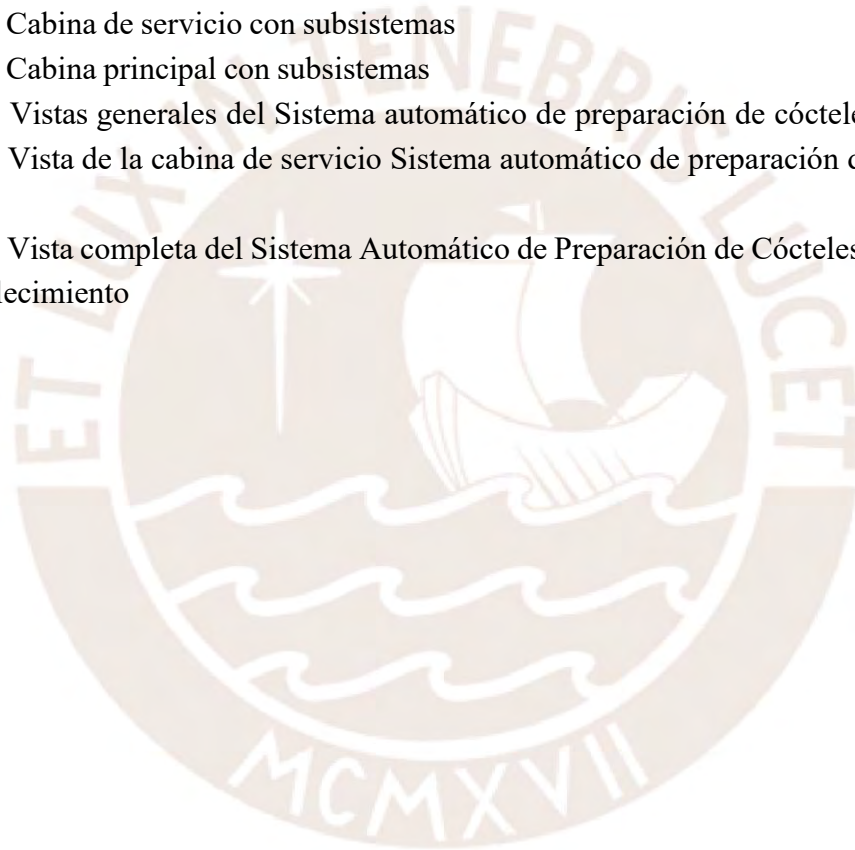
INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Imagen principal del proyecto Cocktail Machine	12
Figura 2: Plano eléctrico de Cocktail Machine	13
Figura 3: Vista interior del sistema Cocktail Machine	14
Figura 4: Vista frontal del proyecto Smart Bartender	15
Figura 5: Diagrama eléctrico del proyecto Smart Bartender	16
Figura 6: Panel de componentes eléctricos en el proyecto Smart Bartender	16
Figura 7: Contenedor de mezclado del cóctel	17
Figura 9: Vistas del prototipo del equipo del alumno Martin Flor Domingez	18
Figura 10: Estructura de soporte y tanques de almacenamiento del equipo del alumno Martin Flor Domingez	19
Figura 11: Imagen del exterior e interior del Smart Bartender with Peristaltic Pumps	20
Figura 12: Barsys 2.0+ y envase de licuado	22
Figura 13: Equipo Bartsian	23
Figura 14: Equipo Mixo Two	23
Figura 15: Equipo Gig Pro	24
Figura 16: Dispensador de vasos SW-LZB1-007	36
Figura 17: Sistema de dispensador de vaso	37
Figura 18: Unión del sistema de dispensador de vaso a la cabina principal	37
Figura 19: Motor DC 24VDC - 111 RPM	38
Figura 20: Aspas de Mezclado	38
Figura 21: Conjunto de Motor DC y aspas de mezclado con soporte	39
Figura 22: Movimiento cartesiano de modelo OX CNC	40
Figura 23: Perfil para roscas de tornillos y tuercas con juego en el diámetro exterior y del núcleo y sin holgura (dimensiones nominales)	42
Figura 24: Motor de paso Nema 23 Bipolar 1.8 deg 0.6 Nm 0.88A	43
Figura 25: Motor de paso Nema 23 Bipolar 1.8deg 1.26Nm 2.8A	46
Figura 26: Driver PaP TB6600 4A	46
Figura 27: Limit Switch Altech Corp	47
Figura 28: Ubicación del Limit Switch en el Sistema de Mezclado	47
Figura 29: Imagen general del Sistema de mezclado	48
Figura 30: Imagen de unión superior del Sistema de mezclado hacia la cabina de servicio	48
Figura 31: Imagen de unión inferior del Sistema de mezclado hacia la cabina de servicio	49
Figura 32: Soporte de recipiente de limpieza	50
Figura 33: Imagen de unión del soporte de recipiente de limpieza hacia la cabina de servicio	50

Figura 34: Recipiente de Limpieza - Sistole	51
Figura 35: Ubicación del Recipiente de Limpieza	51
Figura 36: Magnetic Lock FCL-60Kg - 24VDC	52
Figura 37: Sensor Fotoeléctrico OMRON E3Z-D81K-2M	53
Figura 38: Vista de Base de mecanismo de bloqueo	53
Figura 39: Mecanismo de Bloqueo	54
Figura 40: Vista de la puerta	55
Figura 41: Vista del tirador Manija asa de aluminio	55
Figura 42: Vista del corredor de la puerta-riel de acero DN-80	56
Figura 43: Vista de corredera DN-80	56
Figura 44: Vista de unión del Riel hacia el soporte	56
Figura 45: Vista de unión del soporte con riel a la cabina de servicio	57
Figura 46: Sistema de puerta de seguridad	58
Figura 47: Vista del portavasos	59
Figura 48: Vista de la cámara de servicio	59
Figura 49: Sensor Fotoeléctrico OMRON E3Z-D81K-2M	60
Figura 50: Lámina PP transparente	60
Figura 51: Integración del sistema de servicio	61
Figura 52: Vista de la unión del sistema de portavasos a la cabina de servicio	61
Figura 53: Bandeja de Acero Inoxidable Sistole	62
Figura 54: Ubicación del Recipiente de Derrames	62
Figura 55: Vista general del Sistema de Servicio	63
Figura 56: Envase de líquidos	63
Figura 57: Se sensor de nivel XKC-Y25-T12V	64
Figura 58: Sistema de almacenamiento de líquidos	64
Figura 59: Sistema de almacenamiento de líquidos en armadura de cabina principal	65
Figura 60: DCL de galón sobre vigas	66
Figura 61: Luz LED Light Electric	67
Figura 62: Bomba peristáltica KKDD-24S17A	68
Figura 63: Armado del experimento para el cálculo de densidad y caudal real de transporte	70
Figura 64: Unión de bombas peristálticas a Soporte de mecanismo de mezclado	73
Figura 65: Módulo Relay 24VDC de 24 CH	74
Figura 66: Tubo SFG1-1208-NAS-050	75
Figura 67: Soporte de Tubos de Transporte	75
Figura 68: Valvula NPV4-1C-27-24	76
Figura 69: Contenedor de válvulas	77
Figura 70: Sistema de contenedor de válvulas	77

Figura 71: Unión del Sistema de contenedor de válvulas hacia la Cabina de Servicio	78
Figura 72: Primera etapa de llenado de vaso	78
Figura 73: Segunda etapa de llenado de vaso	79
Figura 74: Tercera etapa de llenado de vaso	79
Figura 75: Diagrama de flujo principal	80
Figura 76: Diagrama de flujo de la función de “Verificación de nivel de los contenedores de líquidos”	81
Figura 77: Diagrama de flujo de la función de “Colocar vaso en el sistema y bloquear puerta”	82
Figura 78: Diagrama de flujo de la función de “Preparar coctel”	83
Figura 79: Posiciones de sistema de mezclado	84
Figura 80: Diagrama de flujo de la función de “Desbloquear puerta y retirar cóctel”	84
Figura 81: Diagrama de flujo del sistema según el usuario	85
Figura 82: Diagrama de flujo del proceso completo de servicio desde la vista de un cliente	86
Figura 83: Conexión del sistema de interfaz	87
Figura 84: Ventana principal	87
Figura 85: Ventana de Instrucciones de colocado de vaso y Ventana de carga	88
Figura 86: Ventanas de retiro de vaso del sistema	89
Figura 87: Pantalla HMI SIMATIC TP700 Basic Keyless Panel	89
Figura 88: Ubicación de Pantalla HMI en la Cabina se Servicio	90
Figura 89: Luz LED Light Electric	90
Figura 90: PLC Siemens y expansión	92
Figura 91: Comutador no Administrado KeeLink	92
Figura 92: Conexiones del PLC S71200 a componentes	93
Figura 93: Conexiones de extensión IO 1 a componentes	93
Figura 94: Conexiones de extensión IO 2 a componentes	94
Figura 95: Clases del sistema	95
Figura 96: Arquitectura de diseño mecatrónico	99
Figura 97: Arquitectura del sistema eléctrico-electrónico	101
Figura 98: NAOEDEAH 24V 600W DC Power Supply	103
Figura 99: Interruptor Termomagnético Phoenix Contact - 3A	103
Figura 100: Power Switch BD1-Series	104
Figura 101: Botón de Emergencia CDOE	104
Figura 102: Tarjeta PCB de conexión	106
Figura 103: Tarjeta PCB de conexión en 3D	106
Figura 104: Panel Eléctrico Schneider Electric	107

Figura 105: Vista externa de Panel de Control	107
Figura 106: Vista interna de Panel de Control	108
Figura 107: Unión del Panel de Control hacia la Cabina Principal	108
Figura 108: Vista general de Cabina principal	109
Figura 109: Unión de planchas hacia la Cabina principal	109
Figura 110: Vista principal de la Cabina de usuario	110
Figura 111: Vista de las planchas en la Cabina de usuario	111
Figura 112: Vista de la unión de la Cabina de usuario hacia la Cabina Principal	111
Figura 113: Rueda de carga de 5 in marca HOLKIE	112
Figura 114: Unión de rueda de carga a cabina principal	113
Figura 115: Cabina de servicio con subsistemas	113
Figura 116: Cabina de servicio con subsistemas	114
Figura 117: Cabina principal con subsistemas	114
Figura 118: Vistas generales del Sistema automático de preparación de cócteles	115
Figura 119: Vista de la cabina de servicio Sistema automático de preparación de cócteles	115
Figura 120: Vista completa del Sistema Automático de Preparación de Cócteles en un establecimiento	116



INTRODUCCIÓN

En el Perú se calcula que existen una cantidad de 75,500 establecimientos del tipo de comida, bebida y entretenimiento (Lopez, 2019, p24), en uno de estos establecimientos, el cual es una discoteca llamada Disco, que opera de 10:00 pm a 4:00 am los días sábados, con un aforo de 150 personas ubicada en la ciudad de Lima, Perú, se observó una relación entre niveles de estrés de un bartender y periodos de alta demanda que llegaban hasta 63 cócteles por hora. A partir de ello, se encontró investigaciones que indican que dichos niveles de estrés pueden intensificarse y traer consecuencias hacia el bartender, los clientes, el establecimiento y el cóctel.

En dichos escenarios, según indica una encuesta realizada en Dinamarca a 400 bartenders, el sujeto podría sufrir de problemas en su salud mental como estrés (33.71% reportaron sufrir de estrés al menos una vez al mes), uso de drogas (44.10% de los encuestados reportaron consumir algún tipo de droga durante sus jornadas) o alcohol (40.15% reportaron beber más de 5 bebidas durante su jornada), o en su integridad física al estar expuestos a escenarios de violencia física (55.88% de los encuestados reportaron ser testigos de actos de violencia) o a tener que intervenir en escenarios de violencia física (21.57% de los encuestados reportaron la necesidad de su intervención en actos de violencia) (Tutenges et al., 2013). Además, los establecimientos podrían sufrir pérdidas económicas como pérdidas de clientes o en desecho de cócteles mal preparados o que no llegaron al cliente, o pérdidas materiales como daño de utensilios de coctelería. Asimismo, los clientes podrían tener experiencias de mal servicio como cócteles mal preparados, confusión de pedidos o largos tiempos de espera. Inclusive, como consecuencia de un mal servicio, los clientes podrían reaccionar con violencia verbal que podría desencadenar una violencia física (Blend, 2018). Por ello, el objetivo general de este trabajo de tesis es el diseño de un sistema para la automatización de preparación de cócteles con la finalidad de apoyar las operaciones que realiza un bartender y mantener la calidad, reducir los tiempos de preparación y mantener la limpieza en cada cóctel a preparar.

El siguiente trabajo de tesis está dividido en tres capítulos. En el primero se define y planifica el concepto solución mediante un marco teórico, estado del arte, requisitos de usuario y de proyecto. Posteriormente, en el segundo capítulo, se realiza el diseño conceptual del sistema a partir de las funciones de medios y los componentes que realizan dichas funciones. Finalmente, en el tercer capítulo se realiza el diseño mecánico, eléctrico, sistema y de control del todo el equipo por subsistemas, y se obtiene un modelo completo en 3D.

CAPÍTULO 1

DEFINICIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LA TAREA

En este capítulo se realiza la identificación de la problemática, descripción del marco teórico, análisis del estado del arte, descripción de la metodología de trabajo a utilizar para este trabajo de tesis y determinación de los requerimientos de proyectos. La importancia de este capítulo es formular correctamente los requisitos del proyecto a partir de una problemática identificada.

1.1. Identificación del problema y descripción de la tarea

En esta sección se procede a identificar la problemática, presentar una propuesta de solución ante dicha problemática junto con sus respectivos alcances, y describir los objetivos generales y específicos del mismo.

1.1.1. Problemática

El trabajo de bartender es aquel que realiza el servicio de preparación y entrega de cócteles en establecimientos como bares, restaurantes, casinos, discotecas, eventos, etc (Wagner, 2014).

En este trabajo de tesis, se identificó una problemática a partir de un análisis que se realizó en la discoteca Disco en Lima, Perú con un aforo de 150 personas en dos eventos que se realizaron en el mes de noviembre y diciembre del año 2024. En dicho análisis se estudió los siguientes puntos:

- Flujo de demanda de cócteles en la zona de barra
- Flujo de personas en la zona de la barra
- Variedad de pedidos de cócteles
- Comportamiento de los bartenders durante su jornada
- Tiempo de preparación y servido de los cócteles y bebidas alcohólicas

Ambos eventos tuvieron una duración de 6 horas, desde las 10 pm hasta las 4 am. Además, en el establecimiento se cuenta con una barra rectangular que se ubica en el centro del local, en donde se realiza el preparado de cócteles y cuenta con 2 barmans distribuidos en dicha zona.

En primer lugar, se muestra el rango de tiempo de preparación de cócteles, tiempo de servido e insumos que utilizaron en la Tabla 1. Donde el tiempo de preparación del cóctel es el tiempo que le tomó a los bartenders realizar el cóctel, el cual incluye la selección de vaso, vertido de bebidas y mezclado; por otro lado, el tiempo de servido es el tiempo desde la toma de orden del cliente, pago del cóctel, preparación del cóctel y entrega del cóctel.

Tabla 1: Tiempo de preparación, tiempo de servicio e insumos de cócteles

Coctel	Tiempo de Preparación (MM:SS)	Tiempo de Servido (MM:SS)	Insumos
Mojito	1:10 - 1:30	1:50 - 2:10	Jugo de limón, Ron, Ginger Ale y Hielo
Chilcano	1:00 - 1:30	1:40 - 2:10	Jugo de limón, Pisco, Ginger Ale y Hielo
Pisco sour	1:30 - 1:50	2:10 - 2:30	Pisco, hielo, limón y clara de huevo
Cuba Libre	1:00 - 1:20	1:40 - 2:00	Ron, hielo, Jugo de limón y coca-cola
Screwdriver	0:40 - 1:10	1:20 - 1:50	Vodka, jugo de naranja y hielo
Gin and Tonic	1:00 - 1:30	1:40 - 2:10	Gin, Agua Tónica y jugo de limón
Gin Buck	1:10 - 1:30	1:50 - 2:20	Gin, jugo de limón, Ginger Ale y hielo
Whiskey & Coca-Cola	1:00 - 1:20	1:50 - 2:00	Whiskey, Coca-Cola y jugo de limón
Whiskey Fix	0:40 - 0:50	1:10 - 1:30	Whiskey, jugo de limón y hielo
Moscow Mule	1:10 - 1:30	1:50 - 2:20	Vodka, jugo de limón, Ginger Ale y hielo
Presbyterian	1:10 - 1:30	1:50 - 2:10	Jugo de limón, Whiskey, Ginger Ale y Hielo
Shot de Tequila	0:20 - 0:30	1:00 - 1:20	Tequila
Shot de Jager	0:20 - 0:30	1:00 - 1:20	Jagermeister
Cerveza Pilsen - Cusqueña - Corona	0:20 - 0:30	1:00 - 1:20	Botella de Cerveza

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 1, los tiempos para preparar los cócteles que están compuestos de 4 ingredientes demoran entre 1:00 y 1:30; por otro lado, los cócteles que están compuesto de un solo ingrediente, como los shots y cerveza en botella, tienen los menores tiempos de preparación y de servicio de 0:20 - 0:30 y 1:00 - 1:20 respectivamente, ya que solamente se requiere verter un líquido en el vaso o solo sacar la botella del freezer y destaparla para entregarla al cliente, y no se necesita realizar procesos de mezclado.

Además, se reconoció durante ambos eventos un pico de demanda durante toda la jornada de 63 cócteles/hora y 51 cócteles/hora, los cuales se registraron entre las 12 de la medianoche hasta la 1 am. Durante este periodo de tiempo, se observó que el flujo de

cócteles no era constante, sino que se presentaban picos de pedidos, estos picos podían llegar hasta 9 pedidos de bebidas alcohólicas en un periodo de 1 minuto por barman. Por lo que, durante esos intervalos de tiempo, los 2 barmans tenían que cubrir hasta 18 pedidos de bebidas alcohólicas.

Se observó que, durante estos periodos de alta demanda, el tiempo de preparación y de servicio llegaban a sus tiempos más bajos. Uno de los principales motivos de ello era que, durante esos periodos de alta demanda, los bartenders trabajan a mayor velocidad y concentración en la preparación y de la toma de pedidos. Sin embargo, se observó que durante dichos periodos, la probabilidad de que los bartenders cometieran ciertos errores eran más frecuentes. A continuación, se mencionan algunos errores que se observaron en ambos eventos.

- Cambio de pedido por parte del cliente
- Elección selectiva de clientes
- Derrame de líquidos o alimentos
- Imposibilidad de reconocimiento del cliente que ordenó el cóctel por parte del bartender.
- Desecho de cócteles mal preparados o que no llegaron al cliente.

Además, se observó que al final de dichos períodos de alta demanda, los bartenders terminaban cansados y se mostraba indicios de un ligero nivel de estrés; cabe mencionar que, en el transcurso de ambos eventos, no hubo incidentes físicos o verbales, o situaciones de estrés mayor que involucre al personal, el establecimiento o al cliente.

No obstante, se realizó una investigación para indagar sobre si la presencia del estrés es común en este tipo de trabajo y el tipo de consecuencias que puede tener hacia el trabajador, el local y el cliente.

Según una encuesta realizada en Dinamarca, por el Centro de Investigación de Alcohol y Drogas de la Universidad de Aarhus, hacia un grupo de 420 *bartenders* aproximadamente en dicho país, el 56.69% y el 55.88% de los encuestados comentan que fueron gritados y fueron espectadores de violencia durante su jornada laboral respectivamente. Además, el reporte indica que 33.71% de los encuestados reportaron sentirse estresados una vez al menos cada mes. Como consecuencia de ello, 68.3% de los encuestados mencionan que suelen tomar bebidas alcohólicas durante sus jornadas laborales, por lo que pueden desarrollar dependencia al alcohol, posible daño físico como cortes o golpes, y falla en la preparación del cóctel (Tutenges et al., 2013).

Por ende, se pueden cometer varios errores durante la jornada laboral del bartender a consecuencia de estos daños en su salud. A continuación, se lista alguno de los principales problemas que puede enfrentar un bartender durante su jornada según un blog titulado “62 Things that could be stressing out your bartender” (62 cosas que pueden estresar a su bartender) de David Blend (2014) en la página web *Thrillist*:

- Elección selectiva de clientes
- Olvido de receta o proceso de preparación del cóctel
- Desperdicio de ingredientes por error en la preparación del cóctel.
- Presencia de desorden en el lugar de trabajo del bartender por derrame de líquidos o alimentos.
- Olvido o imposibilidad de reconocimiento del cliente que ordenó el cóctel por parte del bartender.
- Exceso o falta de ingredientes en el proceso de preparación del cóctel como alcohol.
- Pérdida de calidad en el cóctel por mal reparto de ingredientes o por falta de ellos.

Con ello, se señalan las consecuencias de dichos errores:

- Insatisfacción del servicio otorgado por parte del cliente
- Contaminación higiénica del área de trabajo del bartender.
- Desecho de cócteles mal preparados o que no llegaron al cliente.
- Pérdida económica en alimentos por parte del establecimiento.
- Pérdida de clientes.
- Incidentes o eventos inadecuados o violentos en el establecimiento producto de un servicio incorrecto

En conclusión, se identifica que la labor de un bartender podría ser perjudicial para su salud física y psicológica debido a ciertos periodos de alta demanda de cócteles, y que ello podría estar relacionados a pérdidas económicas por parte del establecimiento en compra de alimentos o bebidas, pago a más personal de bartender y de seguridad, pérdida de clientes, y el incremento de pago de un seguro de salud hacia su personal de trabajo.

1.1.2. Propuesta

Según los estudios mencionados en la sección previa, la alta demanda de cócteles en discotecas puede causar problemas de salud hacia el bartender, gastos excesivos o pérdida de clientes por parte de los establecimientos, y malestar por parte de los clientes. Por ende, para el desarrollo de este trabajo de tesis se propone el diseño mecatrónico de un sistema automatizado cuya función principal es la preparación de cócteles para asistir al bartender ante una alta demanda de clientes y disminuir los tiempos de servicio. Con ello, se busca disminuir el nivel de estrés del bartender al omitir el tiempo de preparación y darle más tiempo para asistir otros clientes y sobrellevar los picos de alta demanda.

Dicho sistema automatizado podrá preparar y entregar al usuario una lista de cócteles a partir de sus ingredientes iniciales: bebida alcohólica, refrescos gaseosos o jugos, por lo que tendrá a su disposición distintos tipos de bebidas alcohólicas y líquidos. Por otro lado, el sistema operará en un espacio controlado bajo techo dentro de un establecimiento, en el cual ninguna persona podrá intervenir durante su funcionamiento de preparación y entrega del producto final. Finalmente, el pedido del cóctel será por medio del bartender,

quien está a cargo del sistema, por medio un sistema de interfaz, dicho personal será el cual realice el cobro por el cóctel y la entrega del mismo hacia el cliente final.

Por otro lado, durante el proceso de diseño mecatrónico del sistema, se tendrá en cuenta los siguientes alcances.

- Los cócteles que se realizarán en el sistema no contendrán ningún tipo de adorno en su presentación final. Es decir, solo se entregará en un envase el líquido con la mezcla final y no contendrá productos de adorno como sombrilla, cañas, cáscara de frutas, fruta cortada, entre otros. Si se añade algún tipo de ingrediente extra será por parte del bartender.
- El sistema llevará a cabo la elaboración de un cóctel de manera secuencial
- La cantidad de cocteles a preparar estará limitado por la cantidad de líquidos en los envases de alimentación.
- El sistema solo realizará la operación de preparación de cócteles; por lo que no realizará operaciones de cobro por el mismo.

1.1.3. Objetivo general y específico del proyecto

El objetivo general del proyecto es el diseño de un sistema mecatrónico para la automatización de la preparación de cócteles cuyo objetivo principal es asistir al bartender ante una alta demanda de clientes y disminuir los tiempos de servicio.

A continuación, se indicarán los objetivos específicos del sistema divididos por subsistema.

- Identificar una problemática que justifique el diseño del proyecto.
- Realizar el análisis comparativo del estado del arte.
- Realizar el diseño conceptual del sistema, en el cual se definirá los componentes y procesos necesarios para la automatización de la preparación de cócteles.
- Realizar el diseño mecánico para los subsistemas de dispensación de cócteles, de mezclado de líquidos, de almacenamiento y de suministro de líquido; así como para la cabina externa, la cual contendrá todas las partes del equipo y permitirá que este sea transportable.
- Realizar un módulo 3D virtual de todos los subsistemas y la integración de los mismos.
- Mostrar en el modelo el tipo de unión entre cada componente, su ubicación en el sistema y los movimientos del sistema.
- Realizar el diseño de software para el subsistema de interfaz y el subsistema de control tal que garantice el funcionamiento del sistema.
- Realizar el diseño del subsistema eléctrico-electrónico para el suministro de energía eléctrica, las conexiones eléctricas entre los componentes periféricos, sensores, actuadores, de control y conexión, y el diseño de panel eléctrico de control del equipo.

1.2. Revisión del Marco de Referencia

En esta sección se describen los conceptos que son partes del marco teórico, los cuales son los tipos de cócteles, tipo de ingredientes y tiempos de preparación.

1.2.1. Marco Teórico

- **Tipos de cócteles**

En primer lugar, según un artículo titulado “*Descubre qué tipos de cócteles existen y aprende a crear las bebidas más creativas*” de Valeria Alfaro (2021), existe una clasificación por tamaño del vaso y su contenido las cuales son las siguientes.

- **Short drinks:** Estos cócteles tienen la característica de que se sirven en un vaso pequeño de 2 onzas (59.1 ml) a 3 onzas (88.7 ml) de capacidad y el contenido de alcohol es de 1 onzas (29.6 ml) a 2 onzas (59.1 ml), por lo que este tipo de cócteles son más fuertes respecto al contenido de alcohol.
- **Long drinks:** Estos tipos de cócteles tienen la característica de que se sirven en un vaso de mayor tamaño con una capacidad de 10 onzas (296 ml) a 12 onzas (355 ml) y presentan una cantidad de alcohol de 1 onzas (29.6 ml) a 2 onzas (59.1 ml). Por ello, este tipo de cócteles son más populares, ya que la cantidad de alcohol es menor y, por ende, su sabor es menos intenso en alcohol.

En segundo lugar, en un artículo titulado “*Cocktail categories/families*” (Categorías y familias de Cócteles) de Simon Difford (2020), también existen distintas familias de cócteles a partir de los ingredientes que componen un cóctel. A continuación, se mencionan algunos.

- **Buck:** Cóctel compuesto de un destilado, hielo, ginger ale o ginger beer y zumo de limón. Ejemplo: Gin Buck
- **Cobbler:** Cóctel compuesto de un destilado o vino, fruta y azúcar. Ejemplo: Bamble
- **Collins:** Cóctel compuesto de un destilado, zumo de limón, azúcar y soda. Ejemplo: Tom Collins
- **Cooler:** Cóctel compuesto de un deslizado o vino y bebida carbonatada. Ejemplo, Colonial Cooler
- **Egg Nog:** Cóctel compuesto de un destilado, leche o crema de leche, yema de huevo y azúcar. Ejemplo: Eggnog
- **Fizz:** Cóctel compuesto de un destilado, cítrico, azúcar, y soda o champán. Ejemplo: Ramos Gin Fizz

- **High Ball:** Cóctel compuesto de un destilado y un mixer. Ejemplo: Scotch Whiskey Highball
- **Julep:** Cóctel compuesto de un destilado, menta y azúcar. Ejemplo: Mint Julep
- **Sour:** Cóctel compuesto de un destilado o licor, jugo cítrico, azúcar o endulzante y yema de huevo. Ejemplo. Pisco Sour

Finalmente, en el libro “*Cócteles para todos*” de José Hernández (2008, pp. 11-12), el autor realiza una clasificación de cócteles por tipos de preparación. A continuación, se mencionan los distintos tipos de preparación indicados por el autor.

- **Directos:** Aquellos cócteles en el cual se mezclan los ingredientes directamente en el vaso o copa donde se sirven.
 - **En vaso mezclador:** Aquellos cócteles en el cual se mezclan los ingredientes en un vaso y posteriormente, con ayuda de un colador, se vacía en otro vaso, el cual es el que se entrega al cliente.
 - **En coctelera:** Aquellos cócteles en el cual se mezclan los ingredientes en una coctelera mediante movimientos energéticos, breves y firmes. Posteriormente, se vacía en el vaso con la ayuda de un colador.
 - **En licuadoras:** Aquellos cócteles en el cual se mezclan los ingredientes en una licuadora y se obtiene una textura como la de un helado.
 - **Flambeados:** Aquellos cócteles que durante su preparación se prende fuego.
- **Tipos de Ingredientes, utensilios y herramientas necesarios en un bar:**

Según un extracto del libro “*The Craft of the Cocktail*” de Dale DeGroff (2002, pp. 93-97), se lista en el capítulo llamado The ingredients of the Cocktail (Los ingredientes en un cóctel) los distintos tipos de ingredientes que pueden formar parte de un cóctel, utensilios y herramientas mínimas necesarias para realizar un cóctel en un bar. A continuación, se mencionan algunos de ellos.

 - **Destilados:** Destilado de algún tipo de fruta o alimento. Algunos ejemplos a mencionar son el vodka (destilado de la papa), gin (destilado de distintos granos y cereales), pisco (destilado de uva), ron (destilado de la caña de azúcar), entre otros.
 - **Licores:** Concentrado de frutas, hierbas, nueces, condimentos, verduras, entre otros. Algunos licores de ejemplo son el Amaretto, Sambuca, Baileys, entre otros.

- **Hielo:** Uno de los ingredientes más importantes de la mayoría de los cócteles que se sirven en bares, discotecas o eventos. Su presentación puede variar en forma o tamaño.
- **Saborizantes y condimentos:** Aceitunas, jarabe de goma, jarabe de granada, amargo de angostura, entre otros.
- **Jugos:** Ingrediente compuesto por extracto de frutas o verduras.
- **Mixers:** Bebidas gaseosas como agua tónica, *ginger ale*, coca-cola, entre otros.
- **Frutas y Hierbas para decoración:** Rodaja de limones, rodajas de naranja, menta, manzana picada, piña picada, entre otros.

- **Tiempo de preparación de un cóctel:**

A partir de las características de los cócteles explicadas previamente, se muestra a continuación en la Tabla 2 la lista de cócteles, tiempos de preparación, tiempo de servicio, tipo de preparación, insumos y familia a la cual pertenece cada uno de los que se ordenaron en ambos eventos. Como se mencionó anteriormente, el tiempo de preparación del cóctel es el tiempo que le tomó a los bartenders realizar el cóctel, el cual incluye la selección de vaso, vertido de bebidas y mezclado; por otro lado, el tiempo de servido es el tiempo desde la toma de orden del cliente, pago del cóctel, preparación del cóctel y entrega del cóctel.



Tabla 2: Tiempo de preparación, tiempo de servicio, insumos de cócteles, tipo de preparación y familia de cóctel

Coctel	Tiempo de preparación (MM:SS)	Tiempo de Servicio (MM:SS)	Insumos	Tipo de Preparación	Familia de Cóctel
Mojito	1:10 - 1:30	1:50 - 2:10	Jugo de limón, Ron, Ginger Ale y Hielo	Directo	<i>Buck</i>
Chilcano	1:00 - 1:30	1:40 - 2:10	Jugo de limón, Pisco, Ginger Ale y Hielo	Directo	Buck
Pisco sour	1:30 - 1:50	2:10 - 2:30	Pisco, hielo, limón y clara de huevo	En coctelera	Sour
Cuba Libre	1:00 - 1:20	1:40 - 2:00	Ron, hielo, Jugo de limón y coca-cola	Directo	Collins
Screwdriver	0:40 - 1:10	1:20 - 1:50	Vodka, jugo de naranja y hielo	Directo	Cobbler
Gin and Tonic	1:00 - 1:30	1:40 - 2:10	Gin, Agua Tónica y jugo de limón	Directo	Collins
Gin Buck	1:10 - 1:30	1:50 - 2:20	Gin, jugo de limón, Ginger Ale y hielo	Directo	Buck
Whiskey & Coca-Cola	1:00 - 1:20	1:50 - 2:00	Whiskey, Coca-Cola y jugo de limón	Directo	Coller
Whiskey Fix	0:40 - 0:50	1:10 - 1:30	Whiskey, jugo de limón y hielo	Directo	Cobbler
Moscow Mule	1:10 - 1:30	1:50 - 2:20	Vodka, jugo de limón, Ginger Ale y hielo	Directo	Buck
Presbyterian	1:10 - 1:30	1:50 - 2:10	Jugo de limón, Whiskey, Ginger Ale y Hielo	Directo	Buck
Shot de Tequila	0:20 - 0:30	1:00 - 1:20	Tequila	Directo	Short Drink
Shot de Jager	0:20 - 0:30	1:00 - 1:20	Jaggermeister	Directo	Short Drink
Cerveza Pilsen - Cusqueña - Corona	0:20 - 0:30	1:00 - 1:20	Botella de cerveza	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 2, los cócteles del tipo *Buck*, *Collins* y *Coller* tienen un tiempo de preparación entre 1:00 y 1:30 minutos, y tienen ingredientes como zumo de limón, ginger ale, jugo de fruta, club soda, licor, hielo y jarabe de goma; una preparación en un solo recipiente; y un procedimiento de mezclado directo en el mismo envase. Por otro lado, los cócteles que tienen un tiempo de preparación de 0:40 - 1:10 son aquellos que tienen como ingredientes base licor, jugo o soda, y hielo, los cuales están dentro de la categoría *Cobbler Cocktail*; una preparación en un solo recipiente; y un procedimiento de mezclado de batido suave en el mismo recipiente final; por lo que son más fáciles de preparar respecto a los anteriores. En último lugar, los que tienen un tiempo de preparación de 1:30 - 1:50 minutos son aquellos cócteles que requieren un proceso de agitado prolongado de 10 a 15 segundos e ingredientes base como clara de huevo, licor y azúcar; por ende, son cócteles que requieren un mayor tiempo de preparación y métodos de mezclado de batido licuado.

A partir de dichas bebidas alcohólicas, se seleccionan los cócteles que comparten las mismas características para el desarrollo del sistema automatizado bajo dichos cócteles. Dichas características son que utilizan los mismos líquidos de adición como coca cola, ginger ale y jugo de limón, y que compartan el mismo tipo de preparación, el cual es del tipo directo. A continuación, se muestra en la Tabla 3 la lista de cócteles en los cuales se va a desarrollar el sistema automatizado para la preparación de cócteles.

Tabla 3: Lista de cocteles a automatizar en el Sistema automatizado para la preparación de cócteles

Coctel	Tiempo de preparación (MM:SS)	Tiempo de Servicio (MM:SS)	Insumos	Tipo de Preparación	Familia de Cóctel
Mojito	1:10 - 1:30	1:50 - 2:10	Jugo de limón, Ron, Ginger Ale y Hielo	Directo	<i>Buck</i>
Chilcano	1:00 - 1:30	1:40 - 2:10	Jugo de limón, Pisco, Ginger Ale y Hielo	Directo	Buck
Cuba Libre	1:00 - 1:20	1:40 - 2:00	Ron, hielo, Jugo de limón y coca-cola	Directo	Collins
Gin Buck	1:10 - 1:30	1:50 - 2:20	Gin, jugo de limón, Ginger Ale y hielo	Directo	Buck
Whiskey & Coca-Cola	1:00 - 1:20	1:50 - 2:00	Whiskey, Coca-Cola y jugo de limón	Directo	Coller
Whiskey Fix	0:40 - 0:50	1:10 - 1:30	Whiskey, jugo de limón y hielo	Directo	Cobbler
Moscow Mule	1:10 - 1:30	1:50 - 2:20	Vodka, jugo de limón, Ginger Ale y hielo	Directo	Buck
Presbyterian	1:10 - 1:30	1:50 - 2:10	Jugo de limón, Whiskey, Ginger Ale y Hielo	Directo	Buck

Fuente: Elaboración propia

1.3. Análisis del Estado del Arte

En esta sección se analiza el estado del arte, en el cual se harán mención de ciertas soluciones desarrolladas ante la misma problemática identificada previamente, así como ciertas publicaciones que servirán como inspiración para el desarrollo de la solución que se presenta en este trabajo de tesis. Para el desarrollo de esta sección se divide el estado de arte en tres tipos de sistemas, los cuales son los siguientes: Prototipos artesanales, Publicaciones científicas y Productos Comerciales. Finalmente, se realizará una comparativa de ciertos componentes presentes en el estado del arte para analizar sus diferencias y ventajas.

1.3.1. Prototipos artesanales

Se definen prototipos artesanales aquellos que fueron desarrollados con el principal propósito de entretenimiento y educación. Es decir, muestran su proceso de planeación y construcción y prueba mediante un video explicativo, sin embargo, no documentan algún estudio de una problemática, marco teórico, estado del arte o cálculos previos a la construcción del prototipo en su blog o en su video, sino que se basan en ensayos de prueba y error durante la construcción del prototipo, y en conocimientos previos en la selección de materiales y componentes. A continuación, se mencionan algunos prototipos artesanales en la automatización de preparación de cócteles.

- **Cocktail Machine**

Este proyecto fue desarrollado por el creador del contenido en *Youtube* “*Geat Scott!*”. Él muestra todo su proceso de construcción y testeó en un video el cual es subido en *Youtube*; además, la persona comparte la lista de materiales, planos, procedimiento y código para la programación del microcontrolador Arduino Nano en un *blog online* (GreatScottlab, 2017). A continuación se muestra la [Figura 1](#) de su proyecto final.



Figura 1: Imagen principal del proyecto *Cocktail Machine*

Fuente: [Instructables Circuits](#)

El sistema permite preparar un cóctel hecho a partir de tres ingredientes, los cuales son vodka, jugo de arándano y jugo de uva. Además, en la interfaz de la máquina se pueden activar las bombas en serie para la preparación del cóctel o de forma individual.

- Cuando se presiona el botón de “Inicio” la escala de la balanza se pone en cero y la bomba 1 se activa.
- Una vez que el líquido de la bomba 1 empieza a entrar al vaso y la balanza lo detecta mediante una variación en el peso del vaso con el líquido, un contador de T segundos empieza, el cual es el tiempo para verter la cantidad de líquido que se requiere en el vaso. Dicho tiempo T se calcula a partir de la siguiente fórmula, el cual se puede apreciar en la ecuación 1.

$$T = \frac{V \cdot \rho}{Q}$$

- Una vez que se cumple el tiempo T para el líquido 1, la bomba 1 se desactiva y un contador de 2 segundos se activa como tiempo de espera para que la bomba esté desactivada por completo.
- Después de los 2 segundos, la balanza se configura a cero y se activa la bomba 2.
- A partir de ello, se realiza la misma secuencia de pasos para verter los líquidos 2 y 3 en el vaso (GreatScottlab, 2017).

