

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

DISEÑO DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA EL SECADO DE CUBIERTOS

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Mecatrónico**, que presenta el bachiller:

Antonio Araujo Barrientos

ASESOR: Gustavo Kato Ishizawa

Lima, julio de 2014

Resumen

Ante el auge de los negocios culinarios que se viene dando en el país se presentan nuevas oportunidades de negocio también en el sector industrial. En la búsqueda de obtener las