Por otro lado, el proyecto presenta varios puntos que presentan futuros problemas o defectos. En primer lugar, el sistema permite utilizar solo 3 tipos de líquidos para su mezcla, esto puede limitar de manera considerable el rango de cócteles que puede realizar. En segundo lugar, como se muestra en la [Figura 3](#), el proyecto utiliza materiales como madera, goma y cintillos, dichos materiales pueden presentar varios desafíos cuando se utilizan con líquidos. Por ejemplo, la madera puede descomponerse ante el contacto constante con líquidos y traer distintas consecuencias negativas como las siguientes: El desarrollo de bacterias que pueden alterar el estado de los líquidos, debilitación en la estructura que afecte su resistencia ante golpes o vibraciones, e inclusive posible envenenamiento hacia el usuario por presencia de baterías en los líquidos.



Figura 3: Vista interior del sistema *Cocktail Machine*

Fuente: [Instructables Circuits](#)

En tercer lugar, como se observa nuevamente en la [Figura 3](#), existe un desorden en el cableado, un mal sellado del equipo, y una falta de aislación entre el sistema eléctrico y el

sistema de cables que transportan los líquidos; como consecuencia, esto puede significar peligros de corto circuito e incendios a mediano o largo plazo.

Finalmente, aunque el proyecto presenta varios puntos a mejorar, se realiza una selección correcta de los componentes con el objetivo de minimizar gastos, facilitar programación y conexiones entre ellos. También, en su video logra describir de manera clara el proceso de selección de componentes, fabricación, programación y ensamble del proyecto.

- **Smart Bartender**

Este proyecto fue desarrollado por el creador de contenido en *Youtube* “*Hacker Shack*”. El muestra todo su proceso de construcción, selección de componentes y test en un video en *Youtube* y en un blog *online*. A continuación se muestra una imagen del producto finalizado en la [Figura 4](#).



Figura 4: Vista frontal del proyecto *Smart Bartender*

Fuente: Hackster.io

Este equipo es para el uso doméstico y para aquel usuario que no tenga conocimientos de preparación de cócteles (Hacker Shack, 2018). Este equipo cuenta con un sistema de actuadores, interfaz de datos de entrada y salida, y energía. Los principales componentes del equipo son los siguientes. Un microcontrolador Raspberry Pi para la programación de todo el sistema, conjunto de bombas peristálticas para el bombeo de los líquidos hacia el vaso, una pantalla LED como interfaz, conjuntos de relés para la activación y desactivación de las bombas, y una fuente de alimentación de 12V DC/DC y un regulador DC/DC de 12 a 5 VDC. A continuación, se muestra el diagrama eléctrico del proyecto en la [Figura 5](#).

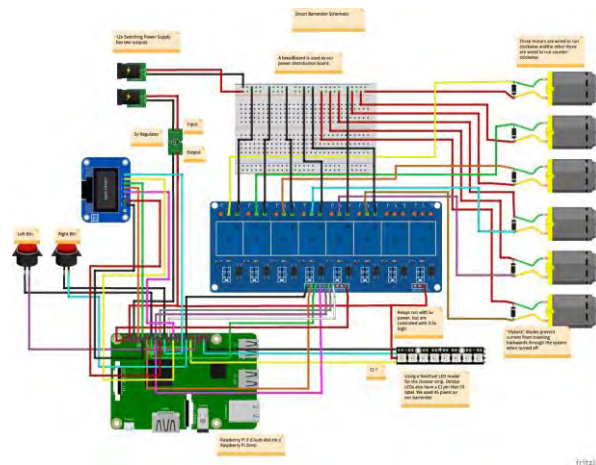


Figura 5: Diagrama eléctrico del proyecto *Smart Bartender*

Fuente: [Hackster.io](https://hackster.io)

En primer lugar, se resalta el uso de relés para la activación de las bombas, esto tiene sus beneficios y contras, ya que, a comparación de módulos puentes H, solo tiene dos estados de funcionamiento y la respuesta es más rápida; sin embargo, el uso de estos componentes limita la velocidad de bombeo a solo un valor, por lo que se tiene que considerar los tiempos de preparación de cócteles que se consideraron en este proyecto. Además, en cada bomba está conectado un diodo como seguridad ante corriente inversa, ya que, como señala el autor, los diodos previenen que la corriente vaya en sentido contrario se dirijan hacia el sistema cuando este está apagado, por lo que se previene algún daño hacia el resto de los componentes.

En segundo lugar, como se puede observar en la [Figura 6](#), se mantiene un orden en la ubicación de los componentes y en el cableado, y un aislamiento adecuado entre el sistema eléctrico y el sistema de tubos transportadores de los líquidos. Por ende, la probabilidad de cortes eléctricos o incendios es baja.



Figura 6: Panel de componentes eléctricos en el proyecto *Smart Bartender*

Fuente: [Hackster.io](https://hackster.io)

En tercer lugar, se observa que para la selección de los materiales en la infraestructura se usó madera con una capa de plástico, esto es beneficioso para el sistema, ya que se mejora la limpieza e higiene del lugar de trabajo, por lo que la probabilidad de derrames y contaminación del líquido es baja, y su estabilidad es alta.

En cuarto lugar, un punto a mejorar es que el equipo no cuenta con un sistema de sensores, porque un sistema que permita conocer el estado de una variable como peso,

tiempo o volumen en tiempo real, permite mejorar la calidad y el uso de los recursos con un sistema de control retroalimentado.

Finalmente, el producto puede mezclar hasta seis tipos diferentes de líquidos con cócteles predeterminados y hasta brinda la función de preparar un cóctel personalizado con cantidades que son elegidas por el usuario. Por lo que su alcance en cantidad de cócteles es mayor.

1.3.2. Publicaciones científicas

En esta sección se mostrarán las investigaciones académicas como artículos, tesis o patentes en el desarrollo de un sistema automático en la preparación de cócteles o relacionado a la automatización de un proceso de mezclado. A diferencia de los prototipos artesanales, estas publicaciones académicas son realizadas por estudiantes de universidades, academias o institutos académicos. Por lo que, se hace uso de un procedimiento científico para la identificación de problemas, soluciones o selección de componentes, los cuales consisten en mención de una hipótesis, identificación de un problemática, marco teórico, estado del arte, cálculos y diseño de componentes, discusión, resultado, etc.

- **Estación robótica interactiva para la preparación y dispensación de bebidas, en especial cócteles.**

Esta publicación es una patente con el código ES2625556T3, dicha patente diseña una estación para la preparación y dispensación de cócteles mediante un sistema de dos o tres brazos robóticos industriales, un sistema de mezclado, un sistema de dispensación de líquidos y un sistema de servido del producto final (Ratti, 2014). De esta patente se resalta el diseño del contenedor en el que se realiza la mezcla y el sistema de dispensación. En primer lugar, el proceso de mezclado lo realiza uno de los brazos robóticos industriales, el cual agita el contenedor para realizar la mezcla y posteriormente realiza el vertido hacia el envase final. A continuación se muestra en la [Figura 7](#) el dibujo de dicho envase para el mezclado y servido.

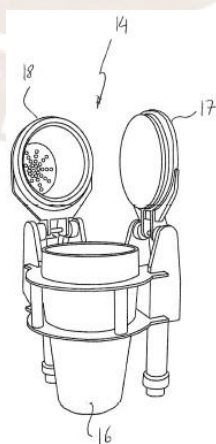


Figura 7: Contenedor de mezclado del cóctel
Fuente: Patente ES2625556T3

Como se puede apreciar en la [Figura 7](#), el contenedor presenta dos tapas diferentes (18 y 17), las cuales se sellan mediante un actuador que está conectado a un sistema de control. De esta manera, se puede añadir los ingredientes en el envase, realizar un sellado con la tapa 17, proceder a realizar el mezclado y ,finalmente, abrir la tapa 17 y realizar un sellado con la tapa 18, la cual es una capa de filtrado para servir el líquido final hacia el envase que irá al cliente.

- **Diseño de una máquina semiautomática para la mezcla de cócteles**

Este equipo fue diseñado para una tesis por el grado de ingeniero mecatrónico de la Universidad Internacional de Ecuador del alumno Martin Flor Domingez. Para el diseño de la máquina usó una metodología en la que identifica una problemática, la cual es la baja variedad de cócteles en el var Vieja Guardia PUB & Grill, revisa el marco teórico, el estado del arte, analiza los requerimientos del usuario que posteriormente se transforma a requisitos del proyecto, inicia una selección de componentes a partir de las funciones a realizar, realiza el diseño de componentes que son necesarios fabricar y finalmente indica la arquitectura del sistema y el diagrama de flujo (Flor, 2019). A continuación, se muestra el diseño del prototipo planteado en la [Figura 9](#).



Figura 9: Vistas del prototipo del equipo del alumno Martin Flor Domingez

Fuente: [Arizona State University](#)

Durante el desarrollo de investigación se resalta el funcionamiento que tiene el equipo, ya que está compuesto de sistemas de sensores, actuadores, interfaz, entrada, salida y energía. Porque el sistema tiene un sistema de control retroalimentado mediante el sensado de nivel de líquido en los contenedores y de presencia en el interior de la máquina para la indicación de llenado de los contenedores y de derrame de líquido o de sólidos en el interior del equipo respectivamente. También, cuenta con un conjunto de bombas peristálticas para el control de velocidad de bombeo mediante uso de drivers puentes H de los líquidos hacia al vaso.

En segundo lugar, se resalta el diseño de los contenedores en el cual se depositarán los líquidos y de la estructura que los sostendrán mediante pruebas de resistencia de materiales por fuerza normal, presión, flexión y revisión de normas internacionales. A continuación se muestra en la [Figura 10](#) su diseño terminado.

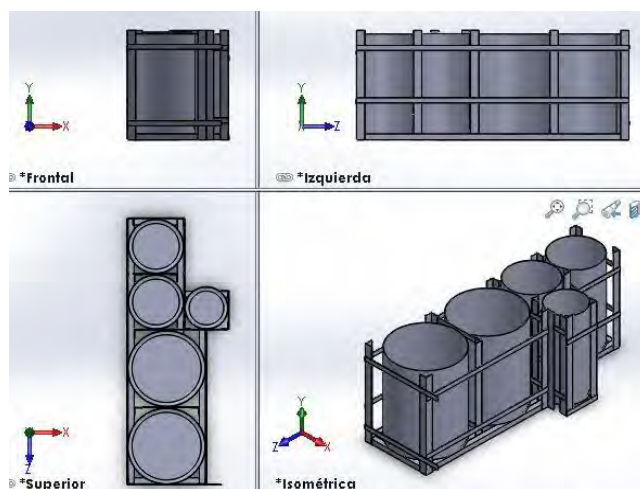


Figura 10: Estructura de soporte y tanques de almacenamiento del equipo del alumno Martin Flor Domingez

Fuente: [Arizona State University](#)

En tercer lugar, se resalta las evaluaciones que realizó midiendo los tiempos para saber la eficiencia del equipo, el autor concluyó que los tiempos de preparación varían menos de un 2% al tiempo teórico que demoraría la preparación de dichos cócteles, la cual es de 16.9 seg. A continuación, se muestra la tabla de errores de tiempo en la preparación de cócteles el cual es la Tabla 4.

Tabla 4: Porcentaje de Error en el tiempo de preparación de cada coctel del equipo del alumno Martin Flor Domingez

Coctel	Tiempo promedio (s)	Tiempo Esperado (s)	Error
Cuba Libre	16.92	16.9	0.12%
Srew Driver	17.03	16.9	0.77%
Thyme	16.83	16.9	0.41%
Afternoon	16.81	16.9	0.53%
Hurricane	16.71	16.9	1.12%
Melissa	16.83	16.9	0.41%
Sin Alcohol	16.74	16.9	0.95%

Fuente: [Arizona State University](#)

Observando la Tabla 4, el rango de error es mínimo ante cualquier cóctel; se muestra la alta variedad de cócteles disponibles, ya que el sistema cuenta con 5 contenedores que varían el tamaño dependiendo si el líquido se usa en grandes o pequeñas cantidades en los cócteles; y demuestra que la selección de las bombas peristálticas con un driver tipo puente H mejora mucho la exactitud en la cantidad de líquidos.

En cuarto lugar, el autor analiza el tiempo que demora en realizar una cantidad de 12 cocteles y lo compara con el tiempo que toma el barman que trabaja actualmente en el establecimiento. El resultado es una mejora en el tiempo de 240%; es decir, la máquina demora 7 minutos, mientras que el barman demora más de 15 minutos.

En quinto lugar, se resalta el uso de luces piloto para la indicación del estado de operación del equipo y si necesita algún tipo de mantenimiento. Ya que, el sistema de tres luces puede indicar si los líquidos en los contenedores están vacíos o con una capacidad menor al 20%. Adicionalmente, posee un botón de emergencia que paraliza inmediatamente cualquier operación que realiza la máquina hasta su revisión y reinicio.

Finalmente, resaltar el correcto procedimiento de selección y justificación de los componentes del equipo, y una muestra clara del diagrama de flujo y resultados.

- **Design of a Smart Bartender with Peristaltic Pumps**

Este equipo es diseñado por un grupo de alumnos llamados Vyacheslav Rybin, Timur Karimov, Maria Sigaeva, Ekaterina Solomevich ,Georgii Kolev y Ekaterina Kopets de la universidad de *Saint-Petersburg Electrotechnical University* y publicado en la revista *MDPI Journals*. En dicho artículo relatan la selección de componentes, proceso de construcción y testeo de un equipo capaz de mezclar 6 diferentes líquidos para la preparación de cócteles (Rybin et al., 2019). A continuación, se muestra en la [Figura 11](#) el equipo finalizado.



Figura 11: Imagen del exterior e interior del *Smart Bartender with Peristaltic Pumps*

Fuente: [MDPI](#)

En primer lugar, se hace mención de una pantalla táctil como interfaz y sistema de entrada para el equipo. Asimismo, el uso de bombas peristálticas manejadas por un driver para controlar la velocidad de vertido del líquido al recipiente. También cuenta con un módulo bluetooth que permite controlar inalámbricamente al equipo. Por último, cuenta con un sistema de ventilación para el área de componentes electrónicos con el fin de mantener el sistema funcionando correctamente.

En segundo lugar, se menciona la falta de orden y limpieza que mantuvieron en la construcción de su equipo como se puede mostrar en la [Figura 11](#). Esto puede significar una alta probabilidad de peligro de cortocircuito, fuego o calentamiento de los

componentes. No obstante, el sistema está aislado del sistema de tuberías y cuenta con un sistema de ventilación, por lo que los problemas mencionados son minimizados, pero de igual manera se recomienda ordenar el sistema de cableado y componentes.

Finalmente, se realizó un experimento en el cual se sirve en un vaso un volumen exacto de cada líquido el cual posee la máquina y lo comparan con el volumen teórico que el vaso debería tener. A continuación, se muestra la Tabla 5 con dichos resultados.

Tabla 5: Comparación de precisión de volumen de líquidos

Líquido	Densidad (Kg/m ³)	Volumen real (ml)	Volumen teórico (ml)	Presición (%)
Vodka Bombay Sapphire	940	49.97	50	99.94
Rum Bacardi Carta Blanca	946	49.9	50	99.8
Water	1000	49.95	50	99.9
Milk	1029	49.92	50	99.84
Orange juice	1045	49.88	50	99.76
Liquor Midori	1110	49.75	50	99.5
Syrup Grenadine Rives	1225	49.62	50	99.24
Syrup Monin	1300	49.27	50	98.54

Fuente: [MDPI](#)

Se concluye que la precisión en el volumen utilizando bombas peristálticas depende de la densidad del líquido que se sirve, ya que se aprecia que a mayor la densidad, menor es la precisión. Sin embargo, la variación no pasa del 2%, por lo que el artículo indica que la variación de error está en un valor aceptable.

1.3.3. Productos Comerciales

- **Barsys 2.0+**

Este equipo de origen estadounidense desarrollado por la marca del mismo nombre es un preparador automático de cócteles con una capacidad de de 5 botellas de alcohol en la parte superior y 3 líquidos mezclados en la parte lateral de la máquina (Barsys, 2018). A continuación se muestra en la [Figura 12](#) una imagen del equipo comercial.



Figura 12: Barsys 2.0+ y envase de licuado

Fuente: [The Barsys 2.0](#)

En primer lugar, en el diseño del equipo se puede resaltar lo siguiente, el vaso en el que se sirve el cóctel se mueve hacia cada columna dependiendo del líquido que se quiere incluir, la marca señala que dicho movimiento favorece en la mezcla de los ingredientes durante su preparación. Sin embargo, si es necesario un mayor mezclado del cóctel, el envase cuenta con unas hojas de plástico conectados a una base imantada en la base del envase que giran rotativamente (ver [Figura 12](#)) y se activan mediante un campo magnético ubicado en la plataforma de la máquina en la que se coloca el envase. De esta manera el rango de cócteles aumenta a un número mucho mayor, ya que puede preparar cócteles licuados.

En segundo lugar, el único interfaz que el equipo incluye es un aplicativo descargable gratuitamente en cualquier smartphone o tablet en el que puede ordenar el cóctel a preparar, realizar cócteles personalizados y realizar operaciones de mantenimiento hacia al equipo.

Finalmente, la marca promociona al equipo para ser usado en restaurantes o bares con un costo base de \$1500.

- **Bartesian**

Este equipo desarrollado por la marca del mismo nombre es un preparador automático de cócteles con la capacidad de realizar mezclas a partir de 4 envases de alcoholes y unas cápsulas que contienen ingredientes concentrados que al mezclarse con agua pueden realizar una alta variedad de cócteles. A continuación se muestra en la [Figura 13](#) una imagen del producto que tiene un costo de \$369.99 en el mercado Estadounidense (The Bartesian, s.f.).



Figura 13: Equipo Bartesian

Fuente: [Bartesian](#)

Como se mencionó anteriormente, el equipo tiene la característica de utilizar cápsulas saborizantes fabricados por la misma empresa para ser combinados por agua, el cual se añade en el envase que está en la parte trasera del equipo, y cualquier de los alcoholes. Esto trae consigo ciertas ventajas, por ejemplo, poder realizar cócteles que requieran otros ingredientes que no sean líquidos como condimentos, frutos o hierbas a un precio de \$20 por 8 unidades en Estados Unidos. Con ello, la variedad de cócteles se amplía a una mayor cantidad que solo una mezcla de cuatro líquidos.

En segundo lugar, la máquina no cuenta con sistema de mezclado, por lo que el usuario tiene que realizarlo manualmente. Además, la interfaz del equipo es solamente por la pantalla que está incorporada en la máquina y en ella se puede escoger el cóctel a preparar, realizar un cóctel personalizado y ejecutar el proceso de mantenimiento. También, la marca garantiza que el tiempo de preparación de cualquier cóctel es de menos de 30 segundos.

Finalmente, la marca promociona su equipo hacia diferentes localidades como restaurantes, bares, salas recreacionales o espacios de trabajo.

- **Mixo Two**

Este equipo desarrollado por la marca Mixologiq es un preparador automático de cócteles con la capacidad de mezclar 20 líquidos diferentes entre 10 botellas de licores y 10 líquidos refrigerados (Mixologiq, s.f.). A continuación, se muestran en la [Figura 14](#) imágenes principales del equipo.



Figura 14: Equipo Mixo Two

Fuente: [Mixologiq](#)

En primer lugar, se resalta la característica de poder albergar 20 líquidos diferentes. Adicionalmente, se menciona la capacidad del equipo de poder albergar 10 líquidos refrigerados gracias a su refrigeradora incluida en el que se colocan las botellas de los líquidos a refrigerar y la posibilidad de colocar otros ingredientes no líquidos como fruta cortada, hielo, etc. El diseñador indica que en la máquina dispone de 100 diferentes cócteles en su base de datos, con la opción de preparar cócteles personalizados. Finalmente, se resalta el uso de una mezcla de sistemas de bombeo de agua entre las válvulas peristálticas para las bebidas refrigeradas y válvulas para los líquidos colocados en la parte superior de boca abajo.

- **Gig Pro**

Este equipo desarrollado por la marca *Cocktail Machine* es un preparador automático de cócteles con la capacidad de mezclar 15 diferentes tipos de líquidos entre alcohol y bebidas. A continuación se muestra en la [Figura 15](#) una imagen principal del producto, el cual está disponible desde \$3600 o \$4680 (Cocktail Machine, s.f.).



Figura 15: Equipo Gig Pro

Fuente: [Cocktails Machine](#)

Una de las principales características de dicho equipo es la alta variedad de líquidos que puede albergar el equipo; además, la misma empresa ofrece una caja en la cual está líquido pre mezclado para cierto tipo de cóctel. Con ello, se puede reemplazar una cantidad de líquidos diferentes por la caja y expandir la variedad de cócteles en la máquina. Además, el sistema incluye un sistema un interfaz el cual es una tablet adherida al equipo que corre un único programa el cual permite indicar el cóctel a preparar, realizar un cóctel personalizado y acciones de mantenimiento.

Finalmente, una de las desventajas de está máquina es que no incluye un espacio para colocar las botellas que permiten realizar las mezclas, ya que la empresa solo dispone al alquiler el equipo y los cables de conexión. Esto influye negativamente en el producto, ya que al no tener un espacio adecuado para colocar las botellas, se puede generar desorden y suciedad en la presentación y funcionamiento del producto.

1.3.4. Comparativa

A partir del estado del arte desarrollado, se realiza una cierta comparativa entre ciertos componentes o sistemas que se encontraron en los productos encontrados, el cual se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6: Mención de componentes para comparativa

Bomba peristáltica	Bomba que transporta un líquido a partir de la potencia que se le entrega al motor
Valvula solenoide	Válvula que permite el pase de un líquido mediante la apertura o sellado del mismo.
Motor diver	Controla el motor mediante señal PWM que permite aumento o disminución de la potencia del motor.
Rele	Controla la potencia del motor mediante dos estados de apagado y prendido, por lo que no hay un control de potencia.
Almacenar líquidos en envases originales	No es necesario un envase extra para su almacenamiento, pero la cantidad de los líquidos no puede ser establecida ni controlada.
Almacenar líquidos en envases personalizados	Se puede establecer la cantidad de líquido existente en cada envase y puede añadirse control de nivel entre otros.

Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, se compara el uso de una bomba sinusoidal con una válvula solenoide. A pesar de que en el estado de arte ambos componentes se utilizan para transportar líquidos desde el envase hacia el vaso, hay distintas diferencias entre ambos componentes. La bomba peristáltica permite trasladar líquidos a mayores distancias y también permite controlar el flujo del líquido mediante la potencia de la bomba, mientras que el traslado de líquidos con una válvula solenoide solamente permite el paso del líquido de un punto a otro, y la velocidad de traslación depende solamente de la fuerza gravitacional y de la densidad del líquido. Para el desarrollo de este trabajo de tesis, se toma de preferencia el uso de una bomba peristáltica, ya que permite el recorrido del líquido por largas distancias y no se depende de la fuerza gravitacional para trasladar los líquidos; sin embargo, también se considera el uso de una válvula solenoide para aperturar y cerrar los canales de distribución por cada líquido, esto con el objetivo de evitar derrames en los canales de tubería.

En segundo lugar, se compara el uso de un motor driver y un relé para el control de una bomba peristáltica. Una de las principales diferencias al usar un motor driver es que se puede controlar la potencia de la bomba mediante una señal PWM (modulación por ancho de pulso), mientras que el uso de un relé solamente permite el encendido y apagado de la bomba, y durante el encendido de la misma, este está directamente relacionada al voltaje de alimentación. Para el desarrollo de este trabajo de tesis, se toma de preferencia el uso de un relé para el control de las bombas, ya que para este trabajo de tesis se considera un control de vertido por tiempo y no por potencia de las bombas.

Finalmente, se compara el uso de envases originales o envases personalizados para el almacenamiento de líquidos. Una de las principales diferencias es que al trabajar con los envases originales de los líquidos no se tiene control de la cantidad exacta de cada líquido

por envase, y cada uno de ellos podría ser de un distinto material y no se tendría control del líquido faltante en cada envase. Para el desarrollo de este trabajo de tesis, se toma de referencia el uso de envases personalizados y general para el almacenamiento de líquidos todo los líquidos, ya que de esta forma se tiene un control de cantidad y permite un control uniforme de la cantidad de líquido por envase.

1.4. Metodología de trabajo

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se usará la “Metodología de diseño para Sistemas Mecatrónicos”, la cual fue desarrollada gracias a un convenio entre la Pontificia Universidad Católica del Perú y la Universidad Federal de Santa Catarina. Con esta metodología se desarrolla en primer lugar una definición del problema, el cual consiste en un marco teórico, comprensión de la problemática identificada; estado del arte, compuesto de productos existentes en el mercado y patentes registradas que propongan una posible solución al problema identificado; y requisitos del proyecto, las cuales están compuestas por requisitos del usuario y requisitos del proyecto.

Posteriormente, se desarrolla un diseño conceptual con el uso de una matriz morfológica, un árbol de funciones, y una síntesis de estructura y comportamiento general. En primer lugar, en la matriz morfológica se analiza la relevancia que tiene cada requerimiento de diseño, su clasificación, magnitud y método de verificación. En segundo lugar, se desarrolla el árbol de funciones que permite identificar y clasificar por niveles cada función que se realizará en el sistema. Además, se escoge el componente que realizará cada función identificada con el uso de una tabla de evaluación y, después, se identifican los componentes de las funciones finales en cinco tipos de sistemas: Sistema de información, interfaz, sistema de medición, sistema de materia / energía y sistema de actuación. En tercer lugar, se realiza una síntesis de la estructura del sistema mediante la arquitectura mecatrónica, arquitectura del sistema eléctrico-electrónico y diagramas de flujo que indique el comportamiento del sistema.

Una vez que se realizó un diseño conceptual del sistema mecatrónico, se procede a su diseño por dominios de un sistema mecatrónico. En el caso del desarrollo de este proyecto, este se dividirá por dominios y partes del sistema general. Dichas subsistemas son los siguientes:

- Sistema de dispensador de vaso
- Sistema de mezclado
- Sistema de servicio
- Sistema de almacenamientos de líquidos
- Sistema de transporte de líquidos
- Interfaz del sistema y controlador
- Sistema de control
- Sistema de suministro de energía eléctrica y conexión eléctrica

En dichos subsistemas al ser mecatrónicos serán desarrollados por los dominios que conforman un sistema mecatrónico los cuales son mecánico, electrónico, sistemas y control.

En la sección del dominio mecánico se desarrollará la selección de componentes a partir de cálculos de requisitos de diseño, selección de materiales y cálculos de resistencia de materiales. Posteriormente, como resultado se tendrá datos comerciales, diseño en 3D y planos de los componentes.

En segundo lugar, en la sección del dominio eléctrico se desarrollará la selección de los componentes eléctricos según requisitos eléctricos de actuadores, sensores o componentes de procesamientos de datos. Con ello, se tendrá como resultado los datos comerciales de los componentes electrónicos, diseño de PCB y planos eléctricos de conexión de los componentes

En tercer lugar, en la sección del dominio de software y control se desarrolla el diseño de la interfaz del sistema y el flujo de control del programa de control de los actuadores según la lectura de los sensores. Para ello se tendrá en cuenta los datos de entrada y salida como tipo de líquidos en el sistema, cócteles a disposición de preparación y coctel que ordene el usuario a preparar.

Finalmente, como resultado final del proyecto se tendrá un 3D virtual de todos los subsistemas y la integración de los mismos. Además, se realizará una estimación de costos de todo el sistema destacando componentes y fabricación de partes.

1.5. Determinación de los Requerimientos del proyecto

Para el desarrollo de los requisitos del proyecto se analizará y listará los requerimientos del usuario. Es decir, se usará de guía la lista de atributos generales, la cual es otorgada por la metodología que se está siguiendo en esta investigación, para identificar y clasificar los requisitos de usuario y, posteriormente, para crear una lista de requerimientos del proyecto a partir de los requerimientos anteriores, la propuesta de solución, limitaciones, estándares internacionales y nacionales, y características de los modelos descritos en el Estado del Arte. A continuación, se identifica al usuario y el cliente del equipo el cual se está realizando un diseño conceptual.

- **Cliente**

Se identifica al cliente a toda persona que es dueño de un bar, discoteca, *night club* o evento y presenta la problemática identificada anteriormente, por lo que desea adquirir un sistema automatizado de preparación de cócteles.

- **Usuario**

Se identifica al usuario al bartender que necesite ayuda en la preparación de cócteles ante una alta demanda de clientes en el establecimiento, por lo que usará el sistema automático de preparación de cócteles.

1.5.1. Requisitos del usuario

Los requisitos del usuario se definen como una lista de requisitos que el equipo debería cumplir según el usuario final del producto, los cuales explican cuáles serían sus

requerimientos al utilizar una máquina automática de preparación de cócteles o desea ordenar una bebida de la misma. Para este trabajo de tesis los requerimientos fueron elaborados de manera propia. Finalmente, los requisitos recolectados serán clasificados mediante los atributos generales que dispone la metodología que se está utilizando para este proyecto. A continuación, se muestra en la Tabla 7 los requisitos de usuario recolectados.

Tabla 7: Requerimientos de Usuario

Categorías de requerimientos	Requerimientos de usuario
Funcionalidad	1. Preparar y servir un cóctel en igual o menor tiempo que un bartender 0:40 - 1:30
	2. Preparar cócteles solamente mediante el mezclado combinado no directo
	3. Preparar cócteles de la categoría Buck, Cobbler y Collins
Ergonomía	4. Bajo ruido y vibración durante su funcionamiento
	5. Manejo ergonómico de la máquina para el usuario
Estética	6. Atractivo a la vista
Seguridad	7. Bajo riesgo de fuego, cortocircuito
	8. Bajo riesgo de derrame de líquidos
Legalidad	9. Que cumpla con todas las normas de higiene y seguridad como la norma 20035-2020 de DIGESA
Impacto ambiental	10. El sistema no debe realizar contaminación sonora o visual
Manufactura	11. Bajo costo de manufactura
Ensamble	12. Fácil ensamblaje durante su instalación
Mantenibilidad	13. Fácil y rápido mantenimiento
	14. Equipo portable
Transporte	15. Dimensiones compactas
	16. Operación intuitiva de la máquina
Cinemática	17. Movimientos suaves y no bruscos
Material	18. Uso de materiales correctamente aislados eléctricamente

Automatización	19. Operación de preparación de coctel totalmente automático
Costo	20. Bajo costo de materiales y componentes

Fuente: Elaboración propia

1.5.2. Requisitos del proyecto

A partir de los requisitos de usuarios identificados, se procede a identificar los requerimientos del proyecto para realizar posteriormente el diseño conceptual de un equipo automático para la preparación de cócteles, los cuales se muestran en la Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10. Como se mencionó anteriormente, para los requerimientos de proyecto se tomarán en cuenta los requerimientos del usuario, la propuesta de solución planteada inicialmente durante esta investigación, limitaciones, estándares internacionales y nacionales, y características de los modelos descritos en el Estado del Arte.

Tabla 8: Requerimientos de proyecto

Requerimientos de usuario	Requerimientos de proyecto
Preparar y servir un cóctel en igual o menor tiempo que un bartender 0:40 - 1:30	Mezcla de líquidos en proporciones y orden adecuadas para la preparación de cócteles en un tiempo menor a 10 seg Entrega del cóctel directamente en un envase para el cliente a partir de la preparación en un tiempo de 30 segundos como máximo
Preparar cócteles solamente mediante el mezclado combinado no directo	Diseño de proceso de mezclado combinado no directo
Preparar cócteles de la categoría Buck, Cobbler y Collins	Diseño de preparación de cócteles de la categoría Buck, Cobbler y Collins
Bajo ruido y vibración durante su funcionamiento	Ruido de componentes mecánicos o hidráulicos menores a 80 dB según la norma UNE-ISO 1996-2:2020 Fijado de los componentes hacia la carcasa de la máquina en mínimo 2 puntos emperrados. Fijado del equipo hacia el suelo en un mínimo de 4 puntos fijos o rodantes
Manejo ergonómico de la máquina para el usuario	Altura del punto de servido del cóctel a una altura mayor a 1 metro

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Continuación de la Tabla de Requerimientos de proyecto

Requerimientos de usuario	Requerimientos de proyecto
Atractivo a la vista	Estructura de superficie liso y suave al tacto
Bajo riesgo de fuego, cortocircuito	Aislamiento eléctrico con grado de protección IP 52 según IEC 60529 Correcta ventilación de los circuitos eléctricos y componentes eléctricos
Bajo riesgo de derrame de líquidos	Sellado del sistema de tubería transportadora de líquidos
Que cumpla con todos las normas de higiene y seguridad	Cumplimiento de norma nacional de higiene y seguridad en productos comerciales según la norma 20035-2020 de DIGESA
No realiza contaminación sonora o visual	Evitar uso excesivo de materiales reflectivos o iluminación excesiva según la resolución ministerial N° 375-2008-TR
Bajo costo de manufactura	Capacidad de montaje en un taller de fabricación a pequeña escala por personal con capacitación en ensamblaje mecánico y electrónico
Fácil ensamblaje durante su instalación	Unión entre las piezas mediante uso de herramientas mecánicas de ajuste durante su instalación
Fácil y rápido mantenimiento	Actividades de mantenimiento y limpieza categorizada por los conocimientos técnicos del personal que debe realizar la actividad Fácil acceso hacia a los puntos de mantenimiento Incluir un sistema de aviso de errores y posible solución
Equipo portable	Peso del equipo menor o igual a 300 Kg
Dimensiones compactas	Dimensiones del producto en forma de cubo o paralelepipedo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Continuación de la Tabla de Requerimientos de proyecto

Requerimientos de usuario	Requerimientos de proyecto
Operación intuitiva de la máquina	Diseño de la interfaz clara y ordenada para el usuario Indicaciones sobre la colocación del vaso y lugares no accesibles de manera clara y visible por decreto supremo N° 008-2010-SA
Movimientos suaves y no bruscos	Diseño de control retroalimentado para la disminución de movimientos bruscos
Uso de materiales correctamente aislados	Selección de piezas que estarán en contacto con el usuario correctamente aisladas eléctricamente según la norma R.M N° 161-2007-MEM/DM o de material no conductivo
Operación de preparación de coctel totalmente automático	Diseño de un proceso totalmente automático para la preparación de coctel
Bajo costo de materiales y componentes	Selección de componentes y materiales de polímero o metálicos Manufactura con materiales en su mayoría comprado por proveedores nacionales

Fuente: Elaboración propia

Posterior al reconocimiento de los requisitos de usuario y de proyecto, se realiza una matriz en la cual se seleccionan si dichos requisitos de proyecto son deseos o demanda, si pertenece a una clasificación técnica o económica, el valor que representa dicho requerimiento y el método de verificación de cada requisito, para ver a detalle dicha matriz, dirigirse al Anexo A.






CAPÍTULO 2

DISEÑO CONCEPTUAL

2.1. Descomposición funcional y síntesis de medios

Como indica la metodología que se está utilizando para el desarrollo de esta tesis, se realiza una descomposición de funciones del sistema desde el más general hacia el más específico, el cual tiene el nombre de matriz de funciones, el cual se puede visualizar en el Anexo B. En dicha matriz se separará por niveles las funciones que compone el sistema, por cada función existirá una lista de medios, los cuales son los “medios” para desarrollar dicha función. Posterior a ello, se realiza una tabla de evaluación en la cual, usando los requerimientos de proyectos, se indicará el conjunto de medios que mejor se adapta a los requisitos del proyecto. Finalmente, como resultado de dicha matriz de funciones se tendrá los componentes que ejecutará cada función y en qué clasificación de funciones se encuentra. A continuación, se mostrará la solución del sistema a partir del último nivel 3 que se muestra a continuación en la Tabla 11, Tabla 12 y Tabla 13 .





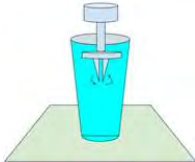



Tabla 11: Tabla de solución del nivel 3

Solución 4	
Almacenar líquidos	<p>Detectar que no hay líquido en el envase</p>  <p>Sensor capacitivo</p> <p>Almacenar líquidos</p>  <p>Envase de plástico</p>
Transportar líquidos	<p>Accionar cantidad de líquido extraído</p>  <p>Relé</p> <p>Extraer líquido de la botella hacia el envase</p>  <p>Bombas peristálticas</p> <p>Transportar líquido de un envase a otro</p>  <p>Tubos de plásticos transparente</p>

Fuente: elaboración propia



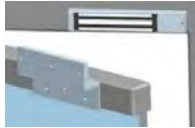

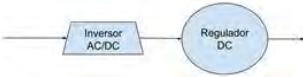







Tabla 12: Continuación de la Tabla de solución del nivel 3

Solución 4

<p>Detectar envase en el espacio requerido</p>		<p>Mecanismo de desplazamiento de mezclador a una zona de limpieza</p>	
	<p>Sensor Infrarrojo</p>		<p>Desplazamiento o cartesiano</p>
<p>Operación de Mezclado</p>		<p>Sostener el envase para el mezclado</p>	
	<p>Mezclado en el envase por motor DC</p>		<p>Portavaso</p>
<p>Mezclar líquidos</p>		<p>Limpiar utensilio de mezclado</p>	
<p>Mezclar líquidos en el envase</p>	<p>Aspa de licuadora de mano</p>		<p>Uso de envase de limpieza</p>
<p>Activar desplazamiento de mezcladora a zona de limpieza</p>		<p>Accionar desplazamiento</p>	
	<p>Actuador eléctrico</p>		<p>Driver</p>
<p>Detectar fin de carrera de desplazamiento o lineal</p>			
	<p>Sensor de fin de carrera</p>		

Fuente: elaboración propia

Tabla 13: Continuación de la Tabla de solución del nivel 3

Solución 4			
Aislar la preparación del cóctel	Activar bloqueo de puerta	 Magnetic Locks	Detectar cierre de puerta  Sensor Fotoeléctrico
	Bloquear Puerta	 Sujeción magnética	Mecanismo de apertura y cierre  Puerta deslizable
Recibir energía eléctrica	Distribuir energía eléctrica a los componentes	 Inversor AC/DC y regulador de voltaje DC	
Interactuar con el usuario	Recibir señales de entrada	 Pantalla táctil + Botones	Controlador de funciones  PLC
	Emitir señales de salida	 Pantalla + Luces	
Entrega vaso al usuario	Activar mecanismo de entrega de vaso	 Motor DC	Mecanismo de entrega de vaso  Mecanismo de engranajes
Controlar el paso de líquido hacia el envase	Bloquear o desbloquear el paso de líquido hacia el envase	 Válvulas solenoides	
	Accionar el control de paso de líquido	 Relé	

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se indica en la Tabla 14 el grupo de sistema al cual pertenece cada componente de la solución según los siguientes grupos: Sistema de Energía/Material, Sistema de información, Sistema de Sensores, Sistema de actuadores, Interfaz de salida e Interfaz de entrada. Para mayor comprensión, visualizar el árbol de funciones en el Anexo B

Tabla 14: Descripción de componentes por grupo

Grupo	Componentes
Sistema de Energía/Material	Envase de Plástico
	Tubos de plástico transparente
	Aspa de licuado de mano
	Desplazamiento cartesiano
	Portavaso
	Uso de envase de limpieza
	Sujeción magnética
	Puerta Deslizable
	Inversor AC/DC y regulador de voltaje DC
Mecanismo de Engranaje	
Sistema de Información	Relé
	Driver de motor
	PLC
Sistema de Sensado	Sensor Capacitivo pnp
	Sensor Infrarrojo
	Sensor de Fin de Carrera
	Sensor Inductivo
Sistema de Actuadores	Bombas peristálticas
	Mezclado en el envase por motor DC
	Bloqueo de acceso electromagnético
	Actuador Eléctrico
	Motor DC
Interfaz de Salida	Válvulas solenoides
	Pantalla táctil + Luces
Interfaz de Entrada	Pantalla táctil + Botones

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3 DISEÑO POR SUBSISTEMAS

En este capítulo se realiza el diseño mecatrónico del sistema y la selección de componentes de todo el equipo. Para ello, se divide el sistema general en subsistemas y sobre ello se realiza el diseño y selección de componentes. Finalmente, en este capítulo se integra todo los subsistemas en un modelo 3D completo.

3.1. Sistema dispensador de vasos

En esta sección se selecciona el dispensador de vasos del sistema, para ello se toma en consideración el tipo de vaso que se utiliza, el cual tiene un diámetro exterior de 3.2 in y 4.4 in de altura. Con dicha consideración se selecciona el dispensador SW-LZB1-007, el cual se muestra en la [Figura 16](#) con sus principales características.



Rango de diámetro de vasos permisibles	65 a 90 mm
Voltaje del motor	24 VDC
Corriente a cero carga	0.12 A max
Sonido	≤ 65 dB
Dimensiones	180 mm de diámetro exterior y 150 de altura

Figura 16: Dispensador de vasos SW-LZB1-007

Fuente: [Alibaba](#)

Dicho componente incluye adicionalmente un tubo de plástico transparente en el que almacenan los vasos a dispensar. Además, el dispensador está sobre una pieza fabricada mediante impresión en 3D con polímero tipo ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) y está unida al dispensador mediante tornillos tipo socket.

El motivo por el cual se selecciona el tipo de polímero ABS es por su resistencia a golpes, por ser un material común y de bajo costo (Victor, 2020). Adicionalmente, para el resto de piezas que se diseñan con este material, los motivos son los mismos dictados previamente.

A continuación, se muestra en la [Figura 17](#) una imagen del sistema complemento de dispensador de vasos.

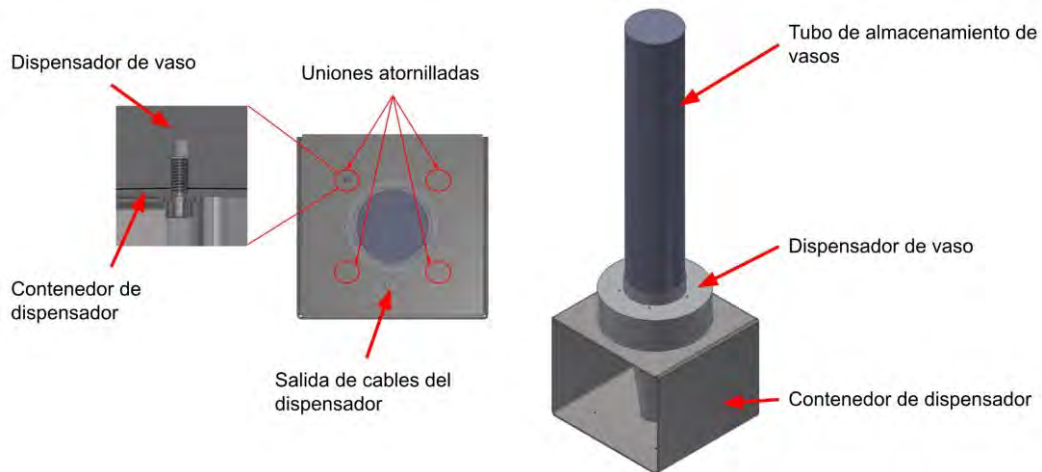


Figura 17: Sistema de dispensador de vaso

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la [Figura 17](#) que el dispensador se une en cuatro puntos al contenedor mediante tornillos tipo socket M4 x 10 según norma ISO 4762 y arandela 4 según norma ISO 7089.

Finalmente, el contenedor está unido a la plancha de la cabina principal en cuatro puntos mediante tornillos tipo socket, arandela y tuerca según norma ISO 4032 como se muestra en la [Figura 18](#).

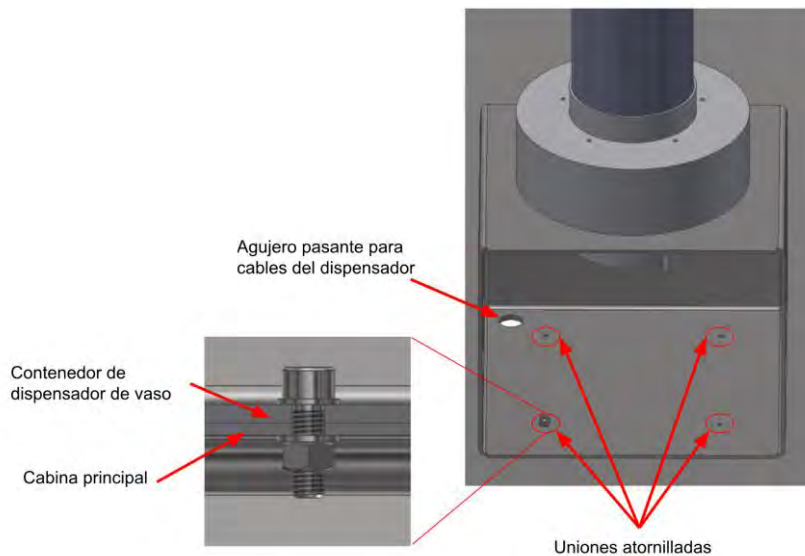


Figura 18: Unión del sistema de dispensador de vaso a la cabina principal

Fuente: Elaboración propia


3.2. Sistema de mezclado

En esta sección se desarrolla el sistema de mezclado de líquidos, el cual consiste en un sistema cartesiano accionado por motores de paso y un motor DC que activará las aspas de mezclado.

3.2.1. Selección de motor DC y aspas de mezclado

En primer lugar, se selecciona el motor DC en el cual se conectarán las aspas de mezclado. Para ello, se toma en consideración los siguientes puntos.

En primer lugar, se necesita que la velocidad de giro sea menor a 200 RPM , ya que los cócteles que se preparan son del tipo combinado no directo y si se realiza el batido a altas revoluciones puede haber un cambio en el sabor y textura del cocktail al entrar oxígeno a la bebida, este fenómeno se conoce como oxidación (Lark Editorial Team, 2023). A partir de ello, se selecciona el siguiente motor DC y se muestra en la [Figura 19](#).




Voltaje	24 VDC
Modelo	28PG-365-72 24V
Velocidad de giro sin carga	111 RPM
Corriente sin carga	200 mA
Corriente promedio de consumo	600 mA
Torque nominal	1 kg.cm
Torque máximo	9 kg.cm
Dimensiones	25mm de diámetro x 65.5 mm de altura

Figura 19: Motor DC 24VDC - 111 RPM

Fuente: [Robotshop](#)

En segundo lugar, a partir del motor DC seleccionado, se procede a la selección de unas aspas de licuado comercial, el cual es una paleta agitadora de acero inoxidable, el cual se muestra en la [Figura 20](#).



Marca	Janques Labware
Modelo	OD40-Length 200
Ángulo de las aspas	30°
Diámetro exterior de las aspas	40 mm
Longitud de la barra	200 mm
Diámetro de la barra	8 mm
Material	Acero inoxidable 304
Unión de la barra con las aspas mediante tuerca	

Figura 20: Aspas de Mezclado

Fuente: [Aliexpress](#)

Posteriormente, se diseña el soporte del motor que está acoplado al eje vertical del sistema cardinal, el cual es diseñado para ser fabricado con un material polímero tipo ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) mediante impresión 3D.

Por lo que a continuación en la [Figura 21](#) se muestra el diseño del conjunto y el detalle de diseño de la pieza se mostrará más adelante.

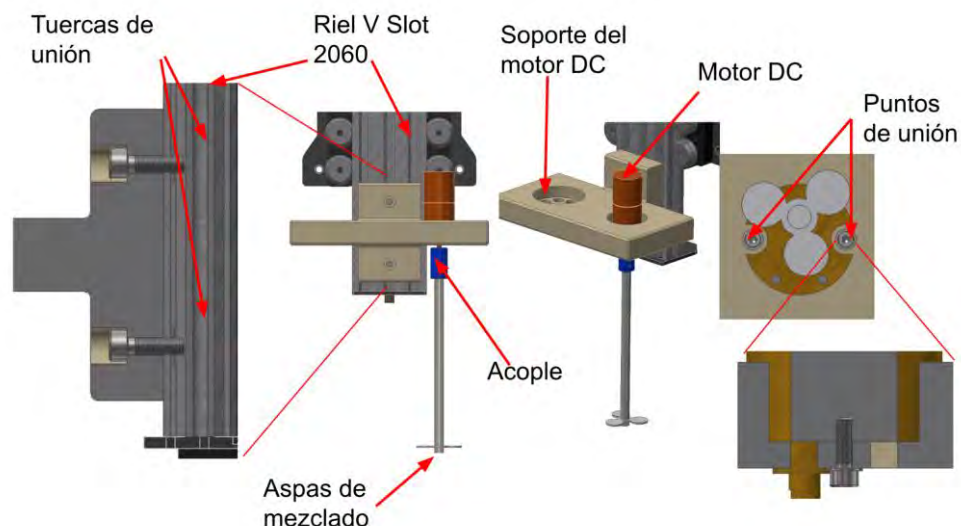


Figura 21: Conjunto de Motor DC y aspas de mezclado con soporte

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la [Figura 21](#), la unión entre el soporte y el motor DC se realiza mediante dos uniones atornilladas con tornillos tipo socket y arandela. Además, la unión entre el soporte y la viga V se realiza mediante un ajuste en dos puntos con tornillo tipo socket y una tuerca de deslizamiento para rosca tipo 5M (MTLab, s.f.). Por último, la unión del motor DC con las aspas de mezclado se utiliza un acople 6.35mm a 8mm.

3.2.2. Diseño del transporte cartesiano

Para el diseño del sistema de movimiento cartesiano se utiliza de inspiración el modelo OX-Metal CNC Router Mill desarrollado por el creador de contenido en *Youtube* “*Schematix*”, el cual baso de la misma manera su diseño en el OX CNC desarrollado por Mark Carew (Schematix, 2016).

Consiste en un sistema de desplazamiento lineal con motores de paso con tornillo sin fin para el desplazamiento horizontal y para el desplazamiento vertical. En el diseño de *Schematix*, se coloca un motor en el carril para realizar operaciones de fresado. A continuación se muestran en la [Figura 22](#) imágenes principales del mecanismo en conjunto, las cuales son de diseño externo menos los motores de paso, las cuales varían el modelo a partir de los requerimientos.

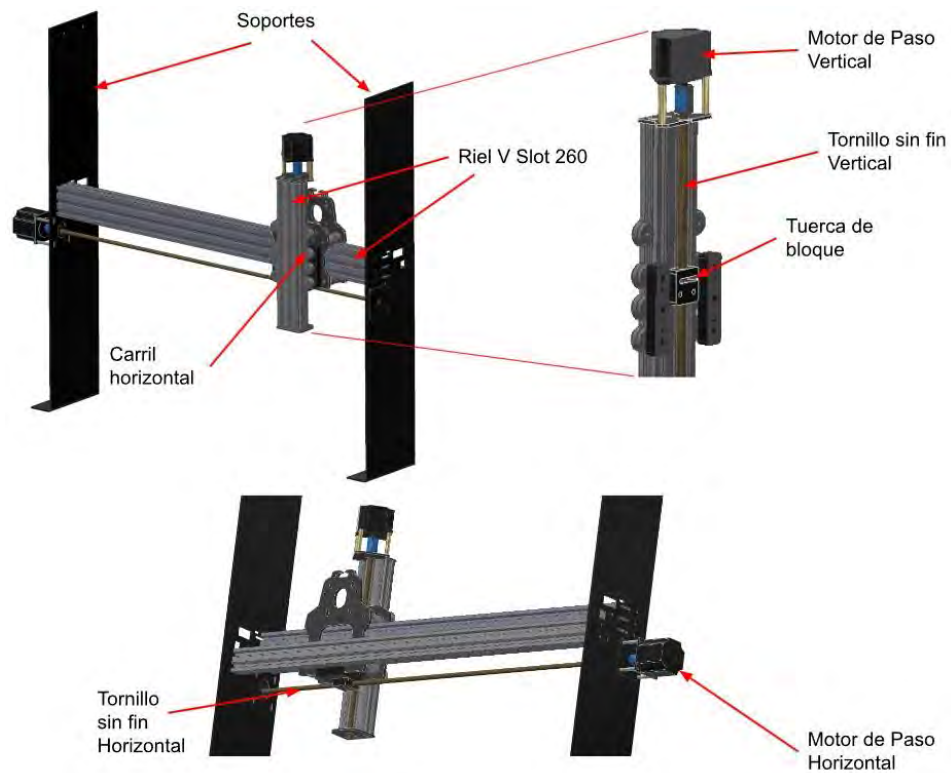


Figura 22: Movimiento cartesiano de modelo OX CNC

Fuente: [Open Builds](#)

Como se puede observar en la [Figura 22](#), el mecanismo puede moverse en dos ejes mediante perfiles V slot, en la guía horizontal se encuentra el carril horizontal, el cual se moviliza mediante un tornillo sin fin en una tuerca de bloqueo. En dicho carril, se encuentra conectada otra tuerca de bloqueo, el cual se conecta a otro tornillo sin fin, a una guía V slot y eso permite el desplazamiento vertical. A continuación, se seleccionan los dos motores de paso.

En primer lugar, se define que el rango de desplazamiento es de 60 cm en el eje horizontal y 30 cm de desplazamiento vertical. En segundo lugar, se selecciona el motor de paso del desplazamiento vertical según el torque necesario para que pueda mover el sistema y vencer la inercia, el cual es el caso de mayor aplicación de torque. Para ello, primero se toman los datos necesarios en la Tabla 15 y Tabla 16, se muestra en la [Figura 23](#) y Tabla 17 la fuentes de la obtención de D_4 , d_3 , d_2 , ac y h_3 , y se realizan los cálculos para la selección del motor en la Tabla 18 y Tabla 19 a partir de las fórmulas 1 al 6 .

Tabla 15: Datos para el cálculo del motor de paso de desplazamiento vertical

Datos del tornillo		Unidades
Diametro nominal (d)	8	mm
Número de entradas (z)	4	Unidades
Paso del tornillo (h)	2	mm
Paso de la hélice (P)	8	mm
Longitud tornillo (Lt)	300	mm

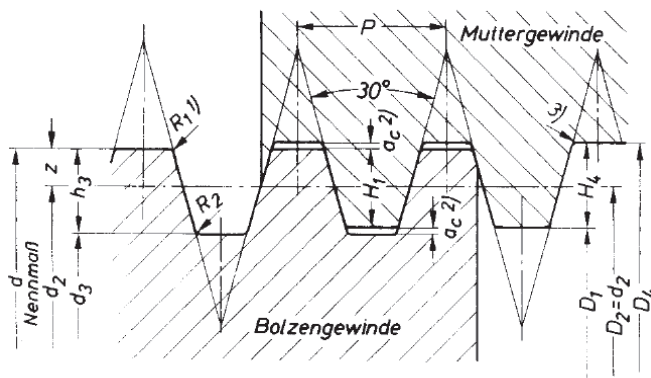
Longitud hasta la mitad de la tuerca (Lmt)	16.5	mm
Longitud máxima de tornillo (Lmax = Lt - Lmt)	283.5	mm
Ángulo rosca trapezoidal (α)	30	°
Datos del tuerca		Unidades
Coefficiente de rozamiento husillo y tuerca (μ)	0.1	Adimensional
Altura de tuerca (m)	33	mm
Datos de apoyos		Unidades
Coefficiente de rozamiento husillo y apoyo (μ_r)	0.05	Adimensional
Diametro medio de cojinete (Dm)	12	mm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Datos de carga y del tornillo para el cálculo del motor de paso de desplazamiento vertical

Tabla 4 - Datos de carga		Unidades
Peso de cargas		
Acople	18	g
Motor DC	500	g
Soporte del motor	400	g
Perfil V Slot 2060	348	g
Tuerca	14	g
Placas de soporte de aluminio	53.9	g
Motor DC a paso (aprox)	1000	g
Componentes adicionales (rodamientos, etc)	1000	g
Peso total	3333.9	g
Carga máxima en el tornillo (Wt)	40	N
Tipo de tensión	Carga Estática	
Tabla 5 - Datos del tornillo según tabla		Unidades
Diametro medio (d2)	7	mm
Diametro externo (D4)	8.5	mm
Diametro interno (d3)	5.5	mm
Diametro efectivo (ds)	6.25	mm

Fuente: Elaboración propia



$$D_1 = d - 2 H_1 = d - P$$

$$H_1 = 0,5 P$$

$$H_4 = H_1 + a_c = 0,5 P + a_c$$

$$h_3 = H_1 + a_c = 0,5 P + a_c$$

$$z = 0,25 P = \frac{H_1}{2}$$

$$D_4 = d + 2 a_c$$

$$d_3 = d - 2 h_3$$

$$d_2 = D_2 = d - 2 z = d - 0,5 P$$

$$a_c = \text{Spiel}^2)$$

$$R_1 = \max. 0,5 a_c$$

$$R_2 = \max. a_c$$

Figura 23: Perfil para roscas de tornillos y tuercas con juego en el diámetro exterior y del núcleo y sin holgura (dimensiones nominales)
Fuente: DIN 103-1 1977 para tornillos de translación

Tabla 17: Datos para la selección del motor de paso de desplazamiento vertical

P	ac	H4=h3	R1 max	R2 max
1.5	0.15	0.9	0.075	0.15
2	0.25	1.25	0.125	0.25
3	0.25	1.75	0.125	0.25

Fuente: DIN 103-1 1977 para tornillos de translación

$$\varphi = \frac{P}{d_2} \left(\frac{P^*}{d_2} \right)^2$$

$$\rho' = \frac{\mu}{\tan(\alpha/2)} \dots (3)$$

$$W_t = W \cdot \frac{(\varphi + \rho')^2}{2} \dots (4)$$

$$W_t = W \cdot \mu \frac{P^*}{2} \dots (5)$$

$$\eta = W \frac{P}{2 \cdot \dots} \dots (7)$$

Tabla 18: Cálculo para la selección del motor de paso de desplazamiento vertical

Momento de elevación		Unidades
Paso de la hélice (P)	8	mm
Carga máxima en el tornillo (Wt)	40	N
Diametro medio (d2)	7	mm
Ángulo rosca trapezoidal (α)	30	°
Coeficiente de rozamiento husillo y tuerca (μ)	0.1	Adimensional
Coeficiente de rozamiento husillo y apoyo (μr)	0.05	Adimensional

Díametro medio de cojinete (Dm)	12	mm
Ángulo de helice ($\varphi = \arctang(P/\pi.d2)$)	20.0	°
Ángulo ρ' ($\rho' = \arctang(\mu/\cos(\alpha/2))$)	5.91	°
Momento tangencial de elevación ($Mtr = Wt.tg(\varphi+\rho')d2/2$)	135.32	Nmm
Momento por fricción en apoyo ($Mta = Wt.\mu.r.Dm/2$)	12	Nmm
Momento total de elevación ($Mt = Mte + Mtd$)	0.147	Nm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Cálculo de rendimiento y factor de seguridad para la selección del motor de paso de desplazamiento vertical

Rendimiento y selección de motor		Unidades
Rendimiento mecánico en elevación ($\eta = Wt.P/(2.Mt.\pi)$)	34.57	%
Momento del motor (Mmotor)	0.6	Nm
Factor de seguridad ($FS = Mmotor/Mt$)	4.07	Adimensional

Fuente: Elaboración propia

Se calcula que el torque mínimo necesario para movilizar el conjunto de translación vertical es de 0.147 Nm, por lo que se selecciona el motor de paso Nema 23 Bipolar 1.8 deg 0.6 Nm 0.88A, el cual se muestra en la [Figura 24](#), con ello se tiene un factor de seguridad de 4 aproximadamente.



Figura 24: Motor de paso Nema 23 Bipolar 1.8 deg 0.6 Nm 0.88A

Fuente: [Stepper online](#)

En segundo lugar, para la selección del Motor de Paso Horizontal, se calcula el momento torsor para movilizar el carruaje en el sistema. Para ello, primero se toman los datos necesarios en la Tabla 20 y Tabla 21. Posteriormente, se muestra en la Figura 23 y Tabla 17 la fuentes de la obtención de $D4$, $d3$, $d2$, ac y $h3$, y se realizan los cálculos para la selección del motor en la Tabla 23 y Tabla 24 a partir de las fórmulas 1 al 6 .

Tabla 20: Datos para el cálculo del motor de paso de desplazamiento horizontal

Tabla 1 - Datos del tornillo		Unidades
Diametro nominal (d)	8	mm
Número de entradas (z)	4	Unidades
Paso del tornillo (h)	2	mm
Paso de la hélice (P)	8	mm
Longitud tornillo (Lt)	780	mm
Longitud hasta la mitad de la tuerca (Lmt)	16.5	mm
Longitud máxima de tornillo (Lmax = Lt - Lmt)	763.5	mm
Ángulo rosca trapezoidal (α)	30	°
Tabla 2 - Datos del tuerca		Unidades
Coefficiente de rozamiento husillo y tuerca (μ)	0.1	Adimensional
Altura de tuerca (m)	33	mm
Tabla 3 - Datos de apoyos		Unidades
Coefficiente de rozamiento husillo y apoyo (μ_r)	0.05	Adimensional
Diametro medio de cojinete (Dm)	12	mm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Datos de carga y del tornillo para el cálculo del motor de paso de desplazamiento horizontal

Tabla 4 - Datos de carga		Unidades
Peso de cargas		
Acople	18	g
Motor DC	500	g
Soporte del motor	400	g
Perfil V Slot 2060 Vertical	348	g
Tuerca	14	g
Placas de soporte de aluminio	53.9	g
Motor DC a paso (aprox)	1000	g
Componentes adicionales (rodamientos, etc)	2000	g
Perfil V Slot 2060 Horizontal	1800	g
Placas de Aluminio de carruaje	461	g
Peso total	6594.9	g

Carga máxima en el tornillo (Wt)	80	N
Tipo de tensión	Carga Estática	
Tabla 5 - Datos del tornillo según tabla		Unidades
Diametro medio (d2)	7	mm
Diametro externo (D4)	8.5	mm
Diametro interno (d3)	5.5	mm
Diametro efectivo (ds=(d2+d3)/2)	6.25	mm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Cálculo para la selección del motor de paso de desplazamiento Horizontal

Momento de traslación		Unidades
Paso de la hélice (P)	8	mm
Carga máxima en el tornillo (Wt)	80	N
Diametro medio (d2)	7	mm
Ángulo rosca trapezoidal (α)	30	°
Coeficiente de rozamiento husillo y tuerca (μ)	0.1	Adimensional
Coeficiente de rozamiento husillo y apoyo (μ_r)	0.05	Adimensional
Diametro medio de cojinete (Dm)	12	mm
Ángulo de helice ($\varphi = \arctang(P/\pi \cdot d2)$)	20.0	°
Ángulo ρ' ($\rho' = \arctang(\mu/\cos(\alpha/2))$)	5.91	°
Momento tangencial de traslación ($Mtr = Wt \cdot tg(\varphi + \rho') \cdot d2/2$)	270.64	Nmm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Cálculo del rendimiento y selección de motor para la selección del motor de paso de desplazamiento vertical

Tabla 1 - Rendimiento y selección de motor		Unidades
Eficiencia Mecánica de la tuerca ($\eta = \tan\varphi / \tan(\varphi + \rho')$)	0.75	%
Momento del motor (Mmotor)	1.26	Nm
Factor de seguridad ($FS = Mmotor/Mt$)	4.66	Adimensional

Fuente: Elaboración propia

Se calcula que el torque mínimo necesario para movilizar el conjunto de translación horizontal es de 0.270 Nm, por lo que se selecciona el motor de paso Nema 23 Bipolar 1.8 deg 1.26 Nm 2.8 A, el cual se muestra en la Figura 25, con ello se tiene un factor de seguridad de 4.6 aproximadamente.



Figura 25: Motor de paso Nema 23 Bipolar 1.8deg 1.26Nm 2.8A

Fuente: [Stepper Online](#)

Además, se selecciona el driver de los motores de paso, el cual tiene como requisitos trabajar con 24VDC y con corrientes mayores a 2.8 A. Por lo que se selecciona el Driver PaP TB6600 4A; a continuación, se muestra en la [Figura 26](#) una imagen del producto con sus principales características.



Voltaje de potencia	9-42 VDC
Corriente de trabajo	4A max
Pines de control optocoplados	Dirección (DIR), Paso (PUL) y Enable (EN)
Peso	175 Kg
Dimensiones	96 x 71 x 35 mm
Protección de sobrecorriente y sobrevoltaje	

Figura 26: Driver PaP TB6600 4A

Fuente: [Naylamp Mechatronics](#)

También, se selecciona el sensor de fin del carrera, estos sensores serán colocados mediante una unión atornillada a los rieles V slot en los extremos del desplazamiento horizontal. A continuación, se muestra en la [Figura 27](#) el componente seleccionado y en la [Figura 28](#) su ubicación en el riel de translación de perfil V.



Modelo	MN78-11 DGHK
Marca	Altech Corp
Maxima Corriente	5A
Voltaje de operación	24VDC
Protección	IP66/IP67
Puertos	Normally Open, Normally Close y GND
Dimensiones	124 x 40 x 77.5 mm

Figura 27: Limit Switch Altech Corp

Fuente: [Mouser Electronics](#)

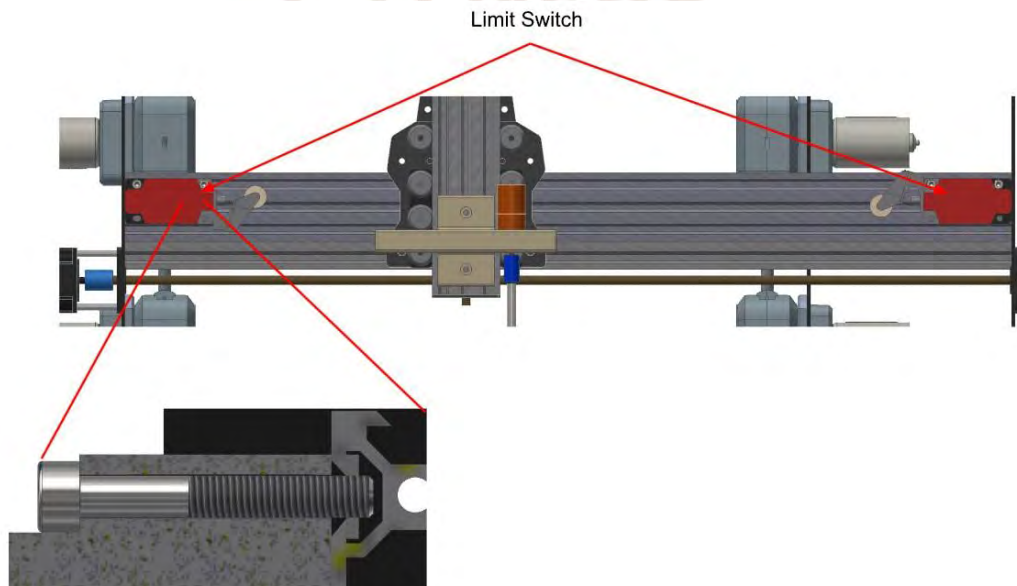


Figura 28: Ubicación del Limit Switch en el Sistema de Mezclado

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se muestra en la [Figura 29](#), [Figura 30](#) y [Figura 31](#) el sistema completo de mezclado y vertiente de líquido con sus partes señaladas, y cómo este se conecta a la cabina principal.

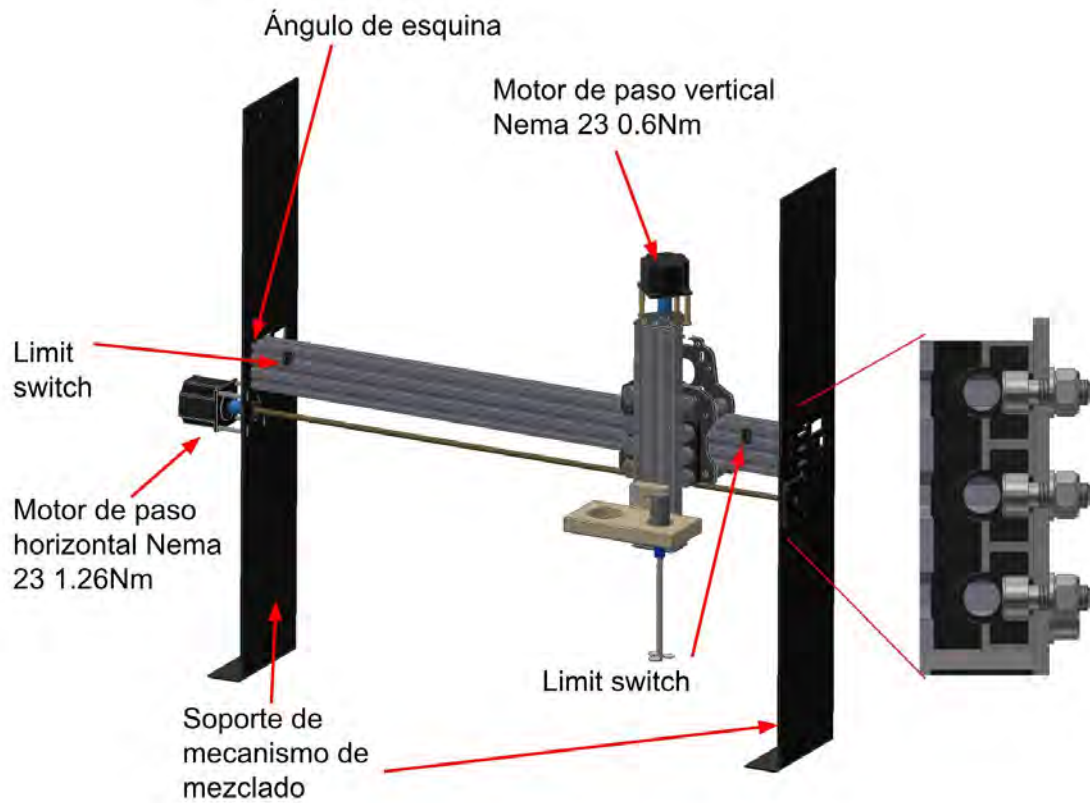


Figura 29: Imagen general del Sistema de mezclado

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 29 se puede observar que todo el sistema cartesiano se sostiene de dos soportes, los cuales están fabricados con una lámina de acero tipo ASTM 2B 304 de 3mm de espesor, y ángulos de esquina mediante uniones atornilladas pasante tipo socket, arandela y tuerca.

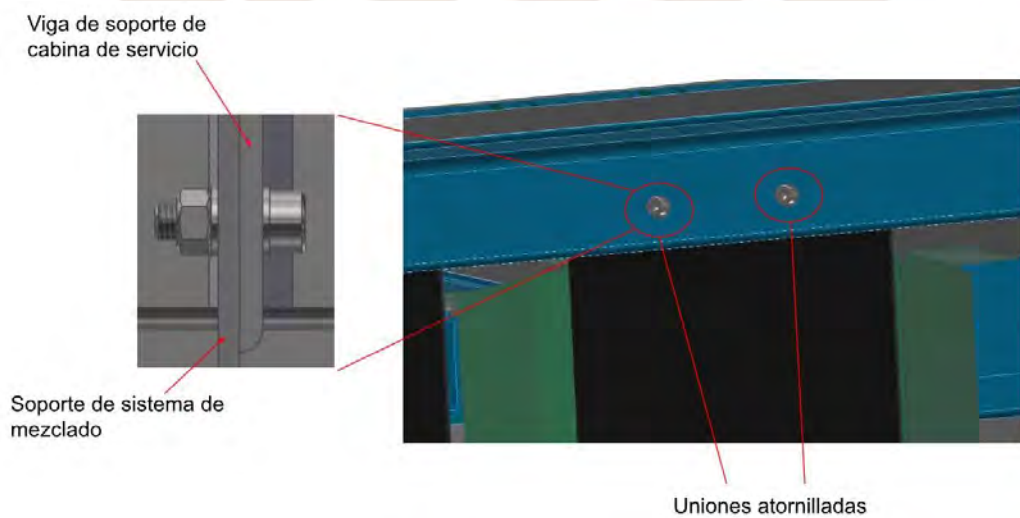


Figura 30: Imagen de unión superior del Sistema de mezclado hacia la cabina de servicio

Fuente: Elaboración propia

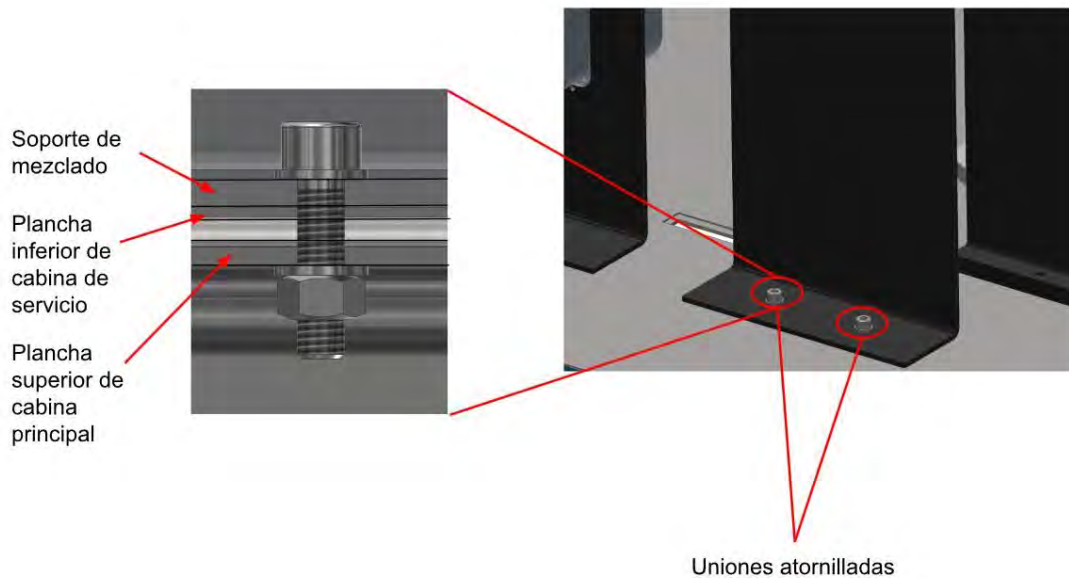


Figura 31: Imagen de unión inferior del Sistema de mezclado hacia la cabina de servicio
 Fuente: Elaboración propia

Además, en la [Figura 30](#) y [Figura 31](#) se observa cómo es la unión de los soportes a la cabina de servicio y la principal, dichas uniones atornilladas es por cada soporte en la parte inferior y superior de la pieza en dos puntos respectivamente, y son uniones con tornillos tipo socket, arandela y tuerca.

3.2.3. Selección de recipiente de limpieza de aspas de mezclado

Posterior al vertido y mezclado de los líquidos en el vaso, el sistema de cartesiano se dirige a una posición de reposo, el cual está fuera de la vista del usuario, y donde se realiza la limpieza de las aspas de mezclado y se pone en modo de espera hasta la orden de un nuevo cóctel. Para ello, un recipiente se ubica en la parte inferior de la posición de reposo, en el cual se recolecta cualquier líquido residual que salga de los tubos y en el que se realiza la limpieza de las aspas.

En primer lugar, se diseña el soporte en el cual se coloca el recipiente, este soporte brinda una altura de 10 cm al recipiente para reducir la distancia entre el mismo y la salida de los tubos y las aspas de mezclado, esto con el objetivo de reducir derrames por salpicaduras y para que las aspas puedan llegar al recipiente. A continuación, en la Figura 32 se muestra una vista general de la pieza, el cual es diseñado con material de polímero tipo ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) para ser fabricado mediante impresión 3D.

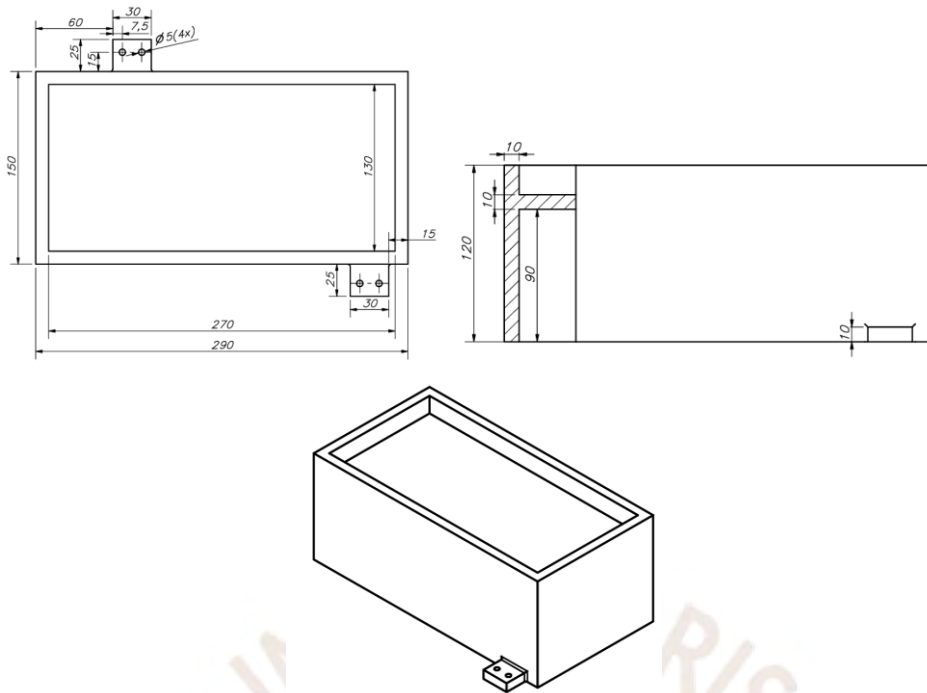


Figura 32: Soporte de recipiente de limpieza

Fuente: Elaboración Propia

Adicionalmente, se muestra en la Figura 33 la ubicación y la unión del soporte con la cabina de servicio y a la cabina principal, los cuales son uniones con tornillos tipo socket, arandela y tuerca.

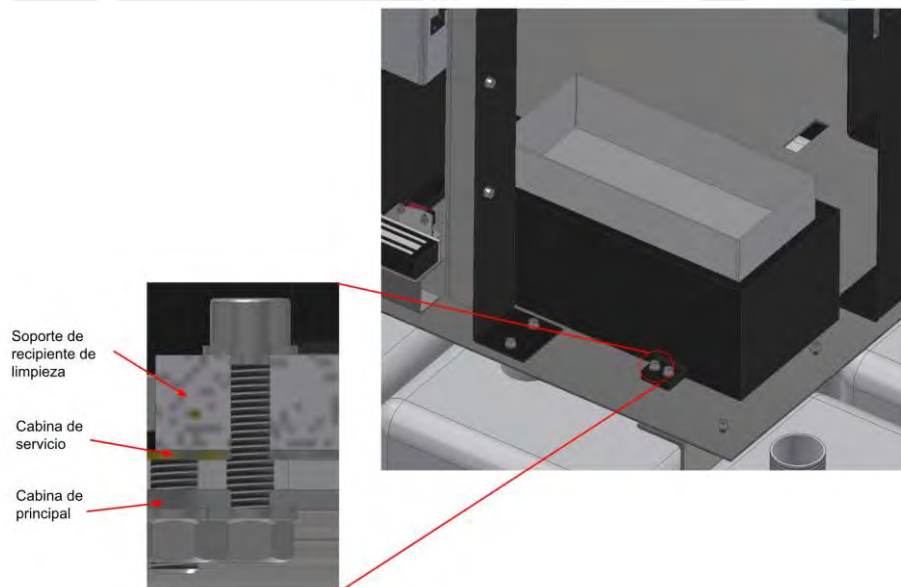


Figura 33: Imagen de unión del soporte de recipiente de limpieza hacia la cabina de servicio

Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, se selecciona el recipiente en el cual se recolecta cualquier líquido residual de los tubos y donde se realiza el limpiado de las aspas mediante la activación de

las aspas sobre agua en el recipiente. A continuación, se muestra en la Figura 34 y Figura 35 el recipiente seleccionado y su ubicación sobre el soporte de recipiente de limpieza respectivamente.



Marca	Sistole
Dimensiones	26 cm x 12 cm x 06 cm
Material	Acero inoxidable

Figura 34: Recipiente de Limpieza - Sistole

Fuente: [Sistole](#)

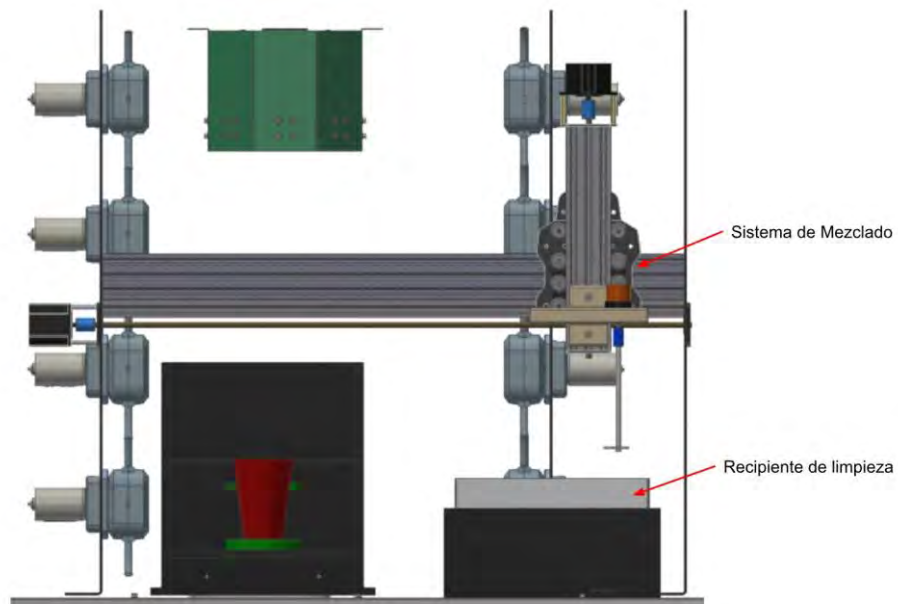


Figura 35: Ubicación del Recipiente de Limpieza

Fuente: Elaboración propia

3.3. Sistema de servicio

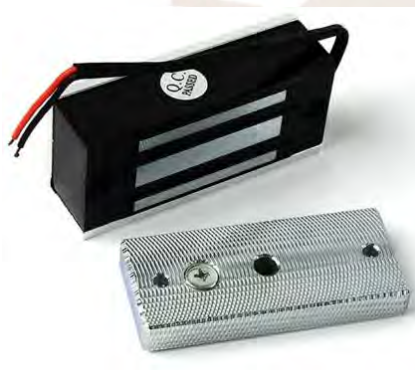
En esta sección se desarrolla el sistema de servicio, el cual está compuesto por la compuerta de seguridad de la puerta de la estación de servicio de cócteles y del portavasos en el que se coloca el vaso.

3.3.1. Diseño de la compuerta de seguridad

En primer lugar se diseña el mecanismo de bloqueo y desbloqueo de la puerta, para ello el mecanismo que se selecciona es por medio de sujeción magnética, por lo que el componente que activa el mecanismo de bloqueo es un bloqueo de acceso electromagnético (*magnetic lock*) y un sensor fotoeléctrico para detectar el cierre o apertura de la puerta.

- **Diseño de mecanismo de bloqueo**

En primer lugar, se selecciona el *magnetic lock* para el bloque de la puerta. Para ello, se tiene como condición de selección que la sujeción de la puerta debe soportar como máximo una carga de 100 kg y debe operar a 24 VDC. A partir de ello se selecciona el magnetic lock que se muestra en la Figura 36.



Marca	Natheprotect
Modelo	FCL-60Kg
Dimensiones de la cerradura	80 x40 x 22 mm
Placa de armadura	74 x 35 x 10 mm
Tensión máxima	60 Kg (100 lbs)
Voltaje:	24 VDC + 10%
Corriente	150 mA - 24 VDC
Temperatura de Trabajo	-10 - +55 °C
Durabilidad	Hasta 500,000 veces
Tipo de conexión	Normalmente Cerrado (NC)

Figura 36: Magnetic Lock FCL-60Kg - 24VDC

Fuente: [AliExpress](#)

Para esta aplicación se utilizan dos *magnetic locks* y se colocan en cada extremo de la puerta de bloqueo, por lo que se obtiene una resistencia de 120 Kg como máximo de resistencia.

En segundo lugar, se selecciona el sensor fotoeléctrico de luz infrarroja que va a detectar si la puerta está cerrada o abierta. Para ello, se selecciona el sensor fotoeléctrico que se muestra en la Figura 37.



Marca	OMRON E3Z-D81K-2M
Método de Detección	Difuso-Reflexivo
Salida	PNP
Máxima distancia de detección	100 mm
Fuente de Luz	Luz Infrarroja
Voltaje de Operación	24 VDC +/- 10%
Corriente de Salida	30 mA
Dimensiones	31 x 20 x 10.8 mm
Resistencia a aceites	

Figura 37: Sensor Fotoeléctrico OMRON E3Z-D81K-2M

Fuente: [OMRON](http://www.omron.com)

En tercer lugar, se diseña una base, la cual brinda una elevación de 40mm a los componentes desde el piso para que hagan contacto en cada extremo de la puerta correctamente. Dicha pieza es diseñada a partir de una plancha de acero tipo ASTM 2B 304 de 2mm de espesor. A continuación, se muestra en la Figura 38 la pieza con sus dimensiones generales.

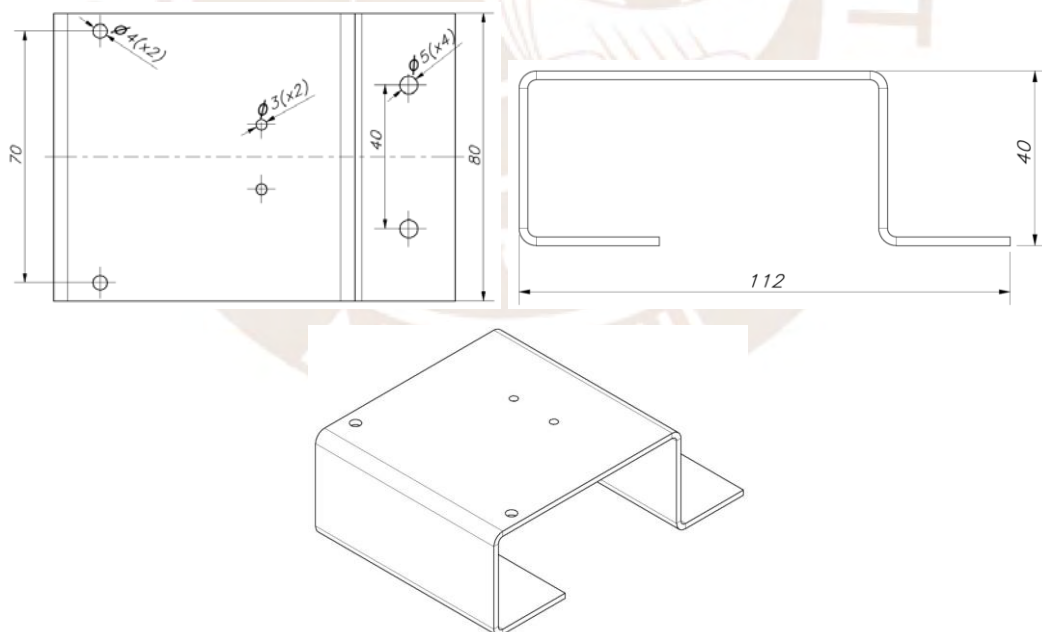


Figura 38: Vista de Base de mecanismo de bloqueo

Fuente: Elaboración propia

Sobre dicha pieza se coloca el *magnetic lock* y el sensor infrarrojo, y ambas están unidas a la pieza mediante 2 puntos por pieza, en el cual se utiliza una unión tipo socket

con arandela y unión pasante, arandela y tuerca. Además, para el montaje del sensor fotoeléctrico en la base, se utiliza un soporte de montaje *L-Bracket*, *vertical* ya diseñado por el fabricante del sensor para colocar el sensor en una posición perpendicular a la base. A continuación, se muestra en la Figura 39 la unión de la base con los componentes.

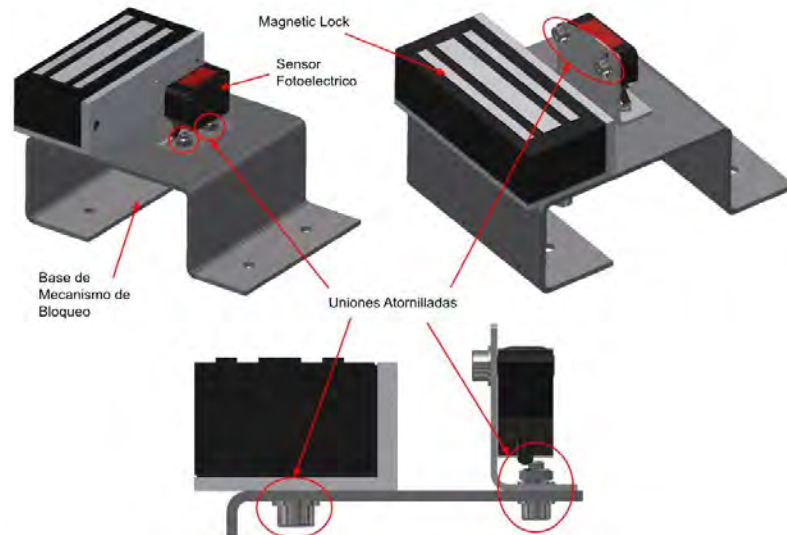


Figura 39: Mecanismo de Bloqueo
Fuente: Elaboración propia

- **Diseño de puerta de bloqueo**

Para el diseño de la puerta de bloqueo se utiliza un material polímero tipo ASA (Acrilonitrilo Estireno Acrilato) mediante impresión 3D de dimensiones 48, 40 y 4 cm de altura, ancho y espesor respectivamente, ya que el material ASA es resistente ante un uso prolongado, a impactos y tiene buenas propiedades mecánicas. Adicionalmente, dicha pieza en el centro un espacio para que se pueda colocar una lámina de plástico transparente SAN (Estireno Acrílico-Nitrilo), de esta manera se puede visualizar el preparado del cóctel. Además, en la lámina de plástico se coloca un tirante. Finalmente, en ambos extremos de la puerta se colocan las piezas metálicas para el *magnetic lock* y un extremo tiene un sobresaliente para que el sensor fotoeléctrico lo pueda detectar. A continuación, se muestra la vista principal de la puerta que se muestra en la Figura 40.

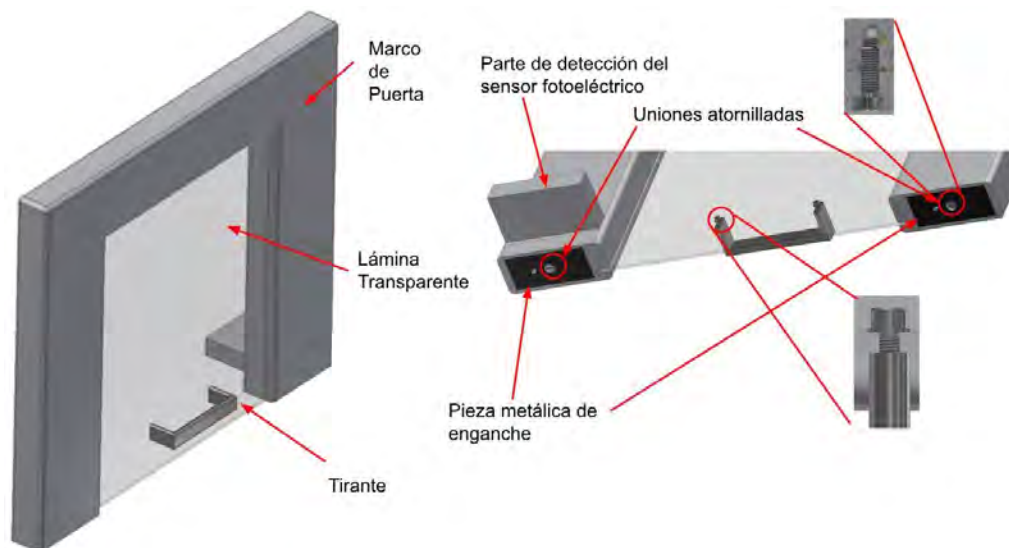


Figura 40: Vista de la puerta
Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en la Figura 40 que las piezas metálicas están en ambos extremos mediante una unión atornillada con el marco de la puerta. Además, la lámina de plástico transparente entra en una rendija en la puerta. Finalmente, se utiliza una unión tipo socket con arandela para la unión entre el tirante y la lámina de plástico transparente.

Se muestra el tirador el cual se coloca en la puerta, dicho producto es comercial y está disponible en el mercado nacional peruano, el cual se muestra en la Figura 41.

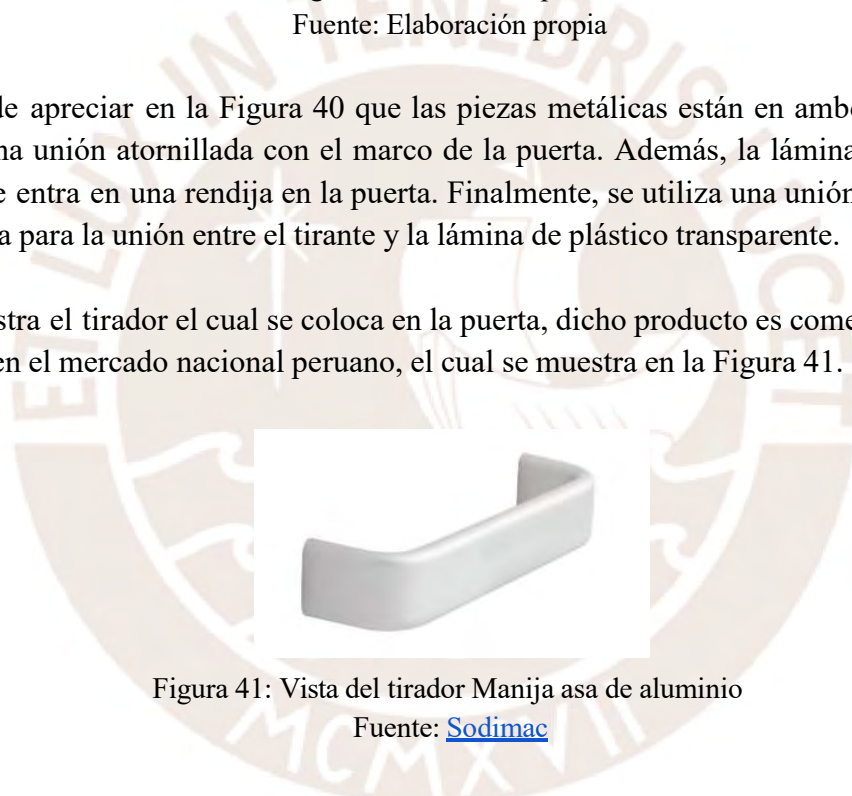


Figura 41: Vista del tirador Manija asa de aluminio
Fuente: [Sodimac](#)

En cuarto lugar, se utilizan correderas de aluminio que serán de guía de desplazamiento de la puerta y correderas de perfil DN-80. A continuación, se muestran la corredera y correderas seleccionadas de una tienda peruana en la Figura 42 y Figura 43 respectivamente.


	Perfil	DN-80
	Ancho	32 mm
	Espesor	35 mm
	Altura	720 mm

Figura 42: Vista del corredor de la puerta-riel de acero DN-80

Fuente: [Sodimac](#)



Figura 43: Vista de corredera DN-80

Fuente: [Sodimac](#)

En quinto lugar, se diseñan unos soportes en los cuales van unidos los rieles mediante cinco uniones atornilladas tipo socket, arandela y tuerca como se observa en la Figura 44. Dichos soportes son diseñados a partir de una plancha de acero tipo ASTM 2B 304 de 2mm de espesor. Además, se muestra en la Figura 45 la unión del soporte con el riel y la unión del soporte con la cabina de servicio respectivamente.

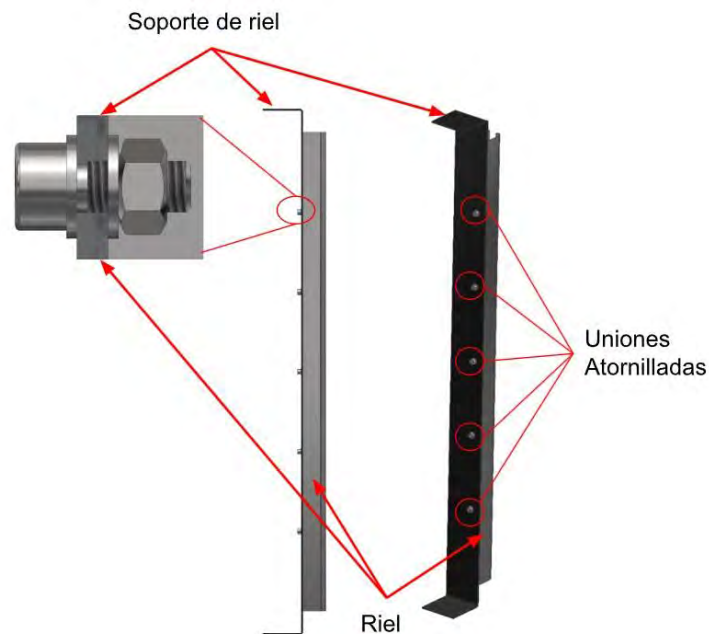


Figura 44: Vista de unión del Riel hacia el soporte

Fuente: Elaboración propia

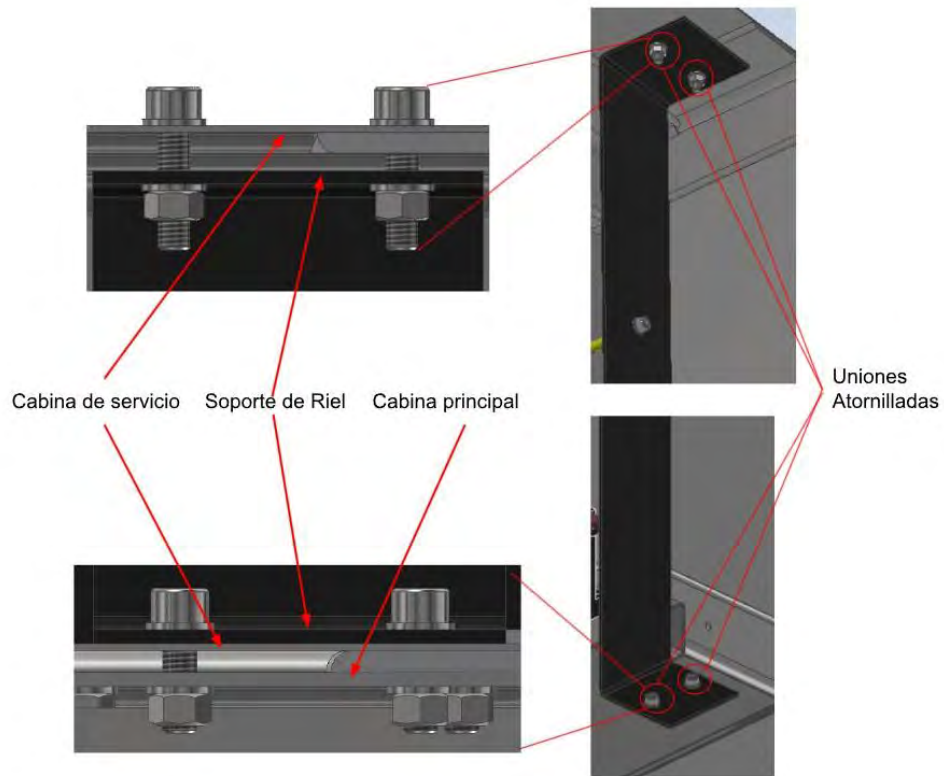


Figura 45: Vista de unión del soporte con riel a la cabina de servicio

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Figura 45 que el soporte de riel se fija en cuatro puntos atornillados en la parte superior e inferior mediante uniones atornilladas pasantes tipo socket, arandela y tuerca.

- **Integración del sistema de puerta de seguridad:**

En esta sección se integran los componentes que componen la puerta de seguridad y se muestran en la Figura 46.

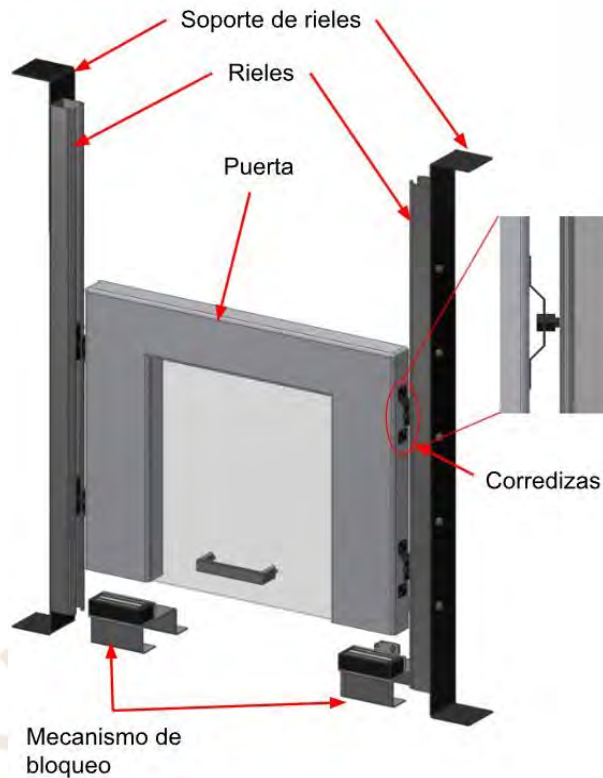


Figura 46: Sistema de puerta de seguridad
Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Diseño del sistema de portavaso:

El sistema de portavaso tiene la función de sostener el vaso que el usuario coloca en el sistema y fijar el vaso en una posición ante el proceso de mezclado.

- **Diseño del portavaso y cámara de servicio:**

Para el diseño del porta vaso se considera el uso de un vaso de 12 onzas el cual tiene las siguientes dimensiones que se aprecian en la Tabla 24.

Tabla 24: Dimensiones de vaso de fiesta

Dimensión	Valor (in)
Diámetro superior	3.2
Diámetro inferior	2
Altura	4.4

Fuente: [Amazon](#)

Con estos datos, se muestra una vista general del diseño del porta vaso en la Figura 47, el cual está diseñado con material de polímero tipo ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) para ser fabricado mediante impresión 3D.

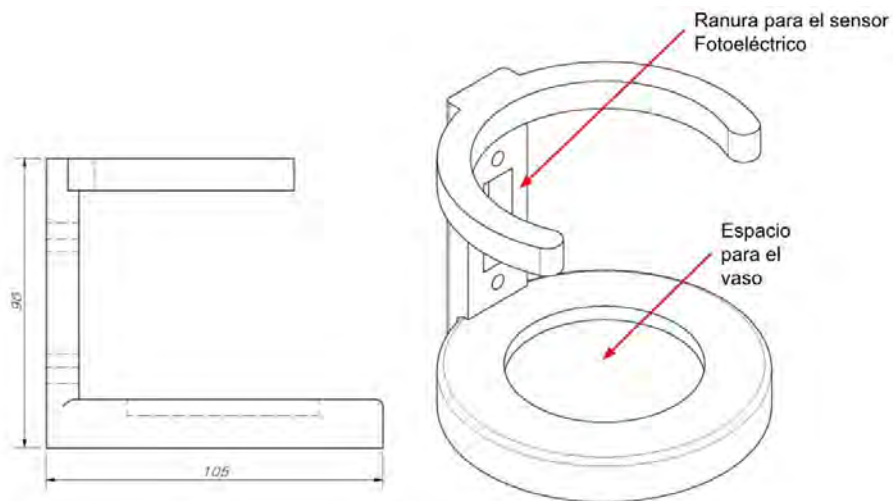


Figura 47: Vista del portavaso

Fuente: Elaboración propia

El portavaso se coloca sobre una cámara de servicio, el cual es el único espacio el cual el usuario puede interactuar a parte de la pantalla. Cabe mencionar que en la parte inferior se incluye rendijas para que los líquidos que se puedan derramar caigan en un recipiente en la parte inferior. En la Figura 48 se muestra una vista de la pieza, el cual es diseñado con material de polímero tipo ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) para ser fabricado mediante impresión 3D.

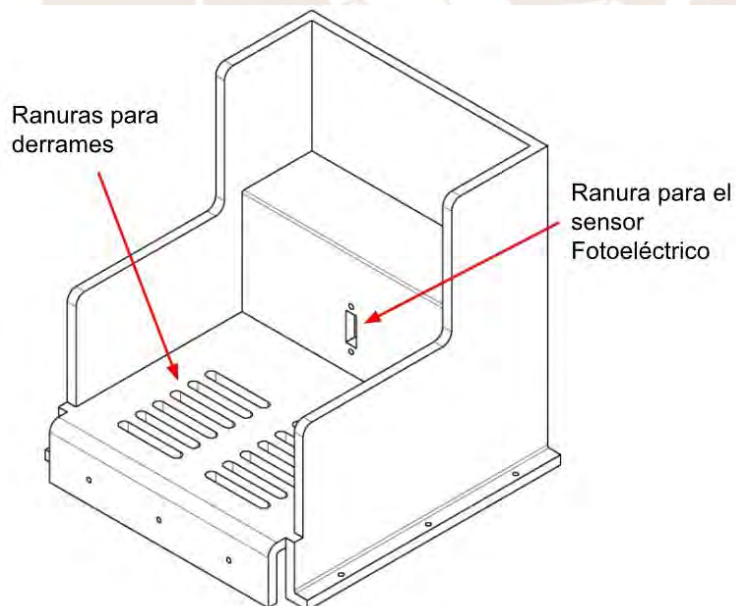


Figura 48: Vista de la cámara de servicio

Fuente: Elaboración propia

- **Selección del sensor de detección del vaso:**

Para el sensor de detección de vaso se selecciona el sensor fotoeléctrico de luz infrarroja que va a detectar si la puerta está cerrada o abierta. Para ello, se selecciona el

mismo sensor fotoeléctrico que se seleccionó en la sección 3.3.1 y que se muestra en la Figura 49.



Marca	OMRON E3Z-D81K-2M
Método de Detección	Difuso-Reflexivo
Salida	PNP
Máxima distancia de detección	100 mm
Fuente de Luz	Luz Infrarroja
Voltaje de Operación	24 VDC +/- 10%
Corriente de Salida	30 mA
Dimensiones	31 x 20 x 10.8 mm
Resistencia a aceites	

Figura 49: Sensor Fotoeléctrico OMRON E3Z-D81K-2M

Fuente: [OMRON](#)

Dicho componente tiene la función de detectar el vaso colocado en el portavasos. Para ciertos casos en el que se pueda generar derrames de líquidos en el portavasos se colocará una lámina de plástico transparente de polipropileno transparente de 0.5 mm de espesor, el cual está pegado a la caja de servicio con goma. Dicha lámina protege el componente de líquidos sin bloquear el paso de la luz infrarroja para que pueda detectar el vaso. A continuación se muestra en la Figura 50 la lámina.



Material	Polipropileno PP
Espesor	0.5 mm
Color	Transparente
Marca	RS PRO - 201-2785

Figura 50: Lámina PP transparente

Fuente: [RS-PRO](#)

- **Integración del sistema de portavasos:**

En esta sección, se integra el portavasos con el sensor y la cámara de servicio. A continuación, se muestra en la Figura 51 la integración de los mismos.

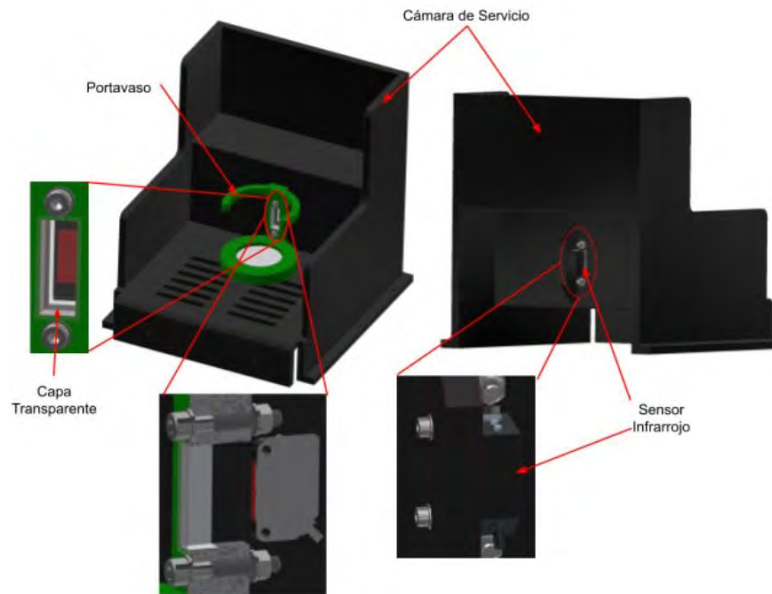


Figura 51: Integración del sistema de servicio

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 51, el portavaso está unido a la cámara de servicio mediante dos uniones atornilladas tipo socket, arandela y tuerca. Además, el sensor infrarrojo está unido en la parte trasera de la cámara de servicio mediante uniones atornilladas tipo socket y arandela. También, entre el sensor infrarrojo y el portavaso se encuentra una lámina de plástico de polipropileno PP transparente.

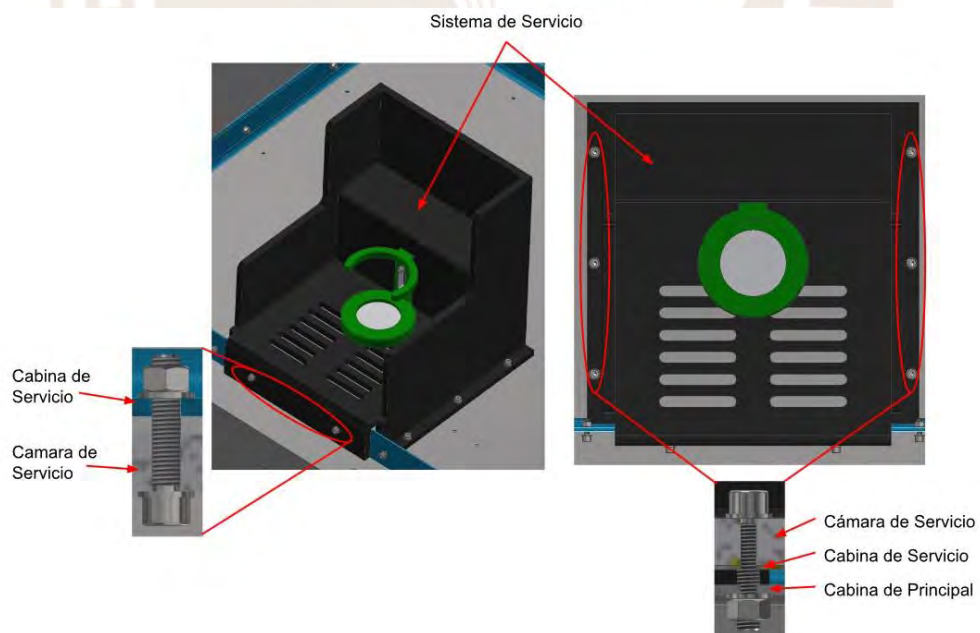


Figura 52: Vista de la unión del sistema de portavaso a la cabina de servicio

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 52, el sistema de servicio se une a la cabina de servicio mediante ocho puntos atornillados tipo socket pasantes, arandela y tuerca, dichos puntos se encuentran en los laterales y en la parte frontal.

Como se mencionó anteriormente, se incluyen ranuras de derrame en la cámara de servicio, las cuales permiten que las aguas derramadas caigan a un recipiente. A continuación, se muestra en la Figura 53 y en la Figura 54, el recipiente que se selecciona para el recojo de derrames y su ubicación en el sistema respectivamente.



Marca	Sistole
Dimensiones	30 cm x 20 cm x 4 cm
Material	Acero inoxidable

Figura 53: Bandeja de Acero Inoxidable Sistole

Fuente: [Sistole](#)

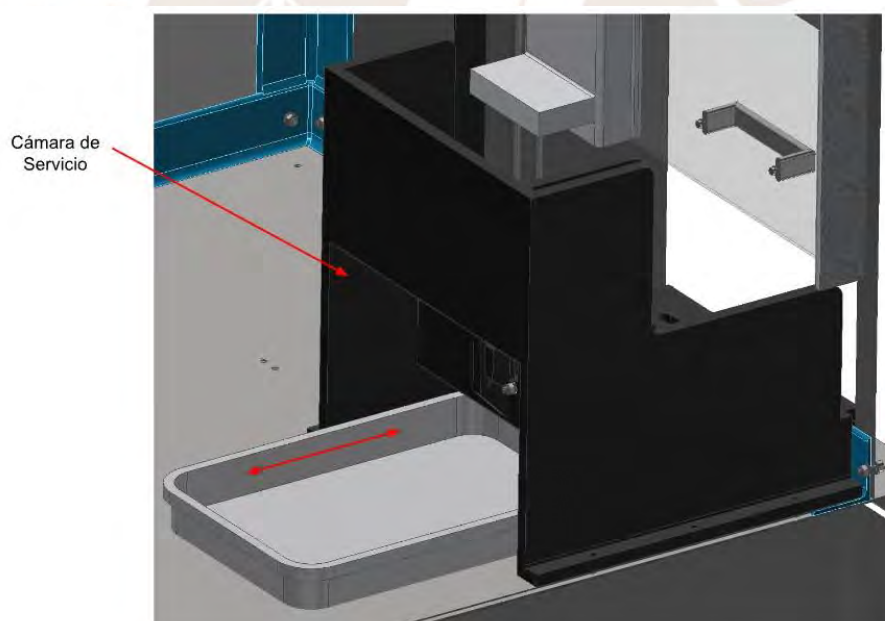


Figura 54: Ubicación del Recipiente de Derrames

Fuente: Elaboración propia

- **Integración de sistema de servicio:**

Finalmente, se integran todos los componentes para el sistema de servicio, el cual está compuesto del sistema de compuerta de seguridad y portavasos. A continuación se muestra en la Figura 55 el sistema de servicio completo.

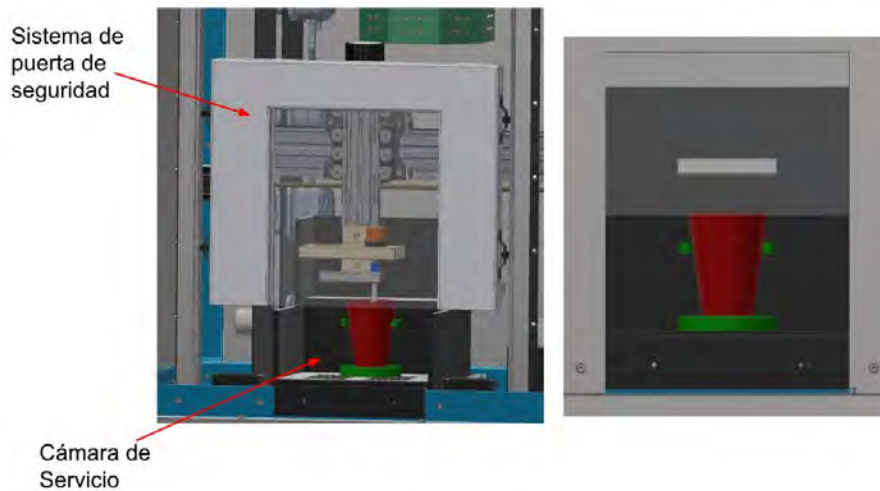


Figura 55: Vista general del Sistema de Servicio
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, como se puede apreciar en la Figura 55, el sistema de servicio está dentro de la cabina de servicio, el cual solo deja acceder a la puerta deslizante y al portavasos para colocar el vaso. Además, el mecanismo de bloqueo es de difícil vista y acceso.

3.4. Sistema de almacenamiento de líquidos

En esta sección se selecciona el envase que se utiliza para el almacenamiento de los diferentes tipos de líquidos y el sensor que se utiliza para conocer el nivel en dichos tanques.

3.4.1. Selección del envase de líquidos

Se selecciona una galonera de 20 litros hecha de material de polietileno de alta densidad hecha por la empresa Soloenvases. A continuación se muestra en la Figura 56 el envase y sus principales características.



Material	Polietileno de alta densidad
Peso	975 +/- 25 gramos sin líquidos
Capacidad	20 Litros
Dimensiones	282 +/- 5 mm
	259 +/- 5 mm
	376 +/- 5 mm

Figura 56: Envase de líquidos
Fuente: [Solo Envases](#)

3.4.2. Selección de sensor capacitivo

Se selecciona el sensor de nivel capacitivo sin contacto, ya que este tipo de sensor no tiene que tener contacto directo con el líquido, por lo que se asegura una no contaminación del líquido. A continuación se muestra en la Figura 57 el sensor y sus principales características.



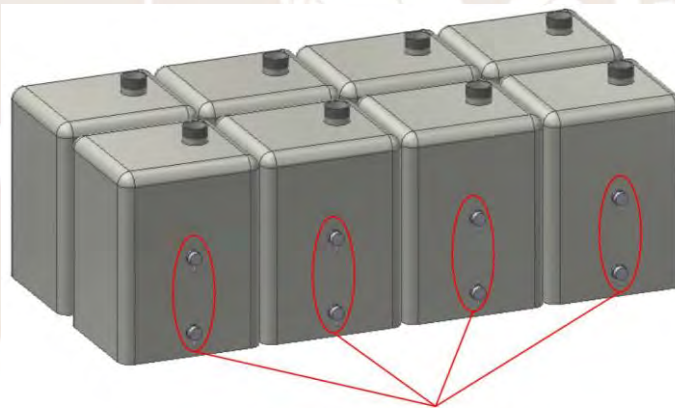
Dimensiones	28 mm de espesor 17 mm de altura
Voltaje de operación	5 - 24 VDC
Consumo de Corriente	5 mA
Rango de Sensado	0 - 15 mm

Figura 57: Se sensor de nivel XKC-Y25-T12V

Fuente: [Naylamp mechatronics](#)

- **Integración de sistema de almacenamiento de líquidos**

En esta sección se muestra el sistema de almacenamiento de líquidos, el cual está compuesto por 8 galeones y 16 sensores capacitivos de nivel, los cuales indican si cada galón está en nivel medio o bajo al ubicarse en dos zonas de cada galón. A continuación se muestra en la Figura 58 el conjunto de galones con los sensores.



Sensores capacitivos de nivel

Figura 58: Sistema de almacenamiento de líquidos

Fuente: Elaboración propia

Dicho sistema se encuentra en la cabina principal en un nivel elevado del suelo, por lo que se tiene que diseñar un armazón y selección de plancha que sea capaz de aguantar el peso total del sistema, el cual se estima ser 170 Kg como máximo. En primer lugar, se decide diseñar el armazón de la cabina para que cada extremo del galón sea soportado por una viga. De esta manera se muestra en la Figura 59 el sistema sobre el armazón de la cabina.

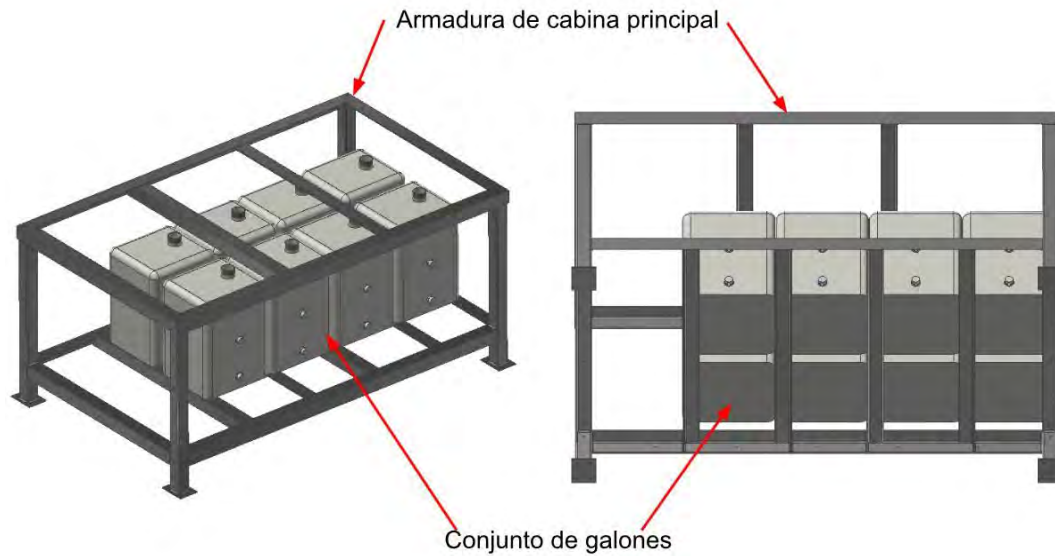


Figura 59: Sistema de almacenamiento de líquidos en armadura de cabina principal
Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, es necesario que los galones se apoyen también en una plancha de acero, por lo que es necesario calcular el espesor mínimo que debe tener la plancha para evitar que se deforme por el peso de los galones. Por ello, en primer lugar, se realiza la toma de datos en la Tabla 25.

Tabla 25: Datos para el cálculo de espesor de plancha

Dato	Valor
Peso del líquido por galón	20Kg
Peso del envase	1Kg
Peso total	210 N por envase
Area de envase	$287 \times 264 = 75768 \text{ mm}^2$
Esfuerzo de fluencia de plancha de acero ASTM 2B 304	205 N/mm ²
Factor de seguridad mínima	2

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se realiza un DCL (Diagrama de Cuerpo Libre) de las fuerzas que existen en un galón sobre las vigas, se realiza un diagrama de fuerzas cortantes y momentos flectores en la Figura 60.

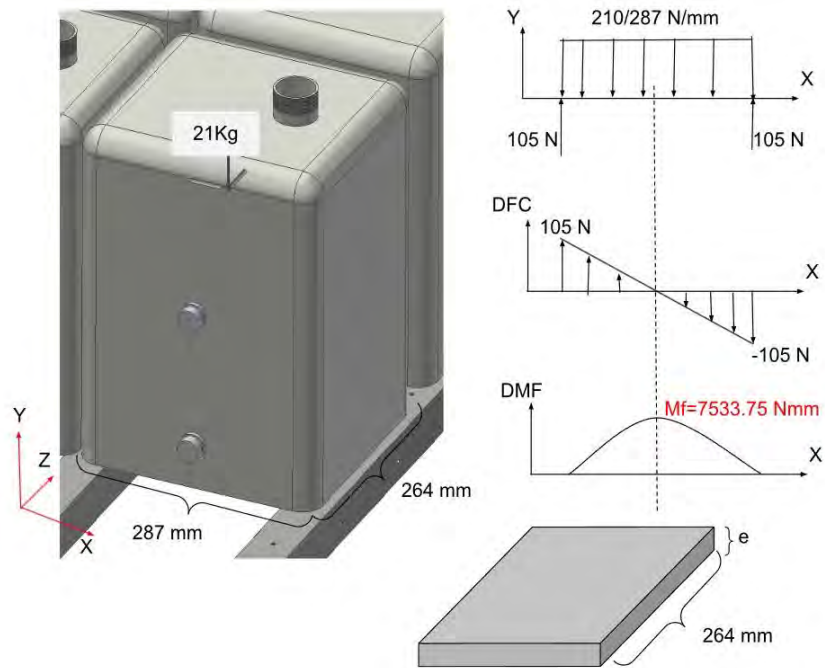


Figura 60: DCL de galón sobre vigas
Fuente: Elaboración propia

Con dichos valores, se calcula en la ecuación 8 el espesor mínimo que tiene que tener la plancha para que este no se doble.

$$\sigma = \frac{M}{Z} \leq \frac{\sigma_{\text{adm}}}{FS} \rightarrow \frac{7533.75 \cdot \frac{264}{2}}{264 \cdot e} \leq \frac{205}{2} \dots (8)$$

Con ello, se halla que el espesor tiene que ser mayor igual a 1.29 mm, por lo que se selecciona un espesor de 2 mm. Por lo que el nuevo factor de seguridad es de 4.8 (reemplazando $e=4$ en la ecuación 7 y hallando el nuevo FS) y la plancha a seleccionar para colocar debajo del sistema de almacenamiento de líquidos es una plancha de acero de tipo ASTM 2B 304 de 2 mm de espesor.

3.4.3. Selección de Luces indicadores de nivel de tanque

Se seleccionan las luces que se utilizan de indicadores de estado de nivel de cada tanque, para ello se tiene dos luces por tanque y cada uno señala nivel medio (amarillo) y nivel bajo (rojo). Cuando ninguno de los LEDs está prendido, el nivel del tanque estará entre 100% - 50%; cuando el LED amarillo este prendido, el nivel del tanque estará entre 49% - 10%; y, cuando el LED rojo este prendido, el nivel del tanque será menor del 10%. El estado de los LEDs se actualizan cada vez que se reinicia el programa cuando se finaliza una preparación de cóctel. A continuación, se muestra en la Figura 61 la luz LED Light Electric seleccionada.



Voltaje de Funcionamiento	24 VDC
Corriente	$\leq 20\text{mA}$
Dimensiones	29mm de diámetro y 51 mm de altura

Figura 61: Luz LED Light Electric
Fuente: [Alibaba](#)

3.5. Sistema de transporte de líquidos

En esta sección se desarrolla el transporte de líquidos desde los tanques de almacenamiento hasta el envase final. Por lo que, a continuación se seleccionan las bombas peristálticas que transportan el líquido, el tipo de tubo que se utiliza para transportar el líquido, las válvulas que controlan el flujo de líquido, el diseño de los tubos de volumen y el driver que controla las bombas y las válvulas.

3.5.1. Selección de la bomba peristáltica y driver

- **Selección de la bomba peristáltica:**

Para la selección de la bomba peristáltica se toman en consideración los siguientes puntos. En primer lugar, se considera el rango de caudal que puede transportar la bomba; como se mencionó anteriormente, uno de los objetivos de este sistema automático es demorar un tiempo menor al de un bartender humano en la preparación de un cóctel, por lo que, según los requerimientos del proyecto, se tiene que realizar el vertido de los líquidos hacia el envase en un tiempo menor a 10 seg. Además, se considera que cada cóctel tiene las siguientes cantidades de ingredientes, el cual se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26: Cantidad de cada ingrediente por cóctel

Ingredientes	Cóctel							
	Mojito	Chilcano	Presbyterian	Cuba Libre	Gin Buck	Whiske y Fix	Moscow Mule	Whiskey & Coca-Cola
Ron	50 ml	-	-	50 ml	-	-	-	-
Vodka	-	-	-	-	-	-	50 ml	-
Jugo de limón	25 ml	25 ml	25 ml	25 ml	25 ml	50 ml	25 ml	25 ml
Ginger Ale	120 ml	120 ml	120 ml	-	120 ml	-	120 ml	-
Gin	-	-	-	-	50 ml	-	-	-
Whiskey	-	-	50 ml	-	-	50 ml	-	50 ml
Coca-Cola	-	-	-	120 ml	-	-	-	120 ml
Pisco	-	50 ml	-	-	-	-	-	-
Total	195 ml	195 ml	195 ml	195 ml	195 ml	100 ml	195 ml	195 ml

Fuente: Elaboración propia

Se logra observar en la Tabla 26 que la cantidad máxima de un ingrediente es de 120 ml y la mínima es de 25 ml. Al desear que el tiempo de vertido de líquidos hacia el vaso sea menor a 10 seg, se calcula en la ecuación 9 el caudal mínimo que debe tener la bomba para igualar dicho tiempo.

$$Q_{\min 3} \text{ (ml/min)} = 120\text{ml}/10\text{seg} = 720 \text{ ml/min...}(9)$$

A partir de la ecuación 11, se selecciona una bomba peristáltica con una capacidad de flujo mayor a 720 ml/min. A continuación, se muestra una imagen referencial en la Figura 62 y los datos técnicos en la Tabla 27 de la bomba KKDD-24S17A de la marca Kamoer seleccionada.



Figura 62: Bomba peristáltica KKDD-24S17A

Fuente: [Kamoer](#)

Tabla 27: Características de la bomba peristáltica KKDD-24S17A

Código	KKDD-24S17A
Material del tubo	Silicona
Diámetro exterior	9.6 mm
Diámetro interior	6.4 mm
Voltaje del motor	24 VDC
Corriente del motor	0.5-0.6 A
Caudal	1000 ml/min
Máxima presión de succión	2 m.c.a
Máxima presión	2 m.c.a
Precio	\$80

Fuente: [Kamoer](#)

Por otro lado, el tipo de tubo al que la bomba está adaptada es de silicona, el cual cuenta con un tiempo de vida mayor a las 200 horas de uso y tiene un rango de temperatura de operación entre -60°C y 200°C .

Con la bomba peristáltica seleccionada, se calculan los tiempos de vertido de cada líquido hacia el envase. Para ello, es necesario conocer el valor del caudal real de transporte por cada líquido y si la densidad de los mismos están relacionados a ellos. Por ende, se realiza el cálculo de ambos parámetros de cada ingrediente presentados en la Tabla 28 mediante un experimento, el cual tiene los siguientes objetivos:

- Observar si existe una relación entre el flujo de transporte real de un líquido y la densidad del mismo.
- Calcular el caudal real de transporte de cada ingrediente presentado en la Tabla 26, compararlo con el caudal teórico y analizar el porcentaje de precisión.

Para ver el procedimiento completo del experimento ir al Anexo D. A continuación, se muestra en la Figura 63 los componentes que se utilizan para el experimento.



Figura 63: Armado del experimento para el cálculo de densidad y caudal real de transporte
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se indican en la Tabla 28 la densidad y el caudal real para transportar el líquido de un punto a otro como resultado del experimento.

Tabla 28: Resultados del experimento para el cálculo de caudal real y densidad

Líquido	Densidad (Kg/m ³)	Caudal real (ml/min)	Caudal teórico (ml/min)	Presición (%)
Ron Cartavio - Black Barrel	1030	998.4	1000	99.84
Vodka Smirnoff N°21	964	1001.4	1000	100.14
Jugo de Limón	1026	997.8	1000	99.78
Ginger Ale - Evervess	1022	999.2	1000	99.92
Gin Gordon's London Dry	954	1001	1000	100.1
Whiskey Johnnie Walker - Red Label	946	1000.6	1000	100.06
Coca-Cola	1032	999.2	1000	99.92
Pisco Santiago Queirolo - Acholado	952	1000.8	1000	100.08

Fuente: Elaboración Propia

A partir de los valores obtenidos en la Tabla 28, se observa que si existe una relación indirectamente proporcional entre la densidad del líquido y el caudal de transporte. Esto se debe a que a una mayor densidad del líquido, este se va a adherir hacia las paredes del

tubo y, por ende, el caudal real de transporte es menor si el voltaje de alimentación de la bomba es la misma. Sin embargo, como se observa en la columna de precisión en la Tabla 28, el valor del caudal real con el caudal de transporte de agua varía entre 99.78% - 100.14 %, lo cual es un valor menor al 0.25% de precisión; es decir, a 2.5 ml por minuto o 0.04 ml por segundo.

Por ende, para el cálculo del tiempo de activación de las bombas, se aproxima el caudal de transporte a 1000 ml/min para todos los líquidos. A partir de ello, se calculan los tiempos de vertido hacia el envase haciendo uso de la fórmula que se muestra ecuación 10, donde C es la cantidad de líquido vertido en el recipiente.

$$\text{Tiempo de vertido} = C \text{ (ml)} / 1000 \text{ ml/min} \dots(10)$$

A partir de la Fórmula 12, se muestra la Tabla 29 con los tiempos para verter los distintos líquidos hacia el envase para la preparación de los cócteles con los valores de caudal real calculados previamente.



Tabla 29: Cantidad de insumos y tiempo de preparación por cóctel

Ingredientes	Cocteles															
	Mojito		Chilcano		Presbyterian		Cuba Libre		Gin Buck		Whiskey Fix		Moscow Mule		Whiskey & Coca-Cola	
	Cantidad (ml)	Tiempo (s)	Cantidad (ml)	Tiempo (s)	Cantidad (ml)	Tiempo (s)	Cantidad (ml)	Tiempo (s)	Cantidad (ml)	Tiempo (s)	Cantidad (ml)	Tiempo (s)	Cantidad (ml)	Tiempo (s)	Cantidad (ml)	Tiempo (s)
Ron	50 ml	5 s	-	-	-	-	50 ml	5 s	-	-	-	-	-	-	-	-
Vodka	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50 ml	5 s	-	-
Jugo de Limón	25 ml	1.5 s	25 ml	1.5 s	25 ml	1.5 s	25 ml	1.5 s	25 ml	1.5 s	50 ml	5 s	25 ml	1.5 s	25 ml	1.5 s
Ginger ale	120 ml	7.2 s	120 ml	7.2 s	120 ml	7.2 s	-	-	120 ml	7.2 s	-	-	120 ml	7.2 s	-	-
Gin	-	-	-	-	-	-	-	-	50 ml	5 s	-	-	-	-	-	-
Whiskey	-	-	-	-	50 ml	5 s	-	-	-	-	50 ml	5 s	-	-	50 ml	5 s
Coca-Cola	-	-	-	-	-	-	120 ml	7.2 s	-	-	-	-	-	-	120 ml	7.2 s
Pisco	-	-	50 ml	5 s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	195 ml	7.2 s	195 ml	7.2 s	195 ml	7.2 s	195 ml	7.2 s	195 ml	7.2 s	100 ml	5 s	195 ml	7.2 s	195 ml	7.2 s

Fuente: Elaboración Propia

Con este resultado, se puede estimar que la colocación de mezclas desde los contenedores hacia el vaso sería de 7.2 segundos como máximo al considerar que más de una bomba se activaría al mismo tiempo para el vertimiento de los líquidos. Con ello, se cumple un tiempo de vertido de líquidos en el vaso no mayor a 10 segundos.

Finalmente, dichas bombas están en la cabina de servicio y unidas mediante 4 puntos tipo socket pasante, arandela y dos láminas de acero, el cual se llama soporte de mecanismo de mezclado. A continuación se muestra en la Figura 64 la unión entre las bombas y el soporte del mecanismo de mezclado.

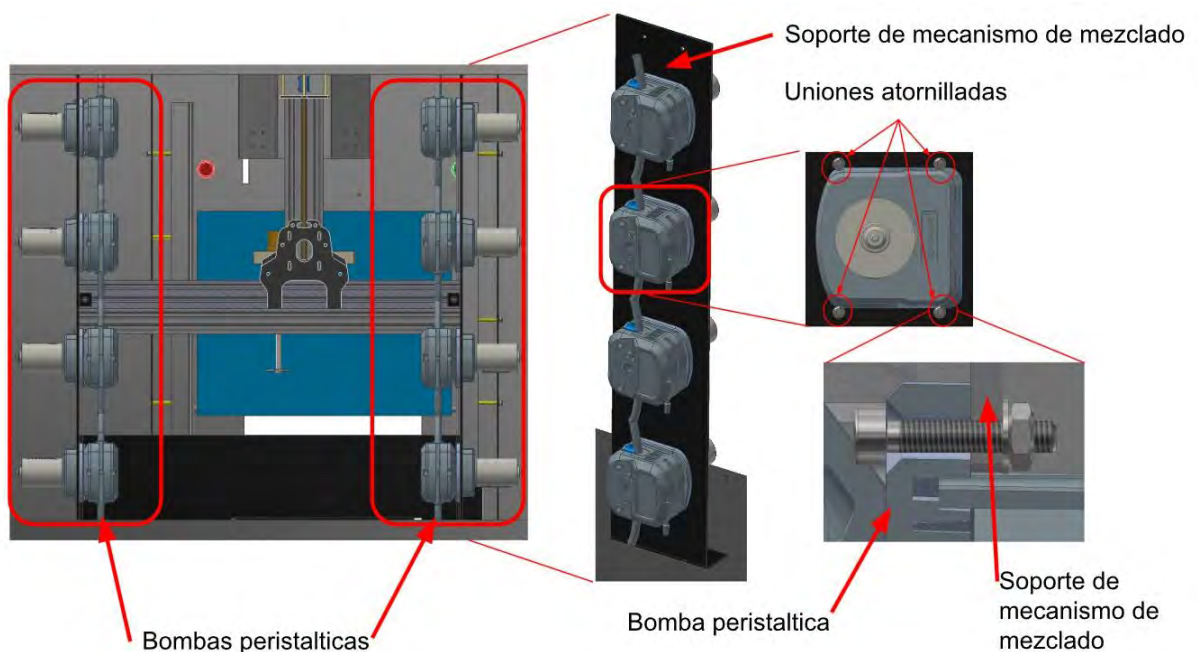


Figura 64: Unión de bombas peristálticas a Soporte de mecanismo de mezclado
Fuente: Elaboración propia

- **Selección del driver de la bomba peristáltica:**

Una vez seleccionada la bomba peristáltica, se pueden identificar los requerimientos eléctricos de esta, los cuales se muestran en la Tabla 30.

Tabla 30: Características eléctricas de la bomba peristáltica KSP16-N40-24V

Código	Voltaje del motor	Corriente del motor	Corriente pico del motor	Caudal
KKDD-24S17A	24V	0.5 A	0.6 A	1000 ml/min

Fuente: [Kamoer](#)

Como se observa en dicha tabla, el rango de corriente puede llegar a 0.5 A con picos 0.6 A y la bomba funciona con un voltaje de 24V. Con estos datos y escogiendo un factor de seguridad de voltaje y corriente de 1 y 2 respectivamente se tiene los requisitos eléctricos de la bomba para este proyecto son $V=24V$ y $I_{max}=2A$. Con ello, se muestra

una imagen referencial en la Figura 65 y la Tabla 31 de las características generales del módulo Relay 24VDC de 24 canales , el cual será parte de la cabina de componentes eléctricos, el cual se desarrollará más adelante en este trabajo de tesis.



Figura 65: Módulo Relay 24VDC de 24 CH

Fuente: [CXH-LABS](#)

Tabla 31: Características eléctricas del módulo Relay 24VDC de 24 CH

Característica	Valor
Voltaje de operación	24VDC
Voltaje de Baja	0-1.5 VDC or 0-1.5 VAC
Corriente de Activación	7 mA DC o AC
Señal de control	20-30 VDC or 20-26 VAC
Modelo Relay	Panasonic APAN3124
Voltaje Máximo	5 A/30VDC, 5A/250VAC
Corriente máxima	5 A (NO)
Soporta señal DC tipo NPN o PNP	
Relés intercambiables	
Indicadores LED de activación	

Fuente: [CXH-LABS](#)

Como se puede apreciar en la Tabla 31, se utiliza un relé que se puede activar con una señal de 24 VDC y este componente puede operar a una corriente máxima de 5A solamente en modo NO (*Normally Open*) y un voltaje máximo de 30VDC. Por lo que puede operar a la bomba peristáltica KSP16-N40-24V.

- **Selección de tubo de transporte:**

Según lo considerado para la selección de la bomba peristáltica, ésta utiliza un tubo tipo Silicona de código 17. Por lo que se selecciona el tubo de silicona de grado para alimentos sanitarios, ya que ese tipo de tubo puede ser instalados en válvulas tipo *Electronic Pinch Valve* y también están con certificado de sanidad para el uso de líquidos

en el que no se desea que se pierda la calidad de sabor, aroma y color. A continuación, se muestra en la Figura 66 una imagen del producto seleccionado.



Diámetro exterior	3/8"
Diámetro interior	1/4"
Espesor	0.0625"
Presión máxima	9 psi
#Tubo	27
Longitud	15 metros

Figura 66: Tubo SFG1-1208-NAS-050

Fuente: [Clippard](#)

Finalmente, este tubo será colocado en un soporte antes de llegar al vaso, el cual es el mismo soporte en el que se coloca el motor de mezclado y se muestra en la Figura 21. A continuación se muestra en la Figura 67 mayor detalle de la pieza.

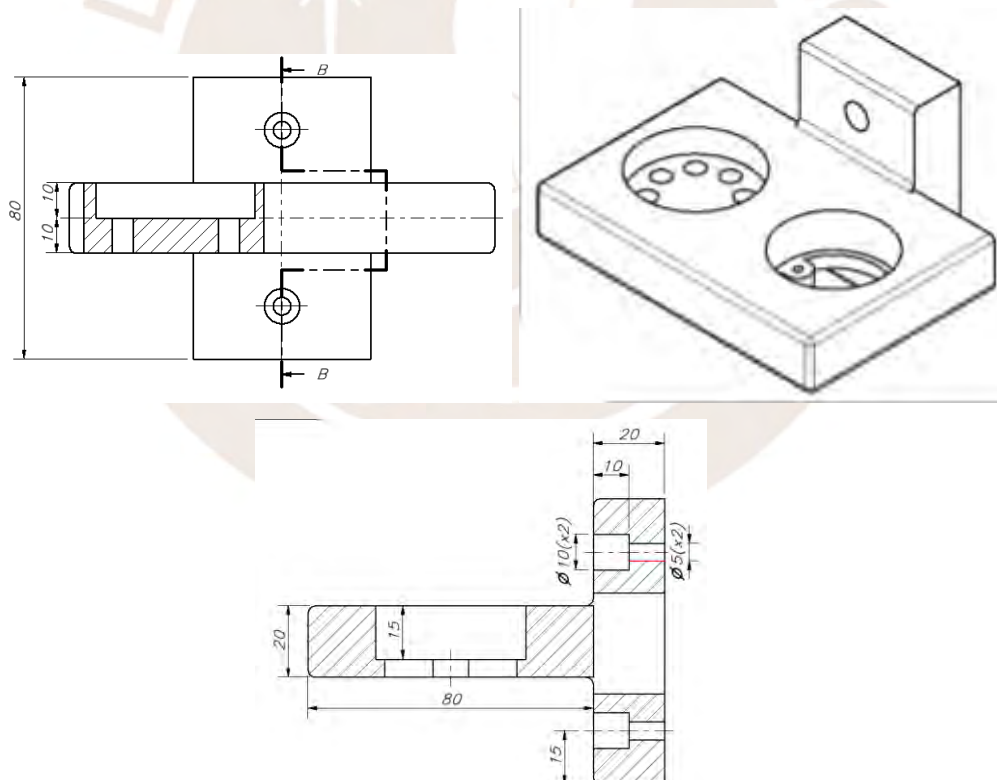


Figura 67: Soporte de Tubos de Transporte

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Selección de válvulas y diseño del sistema de control de paso de líquido hacia el envase

En esta sección se selecciona la válvula la cual permite el paso de los líquidos que se desean hacia el vaso a partir del cocktail seleccionado, el motivo de ello es para evitar derrames de líquidos por los tubos mientras el sistema de mezclado se moviliza sobre los rieles vertical y horizontal. A continuación, se selecciona la válvula y el diseño del contenedor de las válvulas.

- **Selección de válvula:**

A continuación, se muestra la válvula del tipo *Electronic Pinch Valve* en la Figura 68.



Marca	Clippard
Tipo de Válvula	Normalmente Cerrado NPV
Voltaje	24 VDC
Corriente Promedio	0.3 A
Potencia	7.2 W
Máxima presión	9 psi
Cantidad	8
Tipo de Manguera	27 Sanitary Food Grade Silicone Tube

Figura 68: Valvula NPV4-1C-27-24

Fuente: [Clippard](#)

Uno de los motivos por la selección de esta válvula es que esta no interfiere con el líquido que se transporta, por lo que se puede asegurar que dicho líquido no se contamina durante su retención. Se utilizarán un total de 8 válvulas, una por cada líquido.

- **Selección del driver de la válvula solenoide**

Como solo se desea controlar la posición de apertura y cierre de la válvula, se selecciona un relé para ello. El cual se muestra en la Figura 65 el módulo Relay 24VDC de 24 CH, el cual se encontrará en una cabina de componentes eléctricos. Dicho componente es del mismo modelo del que controla las bombas peristálticas, por lo que cumple con los requisitos eléctricos de la válvula con un voltaje de 24V y una corriente de 0.3 A.

- **Diseño de contenedores de las válvulas**

A continuación se diseña el contenedor de las válvulas, los cuales están después de las bombas y antes del vaso, el cual es diseñado para que se pueda realizar mediante trabajo

de chapa con una lámina de acero del tipo ASTM 2B 304 de 1 mm de espesor. A continuación se muestra en la Figura 69 una imagen de la pieza.

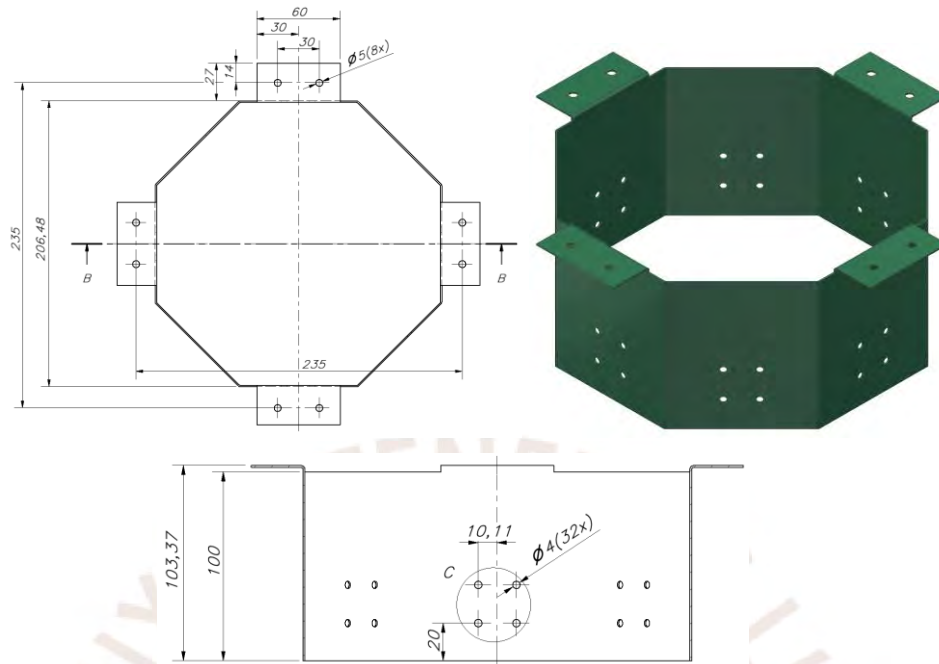


Figura 69: Contenedor de válvulas

Fuente: Elaboración propia

Con dicho diseño, se muestra en la Figura 70 el sistema de válvulas y medición de líquidos, la unión entre los componentes, y en la Figura 71 se muestra como se une el sistema a la cabina de servicio.

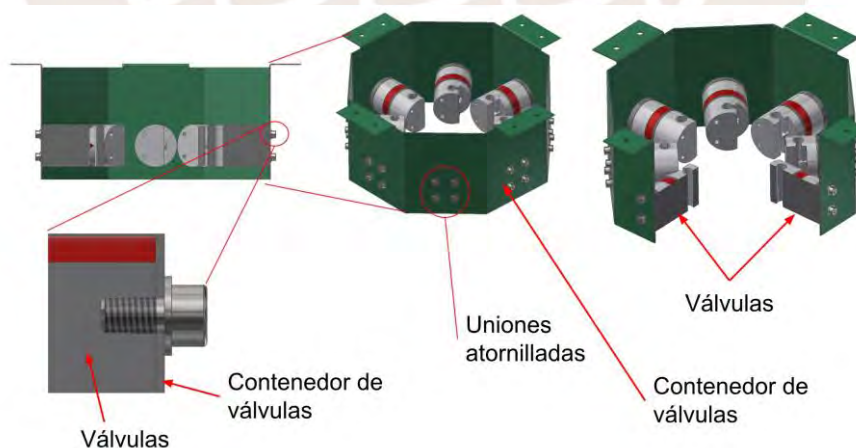


Figura 70: Sistema de contenedor de válvulas

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la Figura 70, cada una de las 8 válvulas están unidas mediante cuatro uniones atornilladas tipo socket y arandela al contenedor de válvulas.

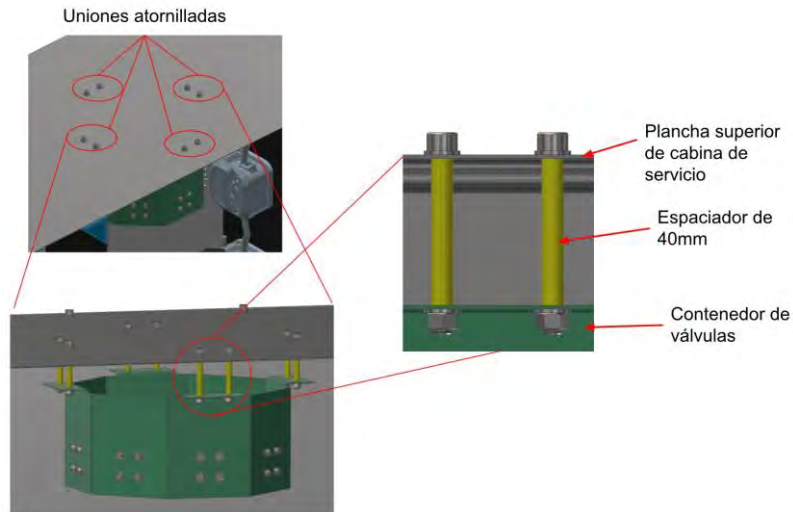


Figura 71: Unión del Sistema de contenedor de válvulas hacia la Cabina de Servicio
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 71 se muestra que la conexión del contenedor con la cabina de servicio es mediante ocho puntos atornillados tipo socket pasante con arandela y tuerca. Además, el contenedor está distanciado por 40mm de la cabina, ya que en ese espacio entran los tubos de transporte de líquidos.

- **Proceso de llenado de vaso**

A continuación, se explica la secuencia de servido de líquido en el envase. En primer lugar, antes de que el sistema reciba la señal para preparar un cocktail, todas las válvulas están abiertas y las bombas desactivadas. A continuación, se muestra en la Figura 72 dicha etapa.

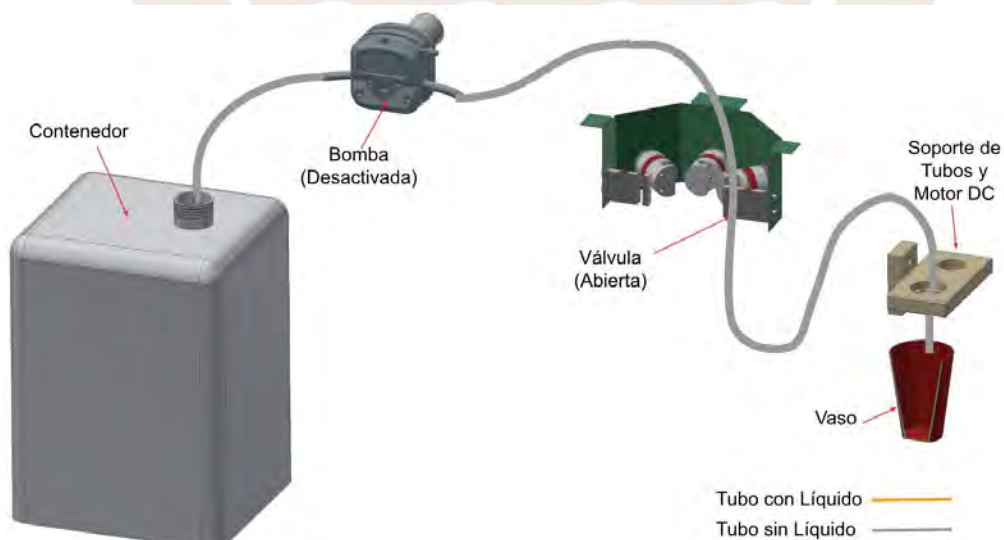


Figura 72: Primera etapa de llenado de vaso
Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, cuando se ordena el cóctel, el PLC abre las válvulas de los líquidos respectivos para el cóctel y activa las bombas respectivas por líquido por un tiempo definido (7.2 seg para dosis de 120 ml y 1.5 seg para dosis de 25ml) para que el líquido pase hacia el vaso del cóctel. A continuación, se muestra en la Figura 73 dicha etapa.

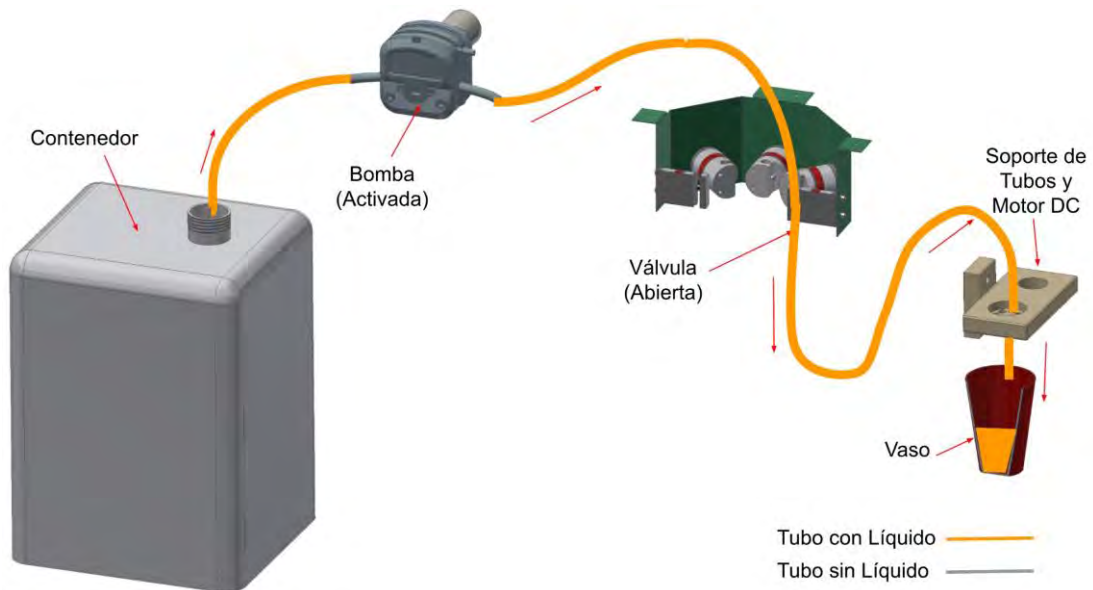


Figura 73: Segunda etapa de llenado de vaso
Fuente: Elaboración propia

En tercer lugar, después del tiempo definido (7.2 seg para dosis de 120 ml y 1.5 seg para dosis de 25ml), las válvulas se cierran y las bombas respectivas se desactivan. De esta forma no se permite que se derrame líquido mientras el sistema de mezclado está realizando la mezcla. A continuación, se muestra en la Figura 74 dicha etapa.

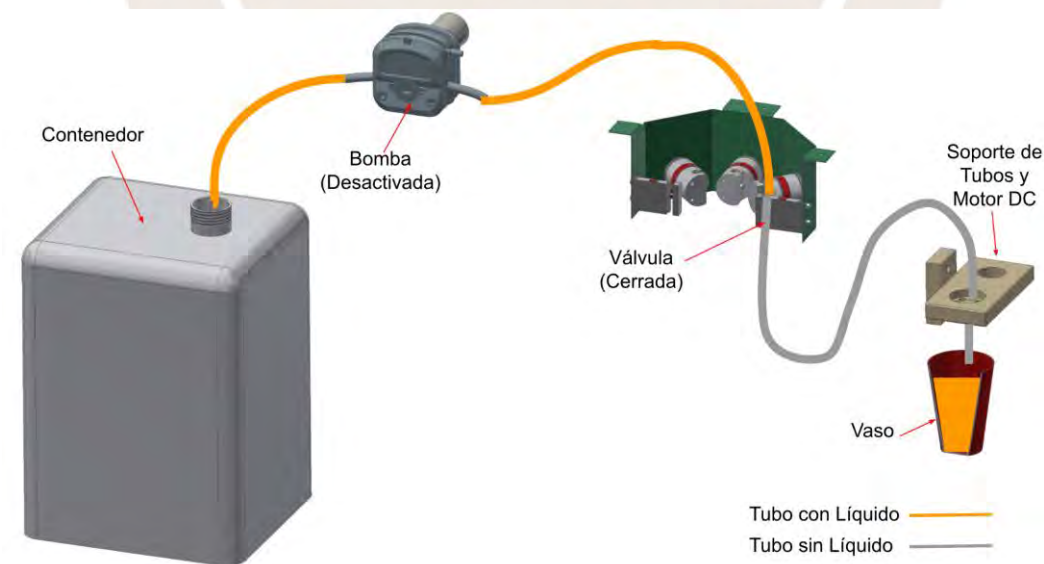


Figura 74: Tercera etapa de llenado de vaso
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, cuando se culmina con el proceso de mezclado en el vaso, el sistema va hacia la posición de reposo y las válvulas se abren, de esta manera todo líquido residual cae en el recipiente de limpieza de aspás. Dicho estado se muestra en la Figura 72.

3.6. Interfaz del sistema y Controlador

En esta sección se explica el diagrama de flujo del sistema, el diseño de la interfaz que se utiliza para interactuar con el usuario y la selección de los sistemas de la interfaz.

3.6.1. Diagramas de flujo del sistema

En el diagrama de flujo del sistema se muestra el funcionamiento de todos los procedimientos que el sistema realizará. A continuación, se muestra el diagrama de flujo principal en la Figura 75.

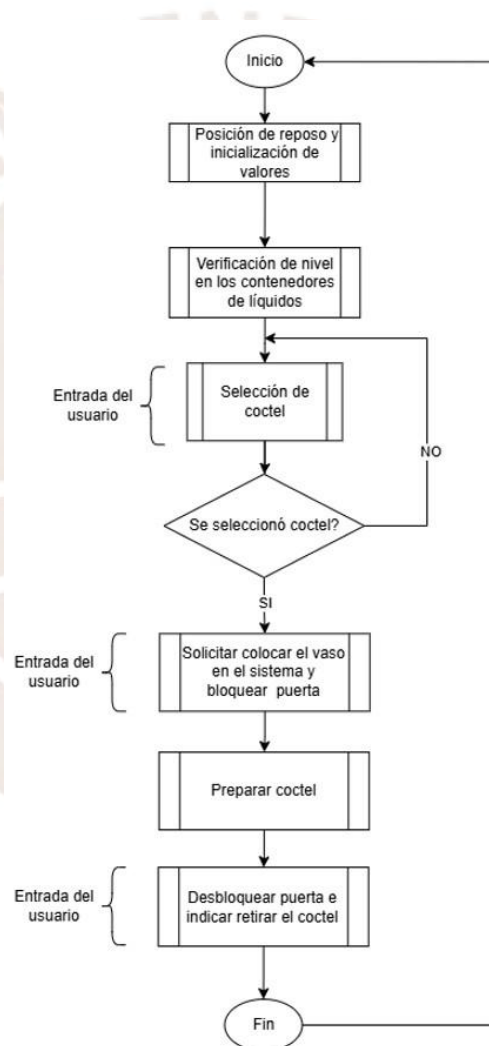


Figura 75: Diagrama de flujo principal

Fuente: Elaboración propia

En dicho diagrama principal se puede apreciar que, una vez encendido el equipo, el sistema moviliza el sistema de mezcla a la posición de reposo, desactiva las bombas, válvulas, motor y los bloqueadores de acceso electromagnéticos, e inicializa los valores

de control del sistema. Después, se verifican los niveles de líquidos en los contenedores. Posteriormente, el sistema espera la selección de un cóctel por parte del usuario. Una vez que se seleccione el cóctel, se inicia el proceso de preparación del cóctel con el mezclado, para ello se le pide al usuario que coloque el vaso, el cual es dispensado, cierre la puerta, espere a que el cóctel sea realizado y que retire el vaso. Finalmente, se regresa al inicio a verificar los niveles de los tanques de líquido.

En segundo lugar, se muestra en las siguientes figuras el flujo de las sub funciones del sistema: Figura 76, Figura 77, Figura 78 y Figura 80.

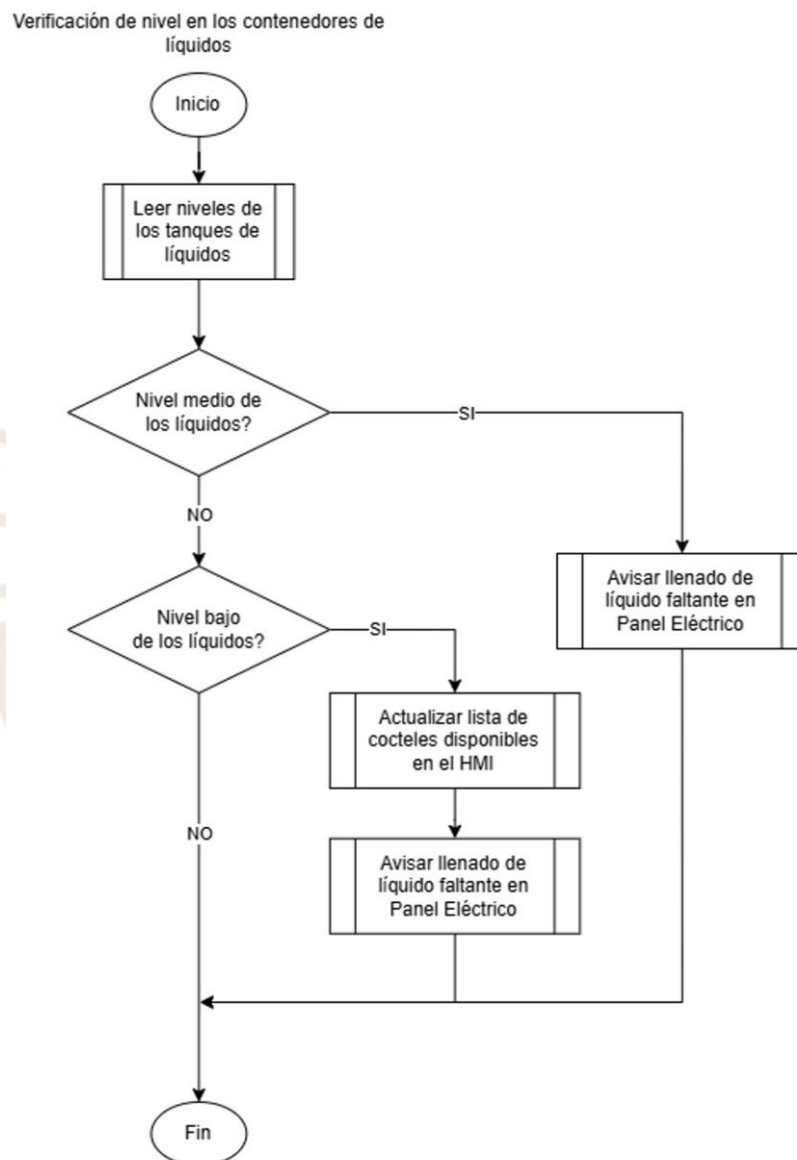


Figura 76: Diagrama de flujo de la función de “Verificación de nivel de los contenedores de líquidos”

Fuente: Elaboración propia

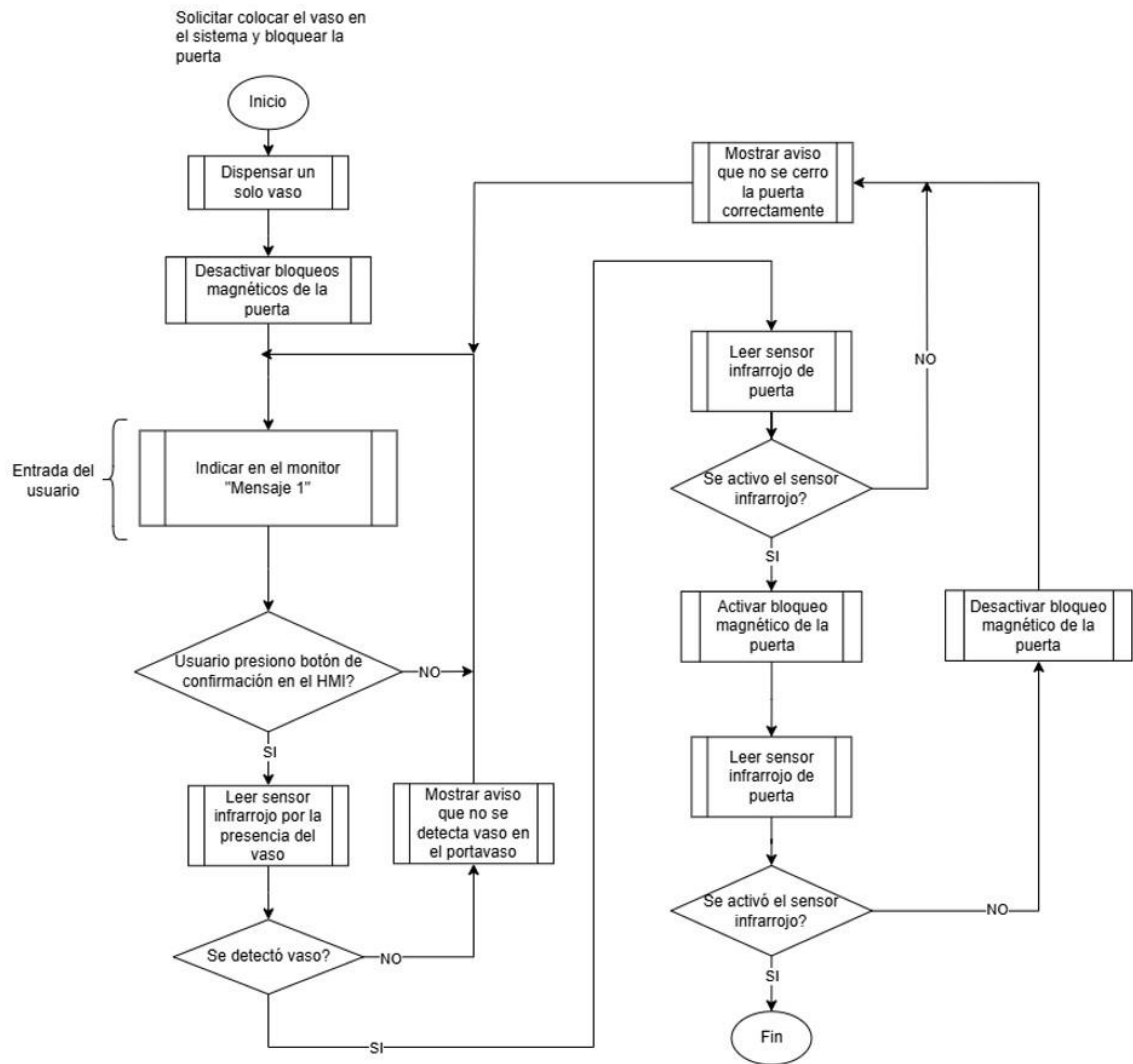


Figura 77: Diagrama de flujo de la función de “Colocar vaso en el sistema y bloquear puerta”

Fuente: Elaboración propia

En la función titulada “Indicar en el monitor Mensaje 1” se va mostrar en el monitor la siguiente serie de indicaciones en siguiente orden:

- Indicar al usuario que recoja el vaso
- Abrir la puerta
- Colocar el vaso en la zona de preparación
- Cerrar la puerta
- Presionar el botón de confirmación en el HMI

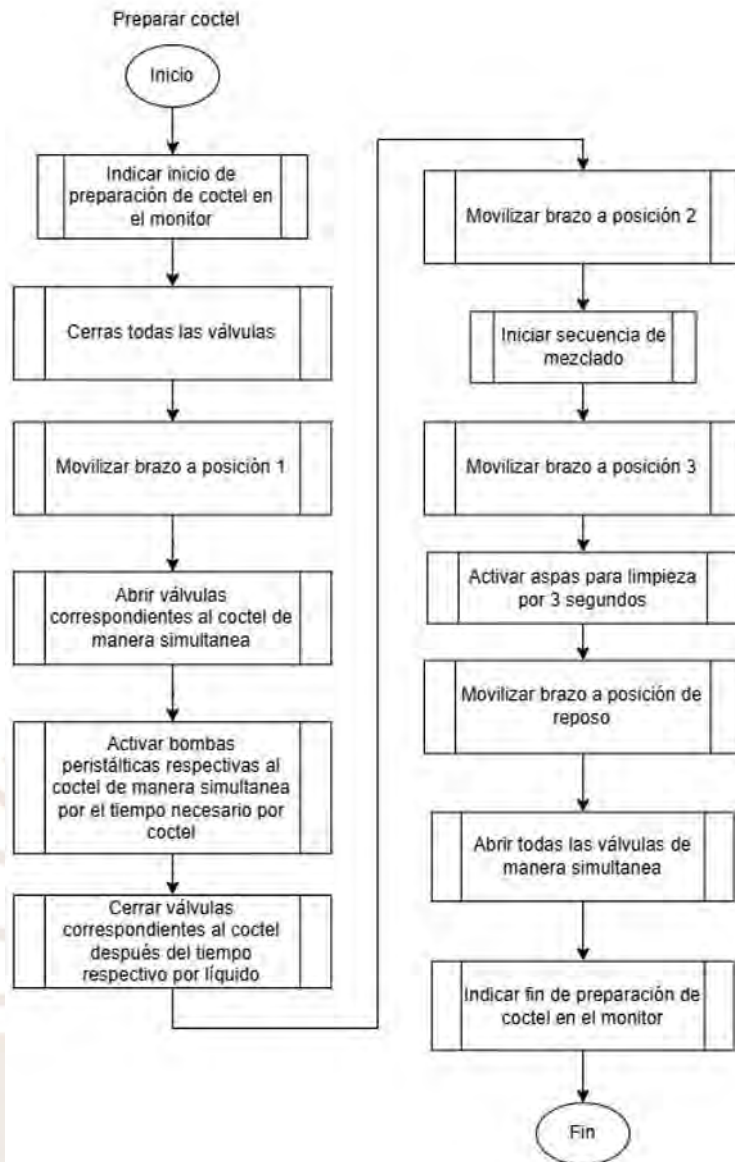


Figura 78: Diagrama de flujo de la función de “Preparar coctel”
Fuente: Elaboración propia

Como se describe en la Figura 78, el sistema tiene 4 posiciones:

- Posición 1: Posición de vertido de líquidos al vaso
- Posición 2: Posición para realizar mezclado de líquidos en el vaso
- Posición 3: Posición para limpiar las aspas en el recipiente de limpieza
- Posición de Reposo: Posición en el cual el brazo se encuentra fuera de alcance del usuario en una zona segura

A continuación se muestran a continuación en la Figura 79.

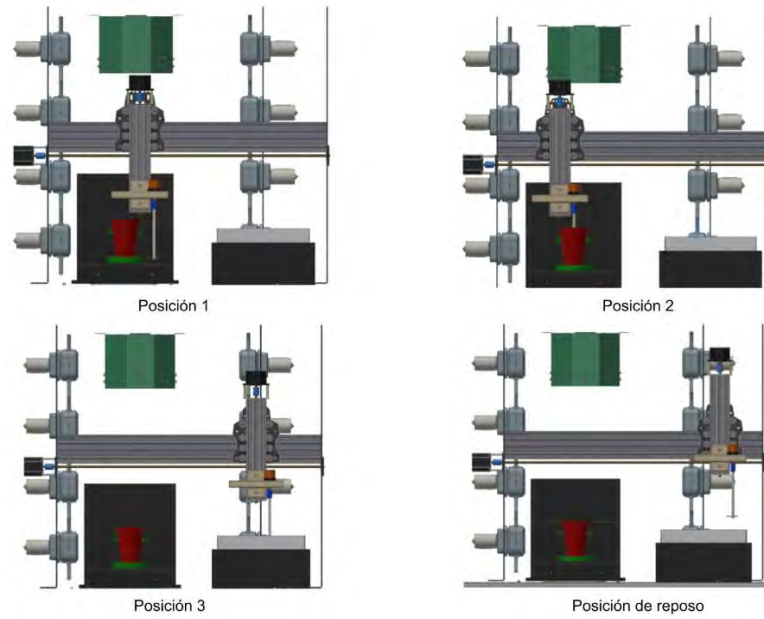


Figura 79: Posiciones de sistema de mezclado
Fuente: Elaboración propia

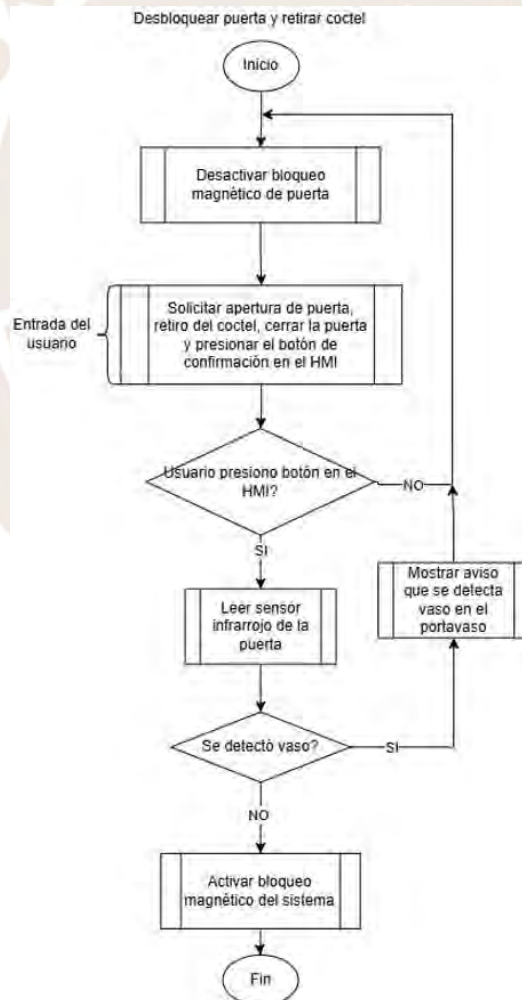


Figura 80: Diagrama de flujo de la función de “Desbloquear puerta y retirar cóctel”
Fuente: Elaboración propia

En tercer lugar, se muestra el diagrama de flujo de los procesos del sistema según la vista del usuario, el cual es un bartender, en la Figura 81.

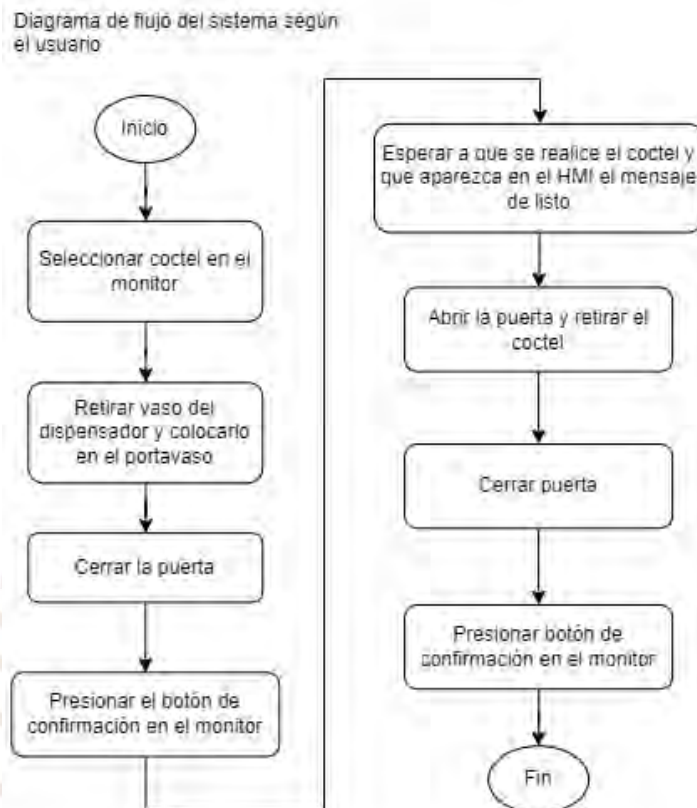


Figura 81: Diagrama de flujo del sistema según el usuario

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se muestra en la Figura 82 en el diagrama de flujo del proceso completo desde la orden de un cóctel por parte de un cliente de un establecimiento hasta la obtención de la misma.

Diagrama de flujo del proceso completo de servicio desde la vista del cliente del establecimiento

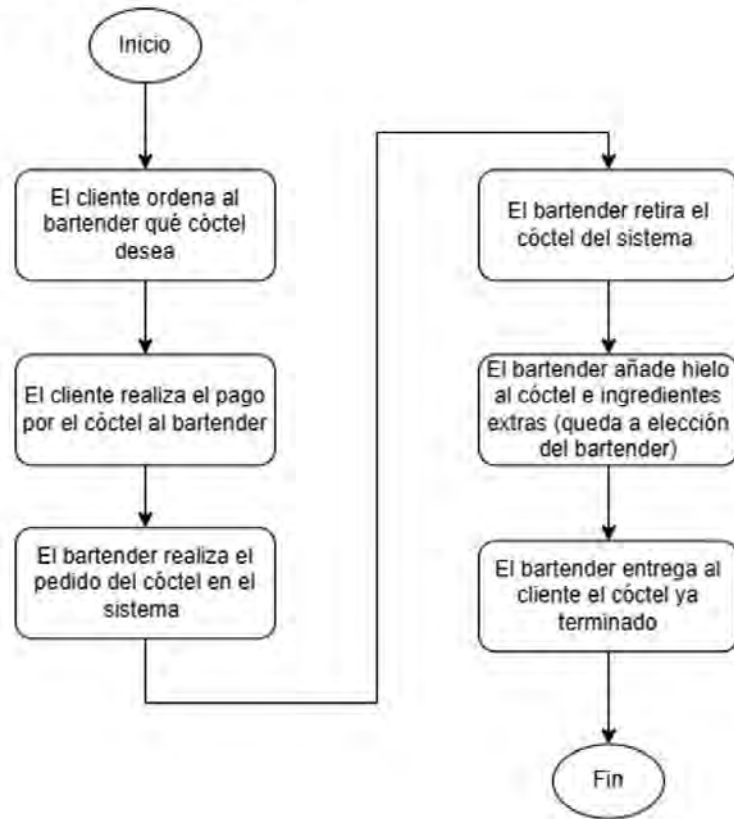


Figura 82: Diagrama de flujo del proceso completo de servicio desde la vista de un cliente
Fuente: Elaboración propia

3.6.2. Diseño de interfaz

Para el sistema de interfaz es mediante un panel HMI (Human Machine Interface), el cual solo cumple con la función de recepción de datos por la pantalla táctil y emisión de datos mediante la pantalla; además, la conexión es por ethernet al PLC. A continuación se muestra en la Figura 83 la conexión que tendrá el panel HMI con el PLC, el cual es mediante Ethernet.

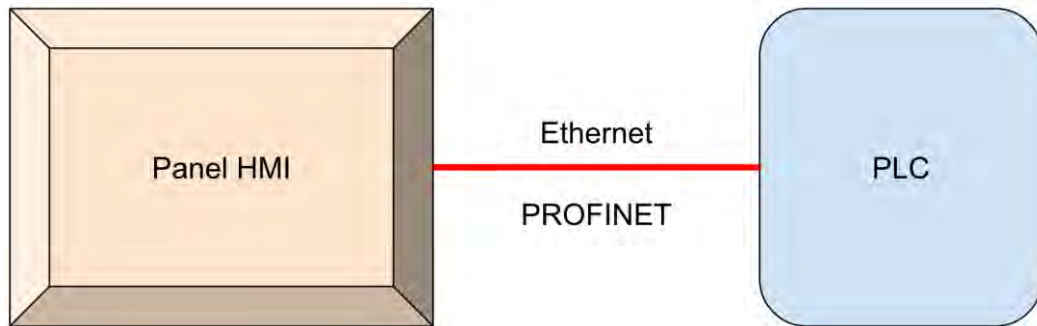


Figura 83: Conexión del sistema de interfaz
Fuente: Elaboración propia

- **Diseño de software de la interfaz:**

El sistema consta solamente de dos ventanas, las cuales son la ventana principal y la ventana de carga. Además, el programa está constantemente en un bucle al terminar un proceso de preparación de cóctel y regresa a la ventana principal para esperar al siguiente cliente. A continuación, se muestra en la Figura 84 una imagen de la venta principal.



Figura 84: Ventana principal
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 84, en el cabezal aparece un mensaje de bienvenida, la solicitud de seleccionar el cóctel que desea y de presionar el botón de continuar. Además, se observa que, cuando uno de los galones está en nivel rojo, la pantalla bloquea y desaparece los cócteles que tienen como ingrediente el líquido faltante.

Posteriormente a que el usuario selecciona el cóctel tiene que presionar el botón que se ubica en la parte inferior derecha del monitor para continuar el proceso de preparación del cóctel. Por otro lado, al terminar la preparación, el programa regresa a la venta principal y vuelve a enviar un comando de reset, el cual indica al PLC de actualizar el estado de nivel de los galones y actualizar la lista de cócteles disponibles.

En segundo lugar se muestra en la Figura 85 y 86 las ventanas de carga del programa.

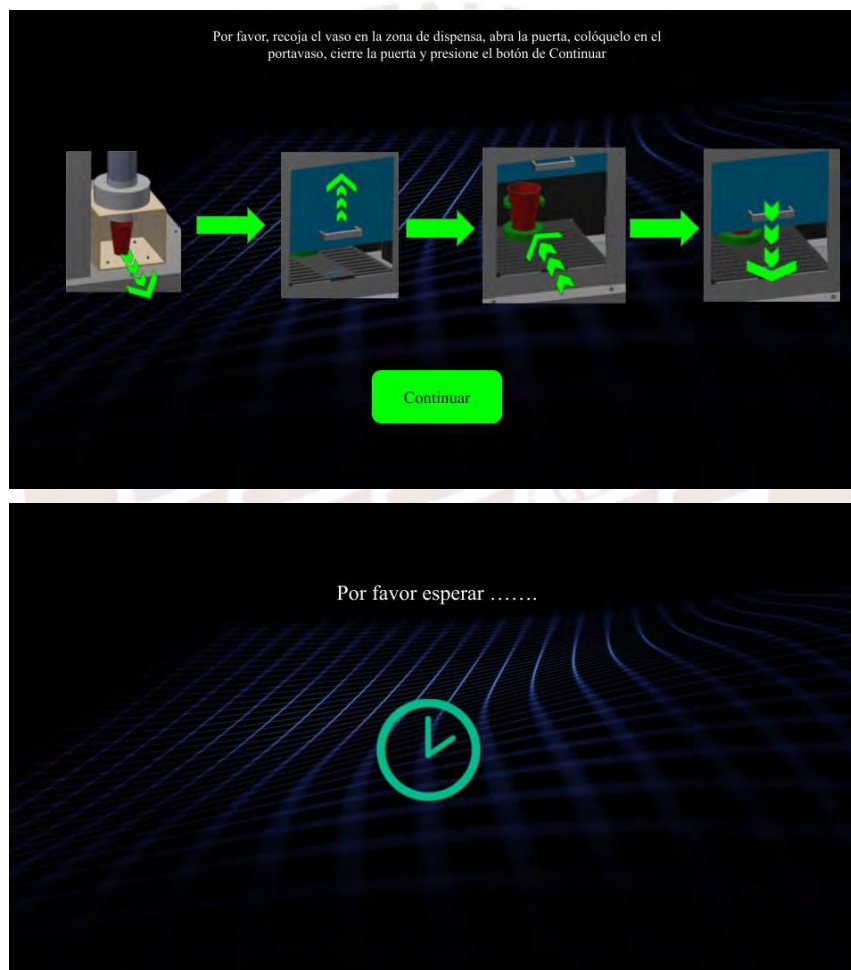




Figura 86: Ventanas de retiro de vaso del sistema
Fuente: Elaboración propia

En dicha ventana de carga, se muestra en primer lugar un mensaje que indique que recoja el vaso que se dispensa, abra la puerta, lo coloque en el portavasos, cierre la puerta de seguridad y presione el botón “Continuar”. Cuando el usuario cierre la puerta y coloca el vaso en el lugar correspondiente, el PLC revisa que la puerta y el vaso estén en el lugar correcto, bloquea la puerta, envía un comando de confirmación hacia el HMI y le permite al usuario que presione el botón de “Continuar”. Posterior a ello, el sistema inicia el proceso de preparación del cóctel y se indica en la interfaz que espere. Después, cuando el cóctel esté listo, se desbloquea la puerta y se emite un mensaje en el HMI indicando que se puede abrir la puerta, retirar el cóctel y presionar “Continuar”. Finalmente, cuando se presione el botón, el sistema vuelve a la pantalla de inicio.

- **Selección de componentes de la interfaz**

A continuación se selecciona una pantalla HMI en la cual el usuario podrá interactuar con el sistema. A continuación se muestra en la Figura 87.

SIMATIC HMI TP700 Basic Keyless Panel	
Interfaz PROFINET	
Pantalla de 7 in	
Resolución	800 x 480 pixels
Pantalla Táctil	
Tensión de Alimentación	24 VDC
Consumo	230 mA
Consumo de Potencia activa	5.5 W
Dimensiones	214 mm x 158 mm x 39 mm



Figura 87: Pantalla HMI SIMATIC TP700 Basic Keyless Panel
Fuente: [Siemens](https://www.siemens.com)

Dicho HMI está al frente de la cabina de servicio, al costado de la puerta de servicio y se está unida a la cabina mediante 7 puntos con tornillos tipo prisionero M2. Dichas características se pueden visualizar en la Figura 88.

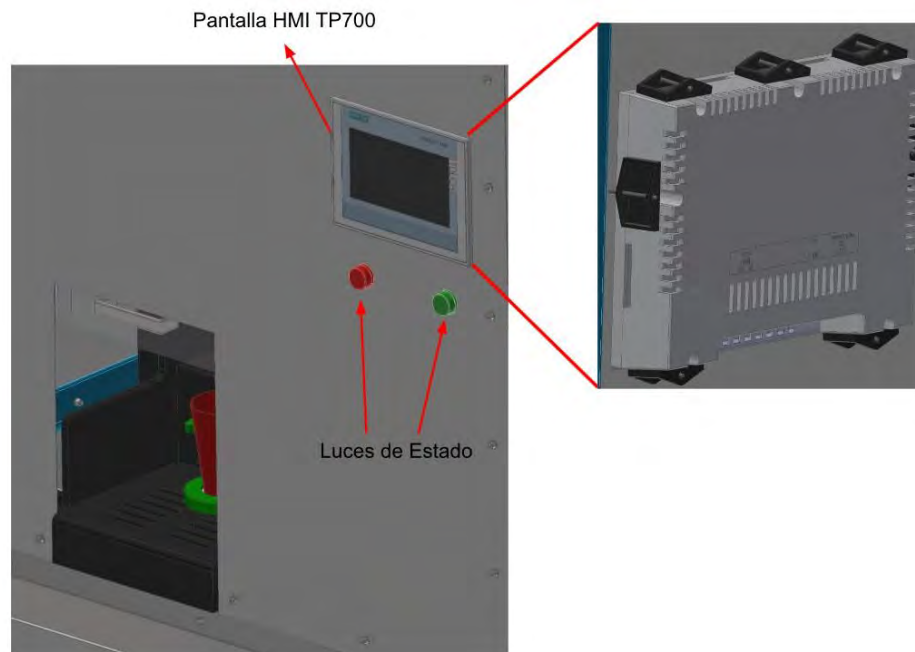


Figura 88: Ubicación de Pantalla HMI en la Cabina de Servicio
Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, se selecciona las luces que se encontrarán debajo de la pantalla HMI, las cuales tienen la función de comunicar el estado de cóctel en preparación con un LED verde, para la indicación de que el cóctel está listo para retirar, y con un LED rojo para indicar que el cóctel está en preparación. Por ello, se selecciona Indicadores LED *Light Electric*, el cual se muestra en la Figura 89 con sus principales características.



Voltaje de Funcionamiento	24 VDC
Corriente	$\leq 20\text{mA}$
Dimensiones	29mm de diámetro y 51 mm de altura

Figura 89: Luz LED Light Electric
Fuente: [Alibaba](#)

Como se puede apreciar en la Figura 89, el LED se activa con 24VDC, por lo que van conectados directamente al PLC.

3.6.3. Selección de microprocesador

En esta sección se realiza la selección del PLC, para ello se toma en consideración la cantidad de salidas y el tipo que se necesita para el control de los componentes. A continuación, en la Tabla 32 se muestra la lista de señales por componentes y el tipo.

Tabla 32: Tipos de señales de control de componentes

Componente	Tipo de salida	Cantidad
Driver de motor de paso	PWM	2
	Digital-O	2
Relé de Bomba Peristáltica	Digital-O	8
Relé de Valvula Solenoide	Digital-O	8
Relé de Motor DC	Digital-O	1
Magnetic Lock	Digital-O	2
Sensor capacitivo de nivel	Digital-I	16
Relé de dispensador de vaso	Digital-O	1
Sensor infrarrojo para la puerta	Digital-I	1
Sensor de fin de carrera	Digital-I	2
Sensor infrarrojo para el vaso	Digital-I	1
Serie de LED de estado de envases de Líquidos	Digital-O	16
Serie de LED de estado de cóctel	Digital-O	2
Total	Digital-Input	20
	Digital-Output	40
	PWM	2

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la Tabla 32, se necesita una cantidad mínima de 20 entradas digitales y 42 salidas digitales. Por ello, se selecciona el PLC Siemens S7-1200 en la siguiente configuración, el cual se muestra en la Figura 90.

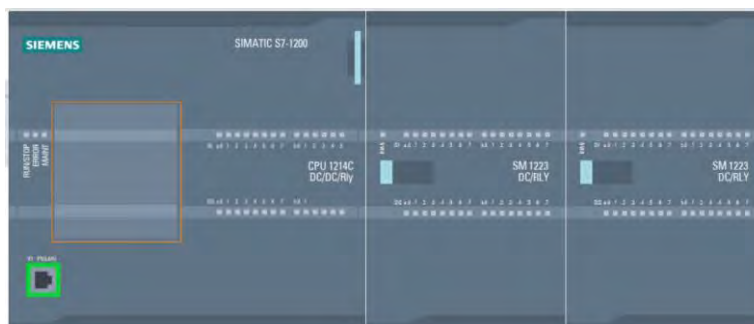


Figura 90: PLC Siemens y expansión
Fuente: Siemens

El PLC Siemens S7-1200 tiene la siguiente configuración:

- PLC Siemens S7-1200 CPU:
 - Modelo: CPU 1214C
 - Entradas: 14 DI 24 VDC
 - Salidas: 10 DO Relay - 2A / 2AI 0-10 VDC
 - Power Supply DC: 20.04 - 28.8 DC
- Digital I/O SM 1223:
 - Entradas: 16 DI 24 VDC
 - Salidas: 16 DO Relay 2A

Con ello, se tiene un total de 46 puertos de entrada y 42 puertos de salida, por lo cual se cubre la cantidad de señales IO que se requieren para la conexión de componentes. Al seleccionar un PLC y HMI marca Siemens, se selecciona el tipo de comunicación PROFINET entre ambos componentes.

Adicionalmente, para que el usuario pueda conectar al PLC y al HMI de manera simultánea, se selecciona un conmutador de red. A continuación, se muestra en la Figura 91 una imagen del componente con sus características.



Conmutador no Administrado KeeLink

Marca	KeeLink
Numero de Puertos	5
Protección IP	IP40
Carril DIN	
Puertos Rápidos	10/100 Mbps
Voltaje de entrada	12 VDC - 58 VDC
Dimensiones	3.74" largo x 3.58" ancho x 1.22" altura

Figura 91: Comutador no Administrado KeeLink

Fuente: [Amazon](#)

A continuación se muestra en la Figura 92, 93 y 94 la distribución de conexiones que tendrá el PLC hacia los demás componentes a partir del esquemático del panel de control, el cual se desarrollará en el punto 3.8.

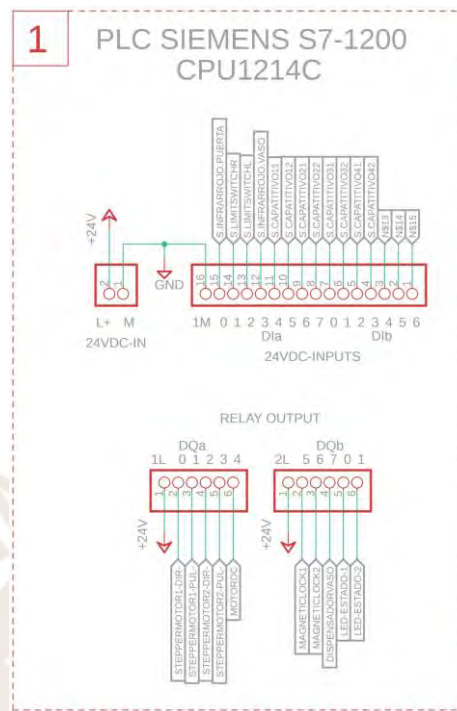


Figura 92: Conexiones del PLC S71200 a componentes
Fuente: Elaboración propia

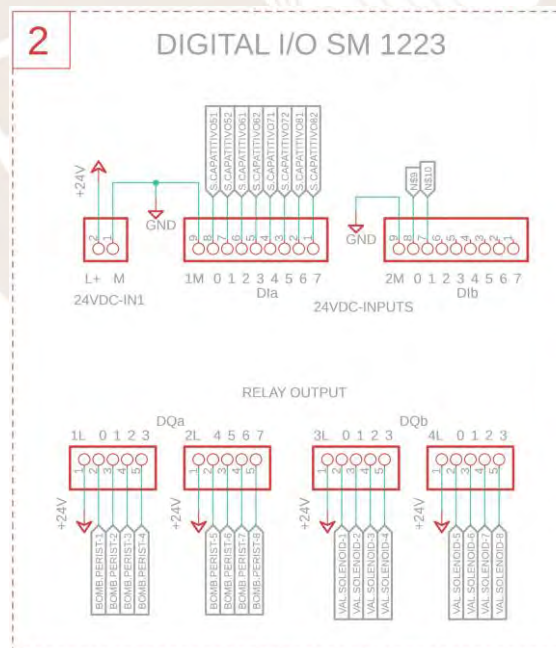


Figura 93: Conexiones de extensión IO 1 a componentes
Fuente: Elaboración propia

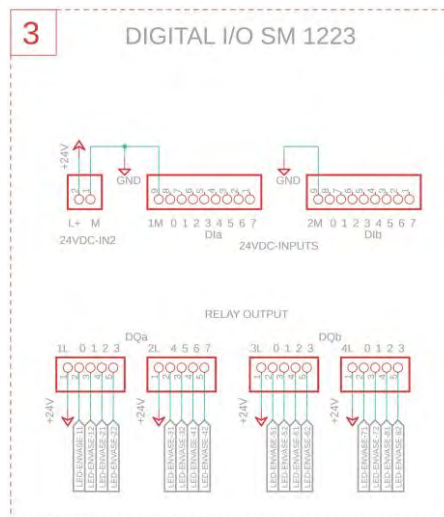


Figura 94: Conexiones de extensión IO 2 a componentes
Fuente: Elaboración propia

3.7. Algoritmo de control

3.7.1. Especificaciones de requerimientos de software

- **Descripción general del sistema:**

La función del software es recibir información por parte del usuario y realizar el cóctel que este elija mediante la activación de los diversos actuadores e informando al usuario en todo momento el estatus del sistema durante la preparación del cóctel.

- **Clases del sistema**

A continuación se muestran en la Figura 95 las diferentes variables en las 5 diferentes clases que intercambian información entre ellos durante el funcionamiento del software del sistema.

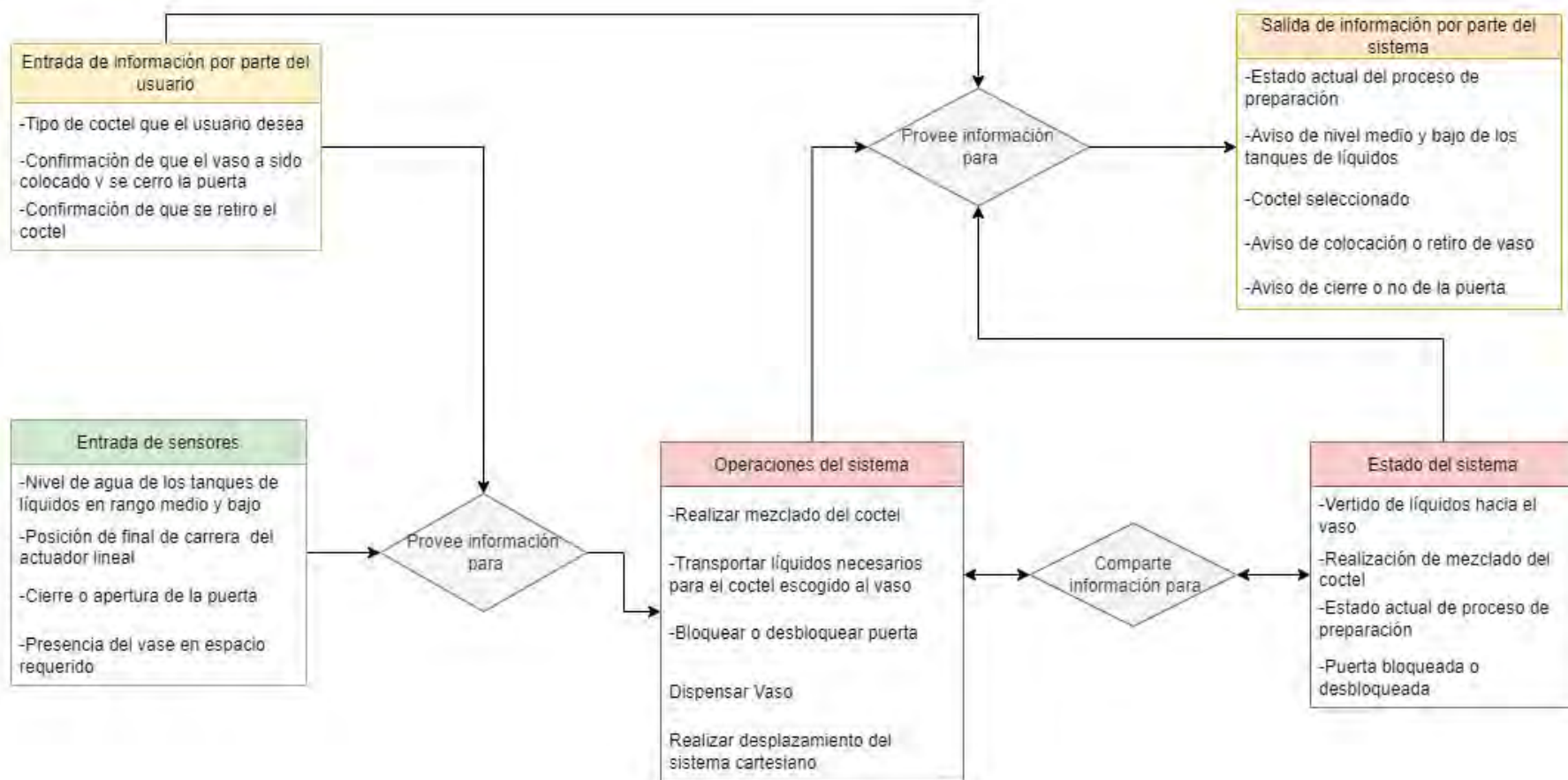


Figura 95: Clases del sistema
Fuente: Elaboración propia

- **Características del sistema**

En un inicio el sistema está en espera de que un usuario seleccione el cóctel que desea, una vez que el usuario selecciona un cóctel de la lista que se muestra en la Tabla 33, el sistema dispensa un vaso y pide que él mismo abra la puerta, coloque el vaso en el espacio indicado y confirme el inicio de la preparación. Una vez que el sistema confirme que el vaso está colocado correctamente en el espacio requerido y que la puerta está cerrada, el sistema bloquea la puerta, abre las válvulas correspondientes, inicia el bombeo de los líquidos requeridos como se muestra en la Tabla 34 hacia el vaso en las cantidades programadas que se muestra en la Tabla 35 e inicia el proceso de mezclado al colocar las aspas en el vaso. Finalmente, el sistema aleja las aspas de licuado hacia la posición de reposo, se desbloquea la puerta y le pide al usuario que retire el vaso del espacio. Una vez que se confirme que el vaso fue retirado, el sistema vuelve a estar en modo de espera a una nueva selección de cóctel. Cabe mencionar que una vez retirado el coctel de la máquina, el usuario puede añadir diferentes tipos de ingredientes extras de forma manual como hielo, rodajas enteras de limón, jarabe de goma, etc. El objetivo del sistema es activar o desactivar los actuadores dependiendo de la información que proporcionan los sensores, de la programación del sistema y del tipo de cóctel que seleccionó el usuario.

Tabla 33: Tipos de cócteles disponibles en el sistema

Coctel	Tiempo de preparación (MM:SS)	Tiempo de Servicio (MM:SS)	Insumos	Tipo de Preparación	Familia de Cóctel
Mojito	1:10 - 1:30	1:50 - 2:10	Jugo de limón, Ron, Ginger Ale y Hielo	Directo	Buck
Chilcano	1:00 - 1:30	1:40 - 2:10	Jugo de limón, Pisco, Ginger Ale y Hielo	Directo	Buck
Cuba Libre	1:00 - 1:20	1:40 - 2:00	Ron, hielo, Jugo de limón y coca-cola	Directo	Collins
Gin Buck	1:10 - 1:30	1:50 - 2:20	Gin, jugo de limón, Ginger Ale y hielo	Directo	Buck
Whiskey & Coca-Cola	1:00 - 1:20	1:50 - 2:00	Whiskey, Coca-Cola y jugo de limón	Directo	Coller
Whiskey Fix	0:40 - 0:50	1:10 - 1:30	Whiskey, jugo de limón y hielo	Directo	Cobbler
Moscow Mule	1:10 - 1:30	1:50 - 2:20	Vodka, jugo de limón, Ginger Ale y hielo	Directo	Buck
Presbyterian	1:10 - 1:30	1:50 - 2:10	Jugo de limón, Whiskey, Ginger Ale y Hielo	Directo	Buck

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Ingredientes que se requiere para el sistema

Ingredientes	
Zumo de limon	Ron
Pisco	Ginger Ale
Whiskey	Coca-Cola
Vodka	Gin

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: Cantidad de cada ingrediente por cóctel

Ingredientes	Cóctel							
	Mojito	Chilcano	Presbyterian	Cuba Libre	Gin Buck	Whiskey Fix	Moscow Mule	Whiskey & Coca-Cola
Ron	50 ml	-	-	50 ml	-	-	-	-
Vodka	-	-	-	-	-	-	50 ml	-
Jugo de limón	25 ml	25 ml	25 ml	25 ml	25 ml	50 ml	25 ml	25 ml
Ginger Ale	120 ml	120 ml	120 ml	-	120 ml	-	120 ml	-
Gin	-	-	-	-	50 ml	-	-	-
Whiskey	-	-	50 ml	-	-	50 ml	-	50 ml
Coca-Cola	-	-	-	120 ml	-	-	-	120 ml
Pisco	-	50 ml	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

- **Funcionalidades del software**

- **Bloquear/desbloquear puerta:**

Activa los *magnetic locks* para el bloqueo o desbloqueo de la puerta de servicio. Su activación depende del sensor que se encargue de presenciar el envase en la zona de servido.

- **Realizar mezclado de ingrediente del cóctel:**

Activa el motor DC con las aspas de mezclado conectadas al mismo para realizar el mezclado en el envase por cierto tiempo.

- **Servir líquidos en el envase:**

Activa las bombas solenoides de cada contenedor de líquidos por un tiempo estimado para transportar los líquidos hacia el envase final.

- **Dispensar vaso:**

Activar el dispensador de vaso

- **Realizar desplazamiento del sistema cartesiano:**

Activar los motores de paso para que el sistema de movilice a ciertas posiciones establecidas

- **Interfaces externas**

La interfaz externa está compuesta por comandos de entrada y señales de salida. En primer lugar, los comandos de entrada mediante un switch de encendido y apagado; y una pantalla táctil en el cual se puede escoger el cóctel a preparar y confirmar la colocación de envase en la zona de preparación. En segundo lugar, las señales de salida son dos led que indicarán si el cóctel está listo o se está preparando, una pantalla en el que se da mensajes de espera, tipos de error como falta de un líquido, comandos de abrir o cerrar puerta, comandos de confirmación y los led de indicación de nivel de contenedores de líquidos ubicados en el panel de control.

- **Interfaces de hardware**

Respecto a la interfaz de hardware, este está compuesto por los interfaces físicos de salida y entrada, los actuadores y sensores.

3.8. Sistema de suministro de energía eléctrica y conexión eléctrica

3.8.1. Arquitectura del diseño mecatrónico

En la Figura 96 se muestra la arquitectura del diseño mecatrónico del diseño conceptual sobre la preparación de cóctel. En ella se puede observar que como entrada se tiene la energía eléctrica local (220 VAC a 60 Hz), los líquidos que son ingredientes del cóctel, los vasos en el cual se preparan los cócteles y los comandos del usuario. Por otro lado, en la salida del sistema se tiene el cóctel preparado en el vaso e información de salida. Además se logra contemplar la clasificación de los componentes por el tipo de función que desarrolla y cómo están relacionadas uno al otro. Finalmente, por tema de espacio, se enumeraron algunas conexiones y se coloca el significado en una leyenda posterior a la figura.

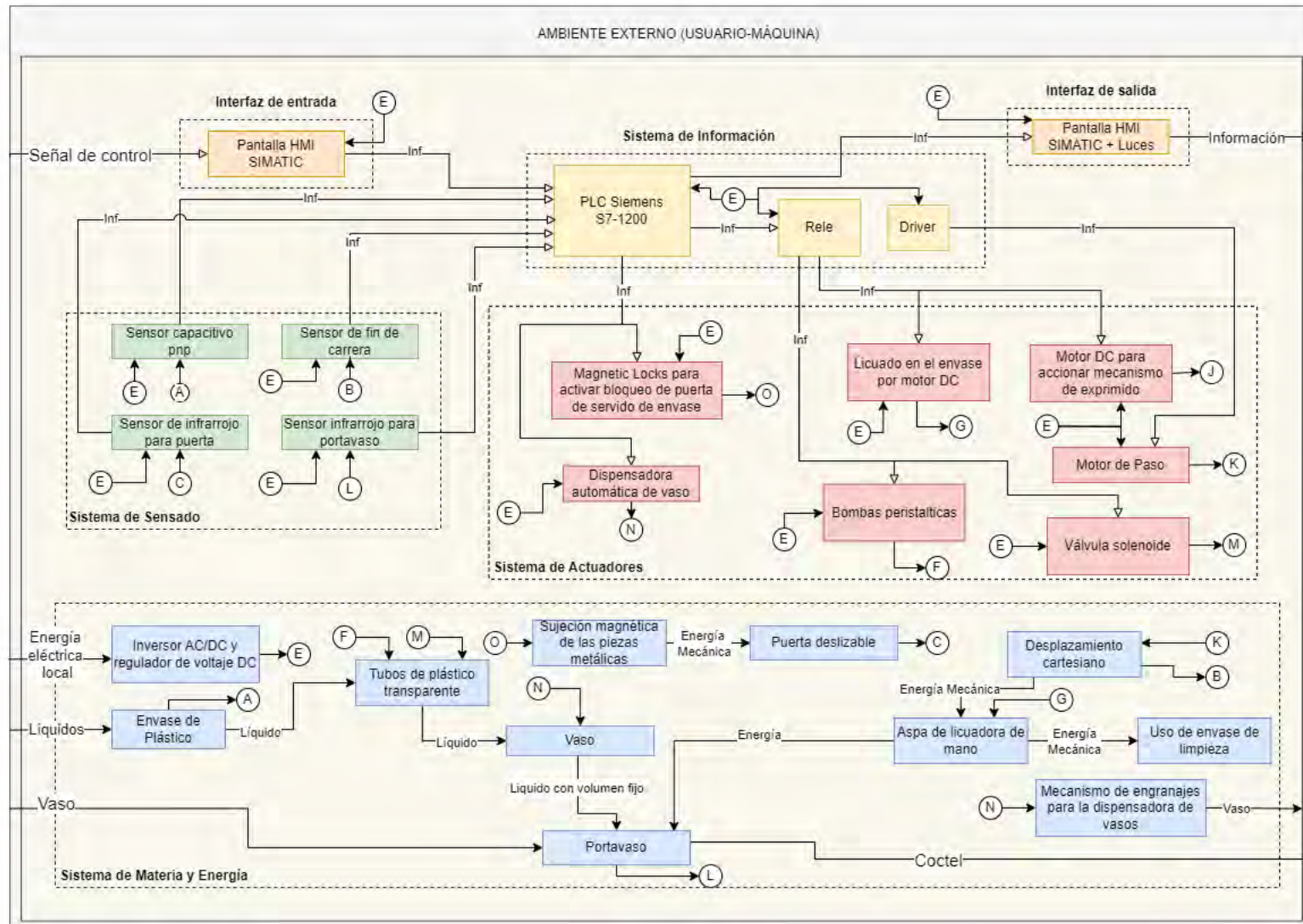


Figura 96: Arquitectura de diseño mecatrónico
Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra la leyenda de los canales que se encuentran en la arquitectura del diseño mecatrónico.

- A: Nivel de agua en ciertos rangos
- B: Posición de final de carrera del actuador lineal
- C: Posición de cierre de la puerta deslizante
- D, G, H, I, J, K, M, N: Energía mecánica
- E: Energía eléctrica
- F: Energía cinética
- L: Presencia del vaso
- O: Energía magnética

3.8.2. Arquitectura del sistema eléctrico - electrónico

En la Figura 97 se muestra la arquitectura del sistema eléctrico-electrónico. Dicha arquitectura está compuesta sólo de las conexiones eléctricas que tiene el sistema; además, se especifica el tipo de energía que se transmite entre los módulos de información, actuadores, sensores, interferencia de salida, interferencia de entrada y de poder. También, se logra apreciar el uso del PLC para monitorear todas las funciones de información del sistema, el cual son los sensores, drivers de los actuadores, interpretador de la pantalla táctil, sistemas de entrada y salida. Finalmente, indicar que la conexión y selección de los componentes del módulo de poder se realiza en la sección 3.8.3



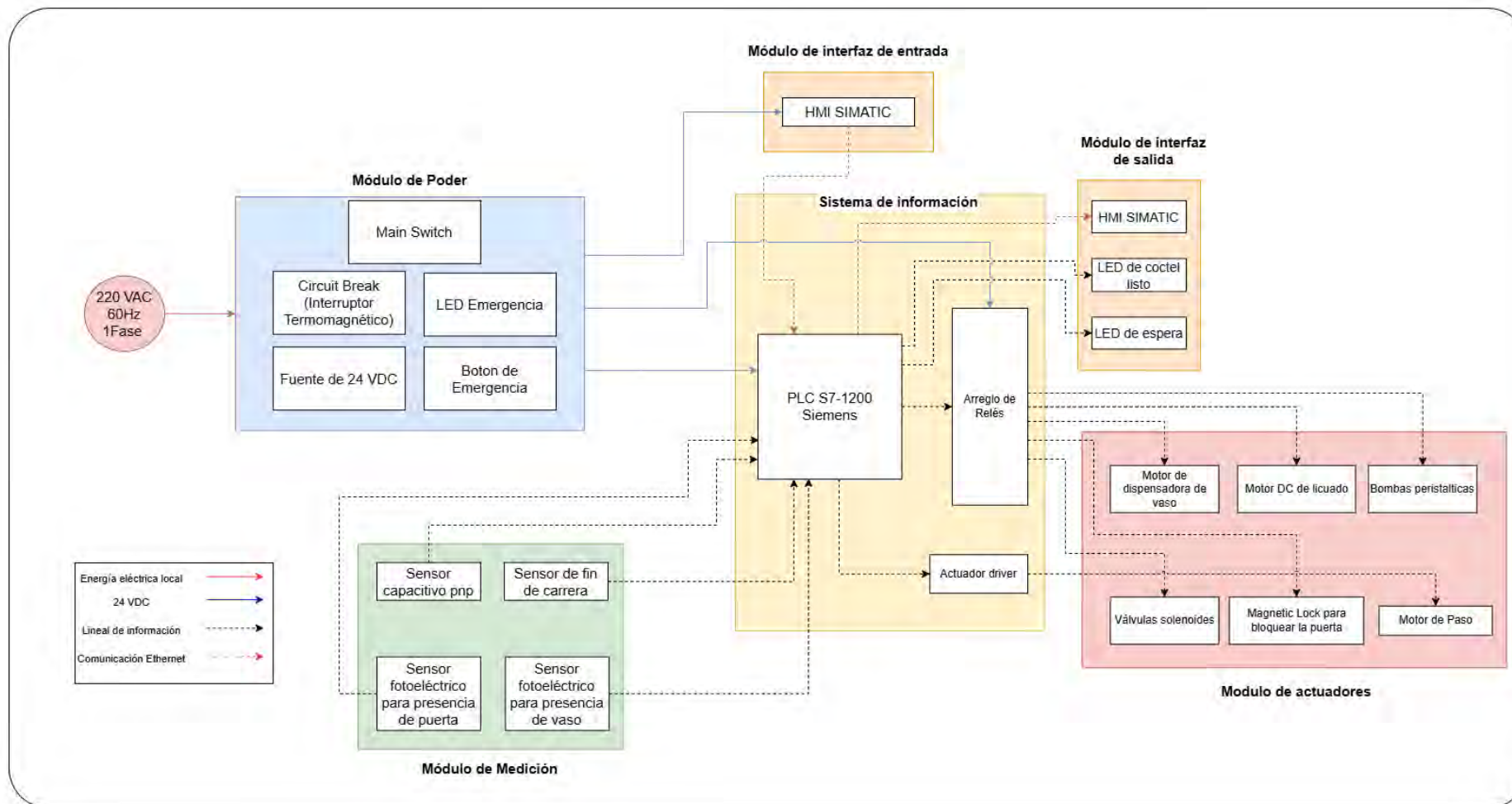


Figura 97: Arquitectura del sistema eléctrico-electrónico
Fuente: Elaboración propia

3.8.3. Selección de fuente de poder

En esta sección se selecciona la fuente de poder que alimenta todos los componentes del sistema, dicha fuente de alimentación principal será de 220 VAC a 24 VDC. A continuación, se muestra en la Tabla 36 el consumo de corriente de cada componente para la selección de la fuente de alimentación:

Tabla 36: Consumo de corriente de componentes

Actuadores	Cantidad	Corriente nominal(mA)
Dispensador de vaso	1	120
Motor DC de mezcla	1	600
Motor de Paso de eje Vertical	1	880
Motor de Paso de eje Horizontal	1	2800
Magnetic Locks	1	150
Indicador LED de estado de tanque	16	20
Bomba Peristáltica	8	600
Válvula Solenoide	8	300
HMI SIMATIC TP700	1	230
Indicador LED de estado de sistema	2	20
PLC S7-1200	1	1500
Total de Consumo de Corriente		13840

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 36, los actuadores, componentes de salida, HMI y PLC consumen un total de 13.8 A en promedio. Además, se considera que dentro del 1.5 A de consumo del PLC se consideran todos los módulos de extensión, los sensores y las señales de control de salida de los actuadores. A partir de ello, se selecciona la fuente de alimentación NAOEDEAH 24V 600W DC Power Supply, el cual cumple con los requerimientos con un factor de seguridad de 1.6. A continuación, se muestra en la Figura 98 una imagen del producto con sus características.



Entrada	110-220 VAC a 60 Hz
Salida	24 VDC a 25 A
Potencia	600 W
Eficiencia	>80%
Dimensiones	4.9 cm x 21.5 cm x 11.5 cm
Peso	900 g
Sistema de ventilación incluida	

Figura 98: NAOEDEAH 24V 600W DC Power Supply

Fuente: [Amazon](#)

3.8.4. Diseño de Módulo de poder

En esta sección se procede a diseñar la conexión eléctrica y selección de componentes del módulo de poder, el cual se muestra en la sección 3.9.2

- **Selección de componentes del módulo de poder**

En primer lugar se selecciona el interruptor termomagnético que va conectado entre la señal AC de 220 VAC - 60 Hz - Monofásica y la fuente de Alimentación. Como la fuente de alimentación es solamente de 600W, la corriente que se consume desde la línea de 220 VAC es menor de 3A, por lo que se selecciona un interruptor de 3A. A continuación, se muestra en la Figura 99 una imagen del componente con sus características.



Marca	Phoenix Contact
Corriente Máxima	3A
Voltaje de Operación AC Max	277 VAC
Protección	IP20
Montaje	DIN de 35 mm de Carril

Figura 99: Interruptor Termomagnético Phoenix Contact - 3A

Fuente: [Mouser-Electronics](#)

En segundo lugar, se selecciona el Switch principal, el cual está conectado entre la fuente de poder y el resto del sistema, cuya función principal es activar todos los componentes del sistema y estar al frente del panel de control. A continuación, se muestra en la Figura 100 una imagen del componente con sus características.



Marca	Littlefuse
Modelo	BD1-1A2
Número de Polos	1
Voltaje	12-24 VDC
Corriente max	250 A
Protección IP	IP67

Figura 100: Power Switch BD1-Series

Fuente: [Mouser-Electronics](#)

En tercer lugar, se selecciona el Botón de Emergencia, el cual desactiva todas los actuadores conectados a las salidas del PLC en el momento que el botón es activado. A continuación, se muestra en la Figura 101 una imagen del componente con sus características.



Marca: CDOE
 Corriente Max: 10 A
 Voltaje Max: 660V
 LED: NO
 Nivel de IP: IP65
 Combinación de interruptores: 1NO y 1NO
 Dimensiones: 21x13x16 cm

Figura 101: Botón de Emergencia CDOE

Fuente: [Alibaba](#)

Cabe mencionar que dicho botón tiene la protección IP65, el cual protege su funcionamiento ante caída de agua. Además, dicho componente va junto con un LED Rojo conectado a la salida NC del botón para que, en el caso que se presione por una emergencia, se active. La luz LED seleccionada es la presente en la Figura 89.

3.8.5. Diseño de placa de conexiones

En esta sección se diseña la placa electrónica en el cual están los componentes como los diodos *flyback* para las bombas y motores, las resistencias para los sensores de fin de carrera y las resistencias para los motores de paso. Para ello, se calcula en primer lugar el ancho mínimo que se necesita en las pistas en el PCB, por lo que se parte de las ecuaciones 11 y 12.

$$A_{1*} = \frac{I}{k_1} \dots (11)$$

$$A_{th} = \frac{A}{k_1} \dots (12)$$

Donde los valores de las constantes de k1, k2 y k3 son los siguientes para pistas en una capa superior a la placa.

$$k_1 = 0. \quad k_2 = 0. \quad k_3 = 0.$$

También se identifica el rango de temperatura en el cual trabaja la placa.

$$\Delta = \Delta_{\text{max}} - \Delta_{\text{min}}$$

Asimismo, se determina el valor del grosor que tendrá cada pista en la ecuación 13:

$$t = 1.2 \dots (13)$$

Posteriormente, se identifican las corrientes máximas que requieren los tipos de señales que hay en la placa; a continuación, se muestra en la Tabla 37 las diferentes corrientes que están en la placa por señal con el cálculo del área y ancho de pista correspondiente.

Tabla 37: Cálculo de ancho de pista de PCB de control

Señales	Corriente (A)	Área	Ancho th	Ancho mm
Señal de alimentación 24V inicial	6.032	194.8705	141.4154	3.5920
Señal de alimentación 24V para sensores de fin de carrera	0.01	0.0144	0.0105	0.0003
Señal de alimentación 24V para motores de paso	0.015	0.0264	0.0191	0.0005
Señal de alimentación 24V para relés	0.007	0.0085	0.0062	0.0002
Señal de alimentación 24V para bombas	6	193.3368	140.3025	3.5637

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la Tabla 37, el valor más alto para el ancho de pista es de 3.5637 para el control de las bombas, ya que cada bomba consume 0.6A

aproximadamente. A partir de ello, se escoge para el canal principal que alimenta a los relés un valor de 160 mil de ancho de pista y por cada señal de alimentación de la bomba será de 16 mil. De la misma manera, para el resto de señales, también se escoge el ancho de pista de 16 mil.

Finalmente, con dicho dato se procede a diseñar el esquemático (mayor detalle en el Anexo) y la placa PCB, el cual se muestra en la Figura 102 y Figura 103.

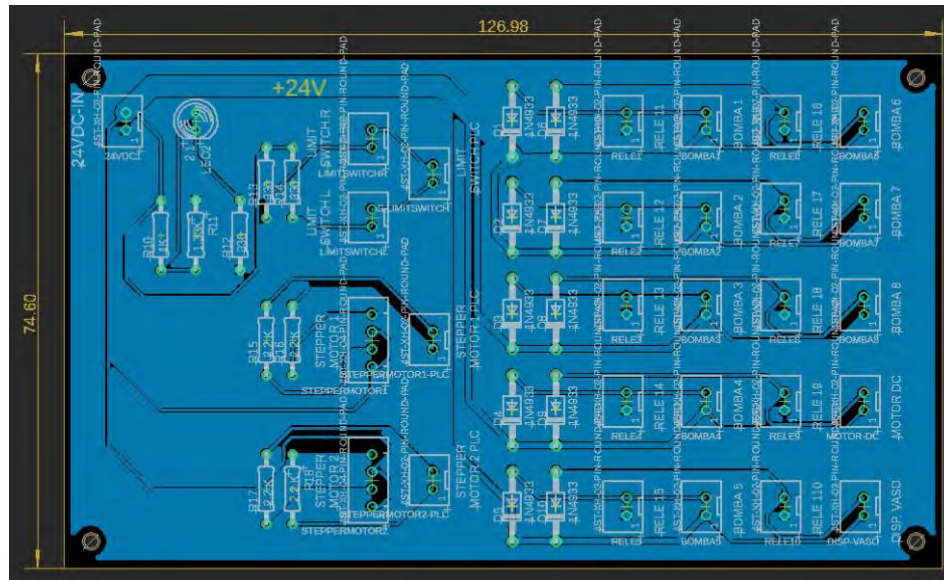


Figura 102: Tarjeta PCB de conexión
Fuente: Elaboración Propia

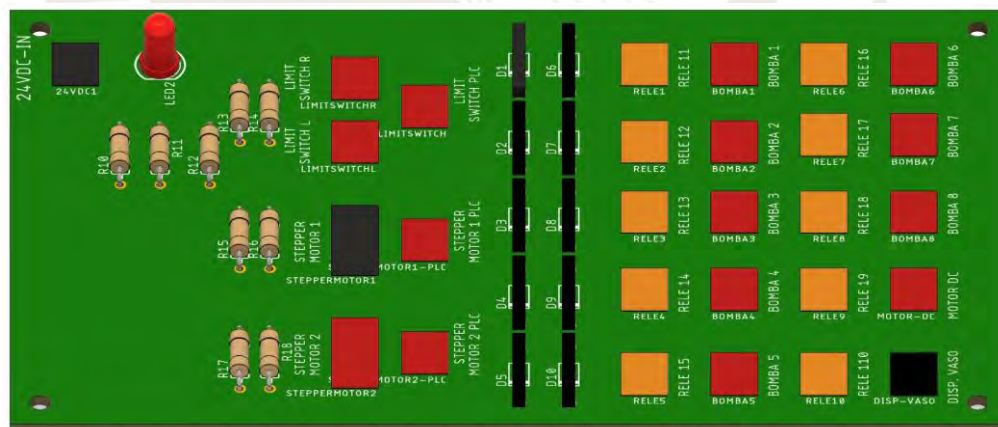


Figura 103: Tarjeta PCB de conexión en 3D
Fuente: Elaboración Propia

3.8.6. Diseño contenedor de Panel eléctrico

En esta sección se procede a diseñar el contenedor en el que están todos los componentes eléctricos y de control. Para ello, se selecciona una cabina que sea ligera, ya que está colocada en la cara lateral del sistema; que sea resistente a derrames de agua y chorros de agua; que sea capaz de usarse en ambientes internos o externos; y que sea

hermético ante polvo y objetos sólidos. A partir de ello, se muestra a continuación, se muestra en la Figura 104 la cabina seleccionada.


	Marca	Schneider Electric
	Código	Arm Pol Plm 530x430x200 Ip66 7035 - NSYPLM54G
	Nombre	Thalassa PLM
	Dimensiones	530 mm de altura x 430 mm de anchura x 200 mm de profundidad
	Material	Poliéster reforzado con fibra de vidrio
	Normas	IEC 62208 - Clasificación NEMA 13 - NEMA 4X
	Grado de Protección IP	IP66 acorde a IEC 60529
	Grado de Protección IK	IK10 acorde a IEC 62262
	Temperatura Ambiente de Funcionamiento	-40 - 80°C

Figura 104: Panel Eléctrico Schneider Electric

Fuente: [Schneider Electric](https://www.schneider-electric.com)

Como se puede apreciar en la Figura 96, el panel eléctrico seleccionado es ligero, resistente ante golpes con grado de protección IK10, laptop para condiciones de ambientes en interiores o exteriores, y resistente ante chorros de agua con grado de protección IP66. En dicho panel se colocan los componentes de control y los componentes de potencia del sistema. A continuación, se muestra en la Figura 105 y 106 el Panel Eléctrico con los componentes requeridos.

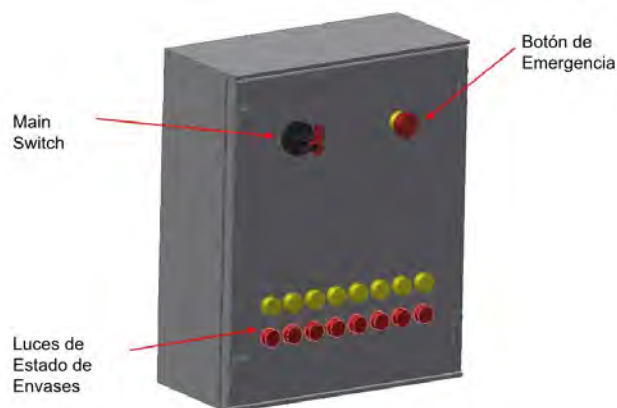


Figura 105: Vista externa de Panel de Control

Fuente: Elaboración Propia

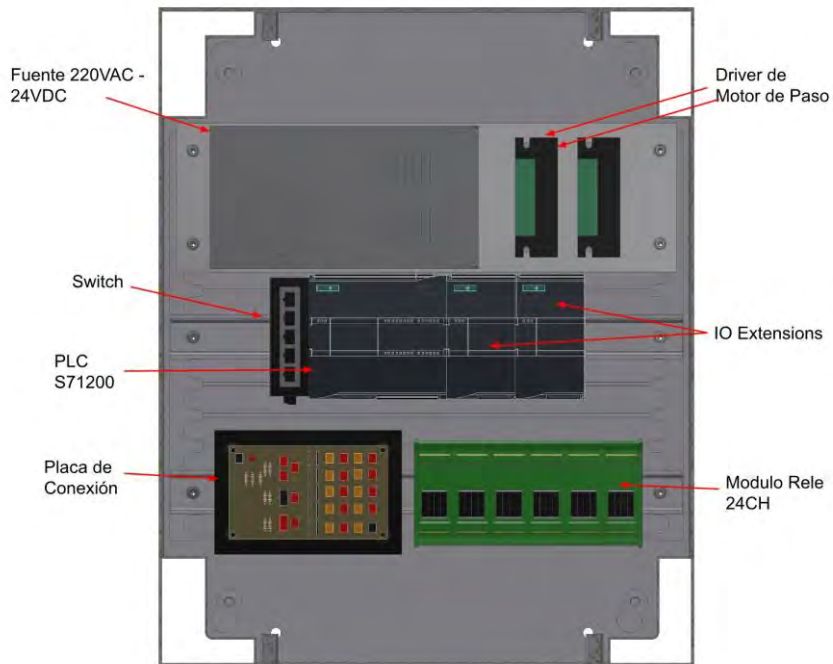


Figura 106: Vista interna de Panel de Control
Fuente: Elaboración Propia

Dicho panel eléctrico está en el lateral de la cabina lateral atornillada a dos vigas. A continuación, se muestra en la Figura 107 la unión del Panel de Control a la Cabina, el cual es una unión mediante uniones atornilladas con tornillo tipo socket pasante con arandela y tuerca.

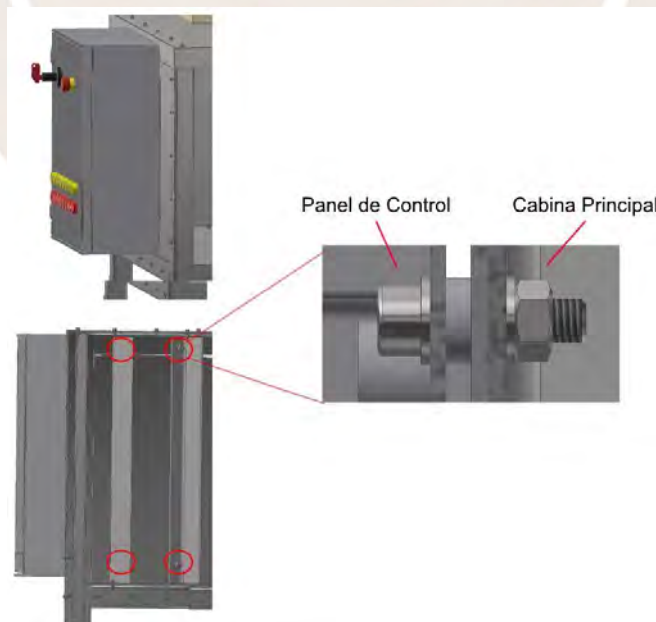


Figura 107: Unión del Panel de Control hacia la Cabina Principal
Fuente: Elaboración Propia

3.9. Cabinas del sistema

- **Cabina principal**

Para el diseño de la cabina principal se toma en consideración que en ese lugar se encuentran los tanques de líquidos con sus sensores, y el Panel de Control en un mismo nivel de la cabina. Por lo que se decide realizar su diseño con una estructura de vigas en perfil cuadrado, ángulo y planchas de acero inoxidable, los cuales son de tipo L2x2x1.8 según ASTM A-276, tubo cuadrado de 2" de 1/8 in de espesor según ANSI y ASTM 2B 304 de 0.6 y 2 mm de espesor (como se calculó en el punto 3.4) respectivamente. Además, las uniones entre las vigas son mediante cordones de soldadura, mientras que las planchas están unidas a las vigas mediante uniones atornilladas. A continuación, se muestran en la Figura 108 y Figura 109 imágenes de la cabina principal, el cual está con una coloración de azul a la estructura de la cabina para mejor visualización, y de las uniones de las planchas y ruedas a la misma respectivamente.

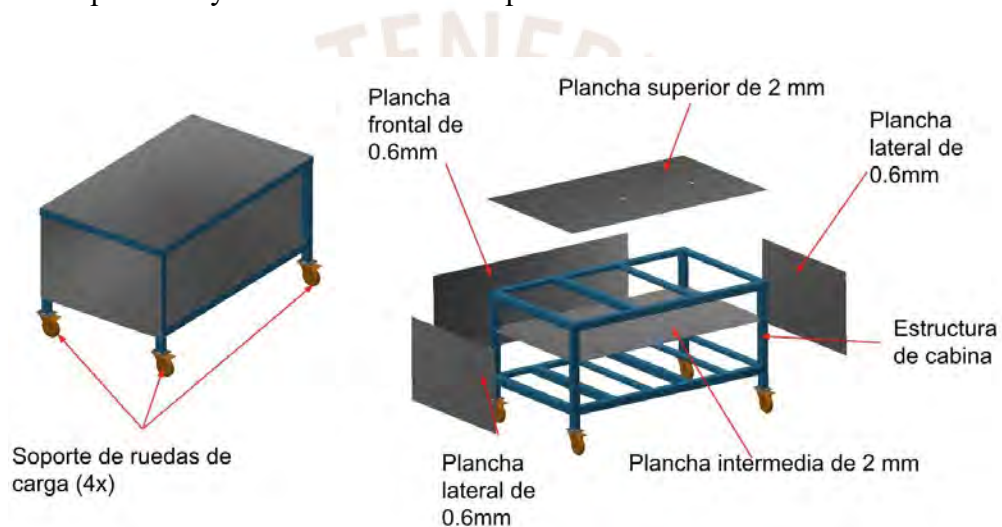


Figura 108: Vista general de Cabina principal

Fuente: Elaboración propia

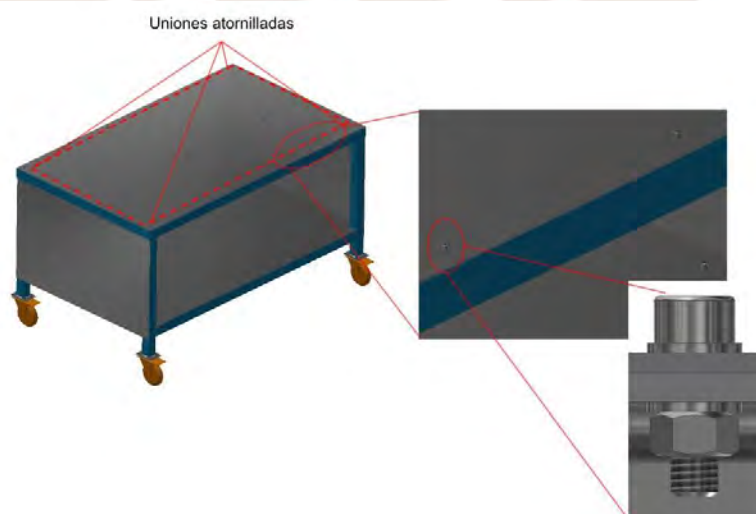


Figura 109: Unión de planchas hacia la Cabina principal

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 109 se observa que en todo el contorno de las planchas rodean y están unidas a la estructura de la cabina mediante uniones atornilladas con tornillo tipo socket pasante con arandela y tuerca.

- **Cabina del usuario**

Se le llama de usuario, ya que dicha cabina es con la cual interactúa el usuario colocando el vaso y retirarlo con el cóctel en él. Para su diseño se utilizan vigas del tipo L2x2x1.8 según ASTM A-276, planchas de aluminio del tipo ASTM 2B 304 de 0.6 mm y 1 mm de espesor. Además, las uniones entre las vigas serán mediante cordones de soldadura, mientras que las planchas están unidas a las vigas mediante uniones atornilladas. Por otro lado, dentro de la cabina se encuentra el sistema de bloqueo de puerta, sistema de mezclado, sistema de servicio, sistema de transporte de líquidos y la interfaz del sistema. De la misma manera que la cabina principal, las uniones entre las vigas son mediante cordones de soldadura, las planchas están unidas a las vigas mediante uniones atornilladas tipo socket pasante con arandela y tuerca, y los diferentes sistemas que se encuentran en su interior están unidas también mediante uniones atornilladas tipo socket pasante como se ha explicado previamente por sistema. A continuación, se muestra la imagen de la cabina de servicio, el cual está con una coloración de azul a la estructura de la cabina para mejor visualización en la Figura 110, como las planchas se unen a la estructura en la Figura 111 y cómo se une la cabina de servicio a la cabina principal en la Figura 112.

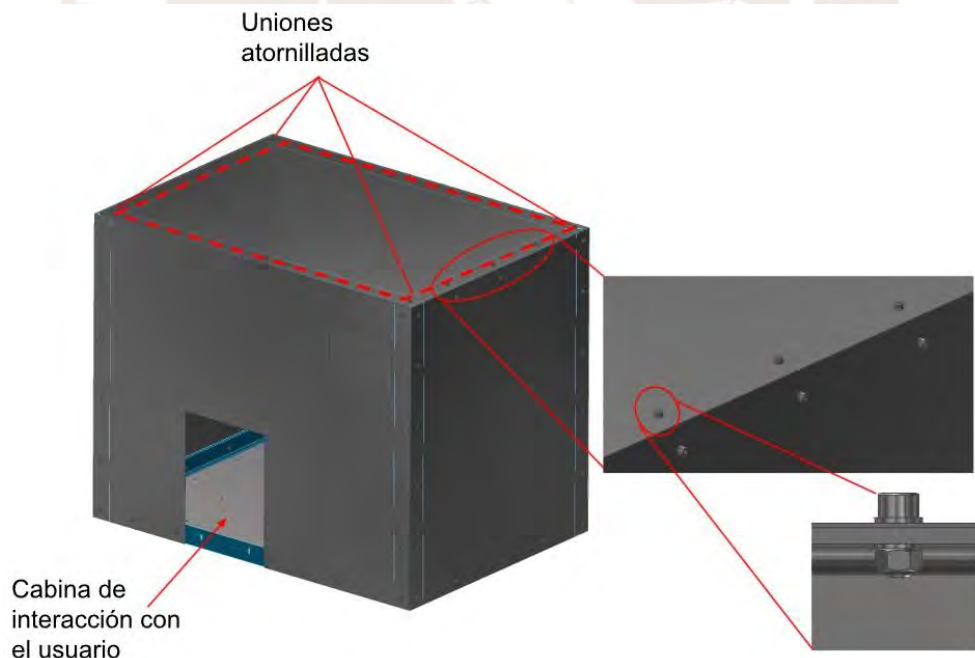


Figura 110: Vista principal de la Cabina de usuario
Fuente: Elaboración propia

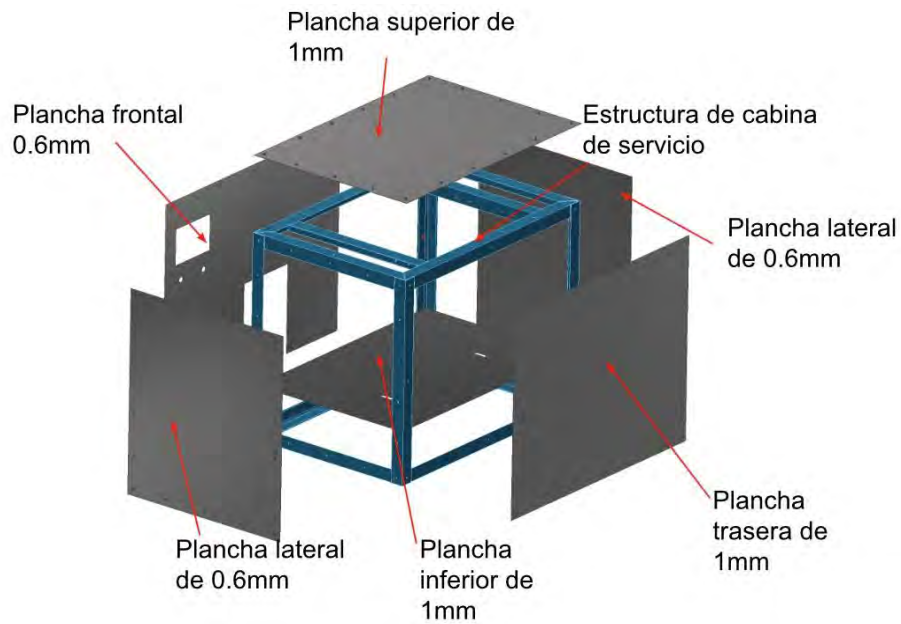


Figura 111: Vista de las planchas en la Cabina de usuario
Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Figura 111 que la cabina está cubierta en su totalidad por planchas de acero, el motivo de ello es para no permitir la interacción del usuario o de personal no autorizado con los componentes que están dentro de la cabina. Sin embargo, en la plancha trasera se coloca una menor cantidad de uniones atornilladas en su contorno con el fin de que sea más sencillo retirarlo en caso de mantenimiento o emergencia a los subsistemas en el interior del mismo.

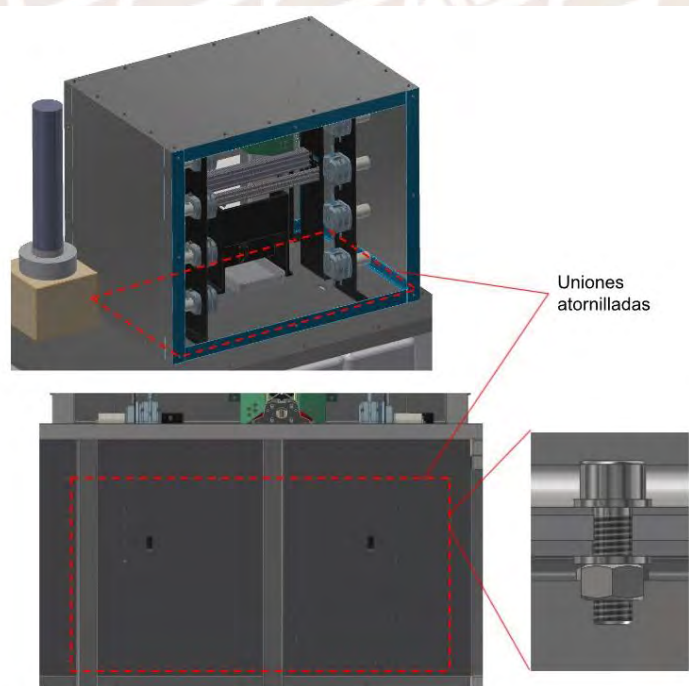


Figura 112: Vista de la unión de la Cabina de usuario hacia la Cabina Principal
Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Figura 112, en la cual la plancha trasera esta retirada para una mejor visualización, que la unión entre ambas cabinas es mediante uniones atornilladas tipo socket pasantes con arandela y tuerca en todo el contorno de la parte inferior de la cabina de servicio; además, las uniones atornilladas que unen ciertas piezas a la plancha inferior de servicio pasan hasta la cabina principal.

- **Ruedas de transporte**

Para facilitar el transporte del sistema, se colocan cuatro ruedas en los extremos de la cabina principal, para ello se toma en consideración el peso aproximado que tiene el sistema, el cual es 400 kg como máximo. Por lo que considerando un factor de seguridad de 1.5 se escoge un juego de llantas de carga que pueda soportar en conjunto un peso mayor a 600 Kg. Por lo que se seleccionan las ruedas de carga de 5 in de diámetro de la marca estadounidense HOLKIE. A continuación, se muestra en la Figura 113 una imagen de la pieza con sus características más importantes.



Diámetro de la llanta	5 in
Peso máximo por 4 llantas	1600 lbs = 725.75 kg
Freno de seguridad	
Cantidad de tornillo por rueda	4 tornillos hexagonales

Figura 113: Rueda de carga de 5 in marca HOLKIE

Fuente: [Amazon](#)

Finalmente, se muestra en la Figura 114 las ubicaciones de las llantas y cómo estas se unen a la cabina principal, la cual es mediante cuatro puntos atornillados tipo socket pasante con arandela y tuerca a la cabina principal. Además la cabina principal en la Figura 114 está con una coloración azul a la estructura de la cabina para mejor visualización.

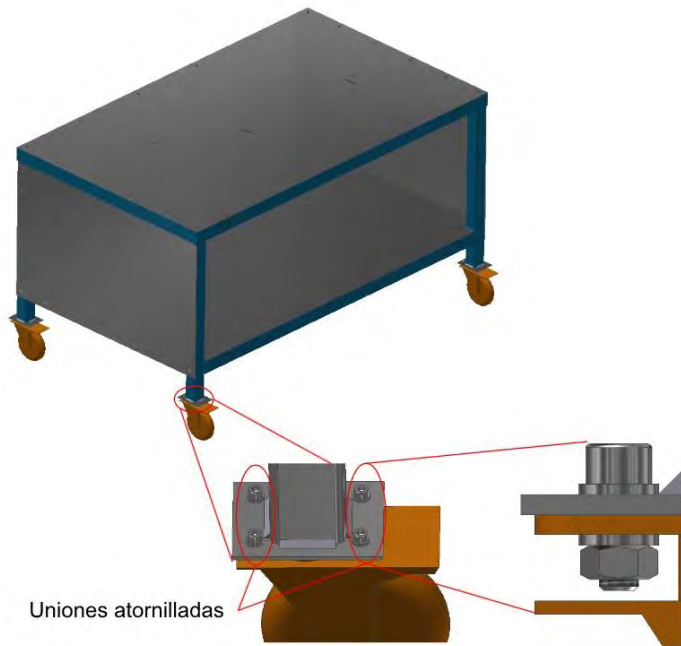


Figura 114: Unión de rueda de carga a cabina principal
Fuente: Elaboración propia

3.10. Sistema integrado

Con el desarrollo de todos los subsistemas, se procede a realizar la integración de los mismos, por lo que en primer lugar se muestra en la Figura 115 y Figura 116 imágenes de la cabina de servicio con los subsistemas en ella sin mostrar la plancha trasera para facilitar la vista de los componentes.

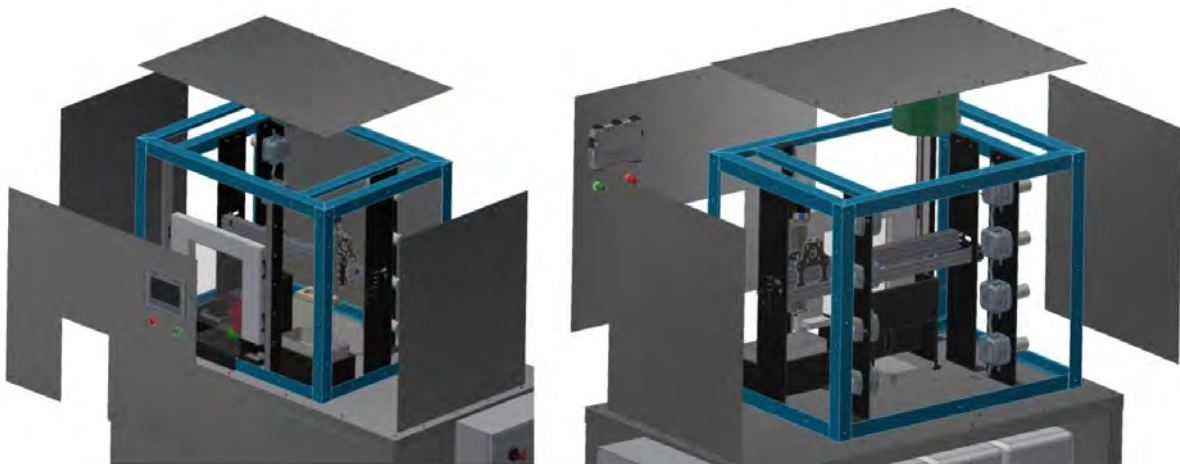


Figura 115: Cabina de servicio con subsistemas
Fuente: Elaboración propia

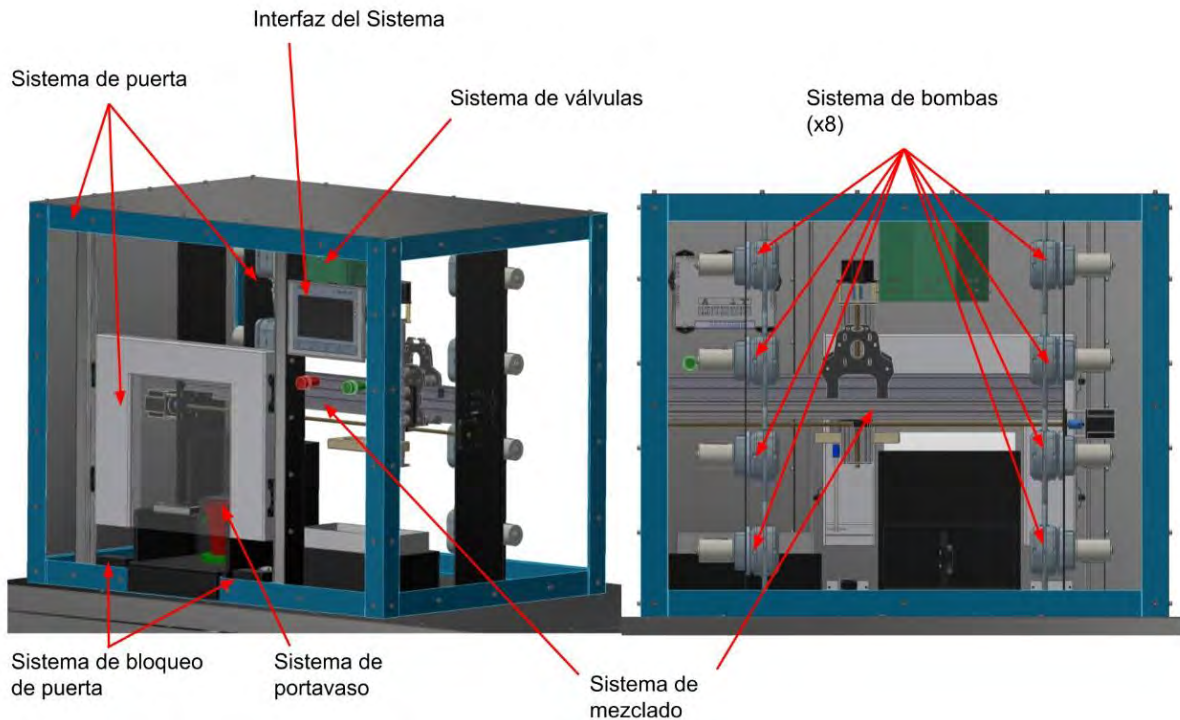


Figura 116: Cabina de servicio con subsistemas

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que en la cabina de servicio se encuentra el sistema de mezclado, de bombas, de válvulas, de portavaso, de bloqueo, de dispensador de vaso, la pantalla HMI y las luces de LED de estado. Dichos sistemas están unidos a la cabina mediante uniones atornilladas con tornillos tipo socket hacia la viga y hacia la plancha.

En segundo lugar, se muestra en la Figura 117 se muestra a la cabina principal y los sistemas que se encuentran en el mismo.

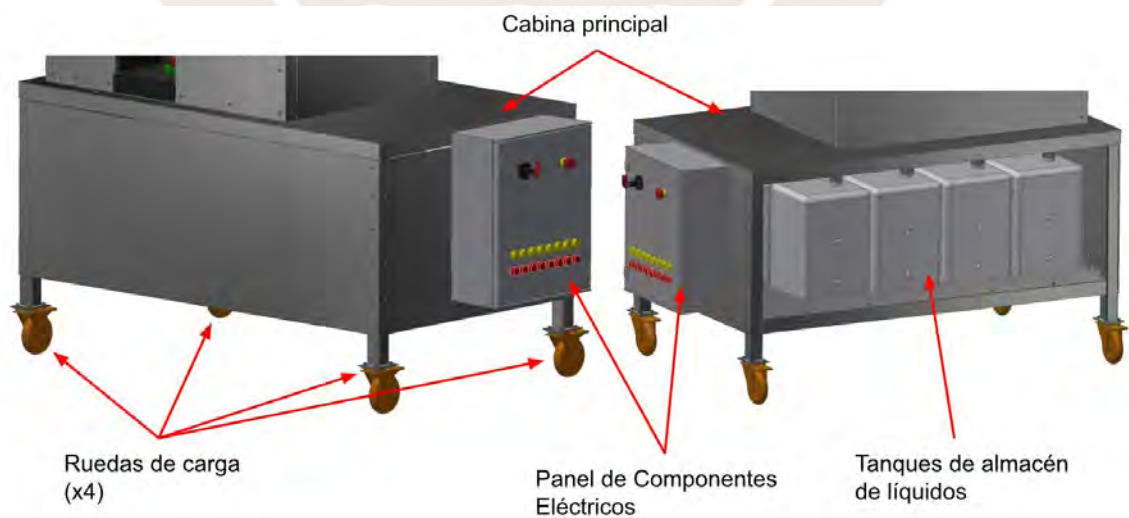


Figura 117: Cabina principal con subsistemas

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que en la cabina principal se encuentra el sistema de almacén de líquidos, la caja de los componentes electrónicos y las ruedas de carga. Solamente la caja de componentes electrónicos está unido a la cabina principal mediante uniones atornilladas con tornillos tipo socket.

En tercer lugar, se muestran en la Figura 118 y Figura 119 el sistema completo con la cabina de servicio y la cabina principal.

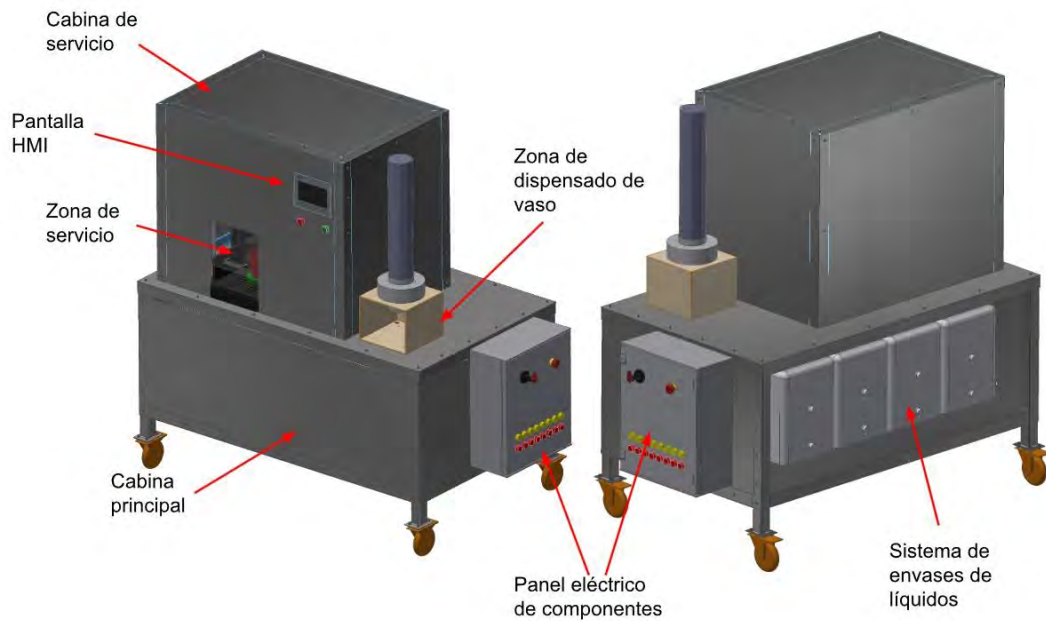


Figura 118: Vistas generales del Sistema automático de preparación de cócteles
Fuente: Elaboración propia

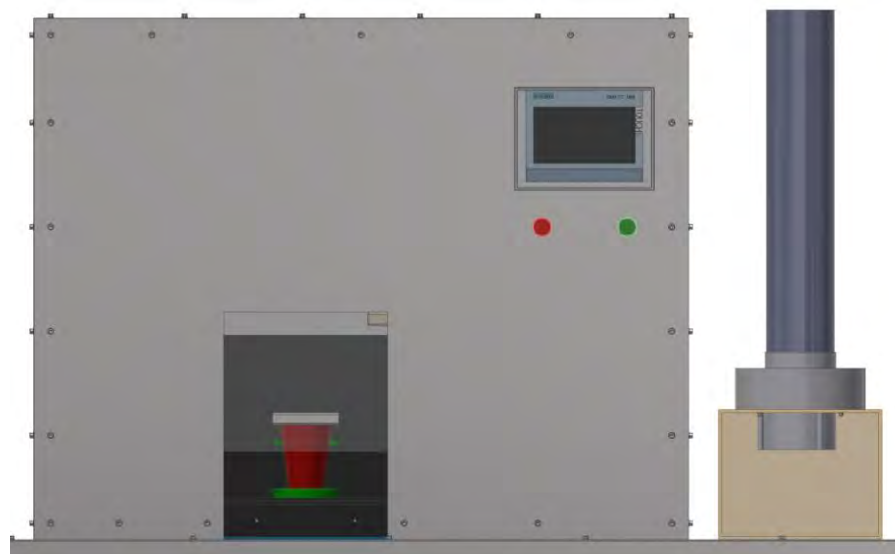


Figura 119: Vista de la cabina de servicio Sistema automático de preparación de cócteles
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se muestra en la Figura 120 una vista completa de un cliente de un establecimiento pidiendo un cóctel hacia un bartender que va a utilizar el Sistema Automático de preparación de cócteles.

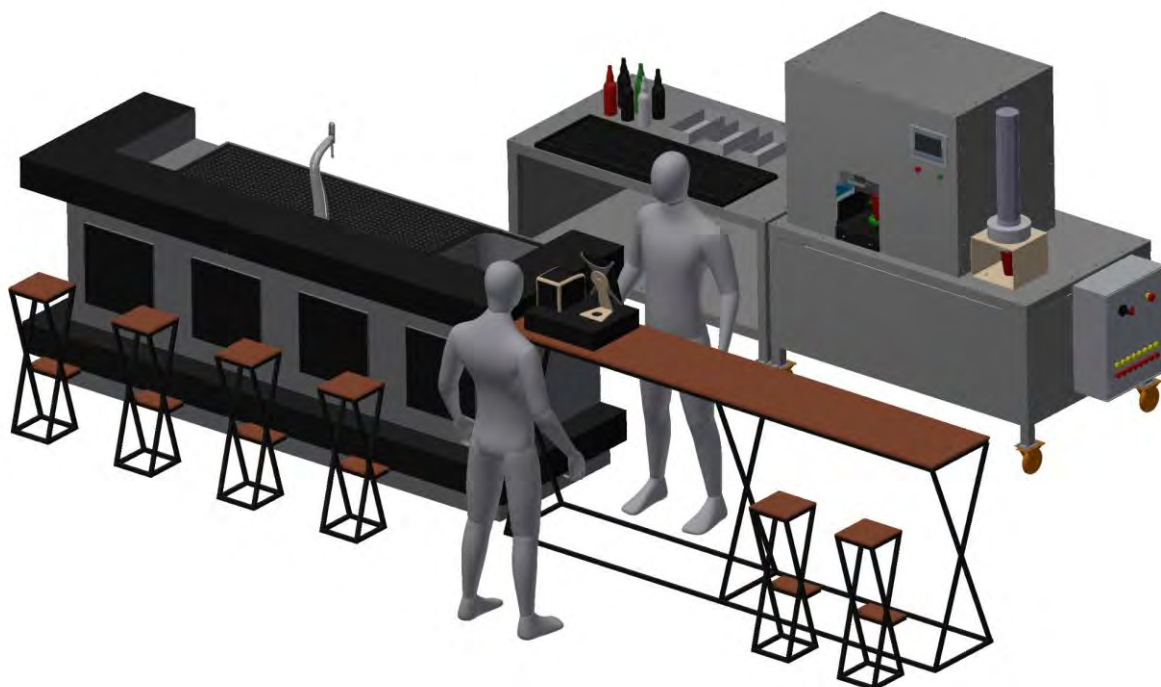


Figura 120: Vista completa del Sistema Automático de Preparación de Cócteles en un establecimiento

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 120, al costado del sistema se encuentra un conjunto de bandejas y botellas, en los cuales se puede colocar hielo y ciertos ingredientes extras como rodajas de limón, fruta, frutas picadas y jarabe de goma. De la misma manera, se visualiza que el único personal que puede acceder al sistema es el bartender, ya que el cliente tiene que pagar primero para recibir un cóctel.

CONCLUSIONES

- En primer lugar, se concluye que la implementación de un sistemas de bombas peristálticas de alta precisión y válvulas independientes por líquido, un sistema de mezclado con aspas trasladable en dos ejes, y un piso de servicio para la recolección de sobras puede lograr preparar un cóctel de tipo mezclado no combinado en un periodo de tiempo de 10 segundos desde que el usuario selecciona el cocktail hasta que lo retira del sistema manteniendo la calidad, orden y un tiempo menor al de una persona preparando el mismo cóctel. Lo cual significa un tiempo de preparación hasta 8 a 5 veces menor al que lo realiza el bartender, siendo el mayor ahorro de tiempo de preparación de 40 segundos a 5 segundos de un cóctel llamado Whiskey Fix, y una disminución de 1:00 minuto a 7.5 segundos para preparar un cóctel llamado Chilcano.
- En segundo lugar, se concluye que el desarrollo de un sistema de interfaz en una pantalla táctil, en la cual se muestra de manera gráfica los cócteles disponibles, secuencias de imágenes para las fases de preparación y el uso de luces LED para indicar el estado de preparación del cóctel y el estado de los recipientes de líquidos permite una adecuada comprensión por parte del usuario de la interfaz de pedido en ambientes donde la iluminación podría ser baja y con ruidos elevados constantes.
- En tercer lugar, se concluye que con la selección de acero inoxidable tipo ASTM 2B 304 para las vigas y planchas de las cabina se garantiza un alto índice de limpieza e higiene en todo el sistema, ya que dicho material está diseñado para que pueda convivir con alimentos o bebidas sin que este sufra de corrosión o dañe el alimento. Además, la selección de uniones atornilladas para la unión entre las planchas hacia las cabina facilita una mejor limpieza, mantenimiento y accesibilidad a todos los componentes del sistema.
- En cuarto lugar, la selección de un mecanismo de bloqueo de la puerta con sensores de detección de la puerta y en el portavasos permite tener un margen de seguridad durante su uso por parte del usuario, ya que de esa manera se puede evitar que el usuario pueda lastimarse con las aspas de mezclado.
- Finalmente, se concluye que la aplicación de dos sensores de nivel en los envases de alimentos líquidos permite poder visualizar el nivel de los líquidos y que el encargado del sistema pueda visualizar de manera visual el estado de los envases sin recurrir a abrirlas visualizando la pantalla de interfaz.

RECOMENDACIONES

En primer lugar, se recomienda que como posible mejora del sistema se puede implementar mayor indicadores en la interfaz con el usuario para mejorar el entendimiento en el uso del sistema; por ejemplo, arreglos de LED que se activan en secuencia cuando se tiene que abrir o cerrar la puerta de bloqueo y LED para indicar el estado de bloqueo de la puerta de seguridad.

En segundo lugar, se recomienda que el sistema se utilice en ambientes con piso totalmente plano, ya que de esa manera se garantiza el correcto funcionamiento de los sensores de nivel en los envases.

Finalmente, se recomienda la extensión longitudinal de la cabina principal para disponer de espacio extra para colocar componentes adicionales que complemente el cóctel; por ejemplo, dispensador de hielo, cajas de decorativos, cajas de alimentos decorativos y líquidos opcionales como saborizantes o endulzantes.



BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro Parodi, V. (2021, 13 agosto). *Descubre qué tipos de cócteles existen y aprende a crear las bebidas más creativas*. Crehana. Recuperado 14 de abril de 2022, de <https://www.crehana.com/ar/blog/estilo-vida/tipos-cocteles/>
- Allen, M. (2018, 4 septiembre). *7 things that can go wrong during a bar shift*. Matador Network. Recuperado 31 de marzo de 2022, de <https://matadornetwork.com/read/7-things-go-wrong-bar-shift/>
- Aquapac. (2022, 25 mayo). *EXPLICACIÓN DE LA NORMA IPX -ANSI/IEC 60529 - 2004*. Recuperado 28 de abril de 2022, de <https://aquapac.es/es/blog/explicacion-de-la-norma-ipx-ansiiec-60529-2004->
- Arquitectura y Reforma. (s. f.). *Tipos de puertas*. Recuperado 14 de junio de 2022, de <https://www.arquitecturayreforma.com/tipos-puertas/>
- Asociación Española de Normalización. (2020, octubre). *UNE-ISO 1996–2:2020*. Recuperado 28 de abril de 2022, de <https://tienda.aenor.com/norma-une-iso-1996-2-2020-n0064811>
- Baena, J. (2018, enero). *Prototipo funcional de un dispensador automático de bebidas alcohólicas accionado a través de bluetooth*. Universidad Católica de Pereira. <https://repositorio.ucp.edu.co/handle/10785/4819>
- Bautista, A. (2019, mayo). Relationships between ambient noise levels and vocal effort when working as a restaurant bartender. *Ursidae: The Undergraduate Research Journal at the University of Northern Colorado*, 7(2). Recuperado 31 de marzo de 2022, de <https://digscholarship.unco.edu/urj/vol7/iss2/3/>
- Barsys. (2018). *Barsys 2.0+*. Recuperado 14 de abril de 2022, de <https://thebarsys.com/product-details.html>
- Blend, D. (2014, 28 agosto). *62 things that could be stressing out your bartender*. Thrillist. Recuperado 31 de marzo de 2022, de <https://www.thrillist.com/drink/nation/bartender-problems>
- Cocktail Machine. (s. f.). *Gig pro*. Recuperado 14 de abril de 2022, de <https://www.cocktailsmachine.com/>
- DeGroof, D. (2002). *The Craft of the Cocktail: Everything You Need to Know to be a Master Bartender, with 500 Recipes*. Clarkson Potter.

- Difford, S. (2020, 10 enero). *Cocktail categories/families*. Difford's Guide. Recuperado 01 de diciembre de 2024, de <https://www.diffordsguide.com/encyclopedia/1989/cocktails/cocktail-categories/families>
- Ecuarobot. (2020, 12 mayo). *Como controlar una válvula solenoide con Arduino*. Recuperado 14 de junio de 2022, de <https://ecuarobot.com/2020/05/12/como-controlar-una-valvula-solenoide-con-arduino/>
- Encuesta mensual del sector servicios* (N.º 3). (2022, marzo). Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/2954995-boletin-del-sector-servicios-n-1-enero-2022>
- Flor, M. (2019). *Diseño de una máquina semiautomática para la mezcla de cócteles*. Facultad de Ciencias Técnicas UIDE. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/3871>
- Gibson, M. (2011, 21 octubre). *La historia del cóctel. . . ¿De dónde surge?* Hola. Recuperado 14 de abril de 2022, de <https://cocinayrecetas.hola.com/lacocelera/20111021/coctel-de-donde-surgen/>
- GreatScottlab. (2017). *Make your own crude cocktail machine*. Instructables circuits. <https://www.instructables.com/Make-Your-Own-Crude-Cocktail-Machine/>
- Hacker Shack. (2018, 29 de abril). *Smart bartender*. <https://www.hackster.io/hackershack/smart-bartender-5c430e#things>
- Hernández García, J. J. (2008). *Cocteles para todos* (1.ª ed.). Editorial Lulu. <https://eltxokodesantamaria.wordpress.com/wp-content/uploads/2024/03/cocteles-para-todos-jose-juan-hernandez-garcia.pdf>
- Holcomb, D., Stewart, J., & Krus, M. (2012). *Cocktail mixer with rotatable top* (US8287177B2). U.S. Patent and Trademark Office. <https://patents.google.com/patent/US8287177B2/en?q=US+8%2c287%2c177+B2>
- Juliano, Victor, Muñoz, Karol, Vígolo, Vinicius (2021). *Design Methodology for Mechatronic Systems*. Lima, Perú: PUCP
- Lagalla, M. (2019, 25 junio). *El bartender y el cuidado de su salud*. Cocina y Vino. Recuperado 31 de marzo de 2022, de <https://www.cocinayvino.com/en-la-cocina/especiales/bartender-cuidado-salud/>

- Lagalla, M. (2017, 7 noviembre). *Los cocteles y sus clasificaciones, ¡Interesante!* Cocina y Vino. Recuperado 14 de abril de 2022, de <https://www.cocinayvino.com/otros/cocteles-clasificaciones/>
- Lim, J. (2020, diciembre). *Smart bartender using raspberry pi* (N.º 2). PSU–Journal of Engineering, Technology, and Computing Sciences (JETCS). https://www.psuri.org/wp-content/uploads/2021/07/JETCS_2020_Vol2_Issue2_05.pdf
- López, E. (2019, 7 octubre). Ocio nocturno dinamiza turismo en lima. *La Cámara*, 22–24. http://www.camara lima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r899_3/informe_especial.pdf
- Lopéz, E. (2020, 8 octubre). *Sensor infrarrojo FC-51 con arduino*. Un Programador. Recuperado 14 de mayo de 2022, de <https://unprogramador.com/sensor-infrarrojo-fc-51-con-arduino/>
- Lark Editorial Team. (2023, 27 diciembre). *Oxidation*. Lark. Recuperado 10 de noviembre de 2024, de https://www.larksuite.com/en_us/topics/food-and-beverage-glossary/oxidation
- Magnetic door contact switch 2Pin*. (s. f.). HI-Fi Electronica. Recuperado 20 de noviembre de 2022, de <https://hifisac.com/en/shop/product/mc31-magnetic-door-contact-switch-2pin-wired-door-sensor-magnetic-switch-for-alarm-system-7198#attr=>
- Mixologiq. (s. f.). *Mixo two*. Recuperado 14 de abril de 2022, de <https://www.mixologiq.com/en/>
- Ministerio de Salud (Ed.). (2020). *Resolución directoral 035–2020-DIGESA*. Ministerio de Salud. <http://www.digesa.minsa.gob.pe/NormasLegales/Normas/RD%20035-2020-DIGESA-SA.pdf>
- QBPROFE. (2021, 23 julio). *Sensor de proximidad capacitivo*. QB Profe Academy. Recuperado 14 de mayo de 2022, de <https://www.qbprofe.com/automatizacion-instrumentacion-industrial/sensor-de-proximidad-capacitivo/>
- Ratti, C. (2014). *Estación robótica interactiva para la preparación y dispensación de bebidas, en especial cócteles* (ES2625556T3). Oficina Española de Patentes y Marcas. <https://patents.google.com/patent/ES2625556T3/es?q=mezclador+de+liquidos+coctel&oeq=mezclador+de+liquidos+cocteles>

- República del Perú. (2019, 30 octubre). *Normas nacionales de seguridad y salud en el trabajo*. Estado Peruano. Recuperado 28 de abril de 2022, de <https://www.gob.pe/institucion/mtpe/informes-publicaciones/470749-normas-nacionales-de-seguridad-y-salud-en-el-trabajo>
- RMS Blogging Team. (2021, 7 octubre). *6 bartender problems only bar staff can relate to*. RMS Insurance Brokerage, LLC. Recuperado 31 de marzo de 2022, de <https://www.rmsinsurance.com/blog/6-bartender-problems-only-bar-staff-can-relate-to/>
- Rybin, V., Karimov, T., Sigaeva, M., Solomevich, E., Kolev, G., & Kopets, E. (2019, mayo). *Design of a smart bartender with peristaltic pumps*. MDPI. <https://www.mdpi.com/2411-5134/4/2/26>
- Schematix (2016, 06 julio). *OX-Metal CNC Router Mill*. OpenBuilds <https://openbuilds.com/builds/ox-metal-cnc-router-mill.3681/>
- SG90 database. (s. f.). Datasheet 4U. Recuperado 20 de noviembre de 2022, de <https://datasheet4u.com/datasheet-pdf/TowerPro/SG90/pdf.php?id=791970>
- Shoes for Crews Europe. (2019, 29 mayo). *Bartender problems: the 14 problems only bar staff will understand*. Shoes for Crews. Recuperado 31 de marzo de 2022, de <https://www.sfceurope.com/uk/blog/bartender-problems-the-14-problems-only-bar-staff-will-understand#b>
- Soto, L. (2016, 9 diciembre). *Los 10 ingredientes esenciales para hacer cócteles en casa*. Bar Academy. Recuperado 14 de abril de 2022, de <https://santiago.baracademy.cl/los-10-ingredientes-esenciales-para-hacer-cocteles-en-casa/>
- The Bartesian. (s. f.). *The bartesian cocktail maker*. Bartesian. Recuperado 14 de abril de 2022, de <https://bartesian.com/products/the-bartesian>
- The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2018, 6 febrero). *Reducing noise exposure: Guidance & regulations*. Recuperado 31 de marzo de 2022, de <https://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/reducenoiseexposure/regsguidance.html>
- Tutenges, S., Bogkjaer, T., Witte, M., & Hesse, M. (2013, 11 octubre). *Drunken environments: A survey of bartenders working in pubs, bars and nightclubs*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10. Recuperado 31 de marzo de 2022, de <https://www.mdpi.com/1660-4601/10/10/4896>

Victor. (2020, 25 marzo). *Materiales para Impresoras 3D: Guía de Filamentos*. Creación3d.

Recuperado 10 de noviembre de 2024, de

<https://creacion3d.com/materiales-impresoras-3d/>

Villapol, L. (2019, 30 noviembre). *Seis métodos básicos para preparar un coctel*. Cocina y Vino. Recuperado 14 de abril de 2022, de

<https://www.cocinayvino.com/en-la-cocina/especiales/metodos-basicos-preparar-coctel/>

Wagner, M. (2014). *What is a bartender?* EHL Insights. Recuperado 31 de marzo de 2022, de

<https://hospitalityinsights.ehl.edu/what-is-a-bartender>

Wu, R., Nessar, A., & Lathrum, K. (2017, agosto). *The automatic bartender* (N.º 80). Mechanical Engineering Design Project Class.

<https://openscholarship.wustl.edu/mems411/80/>

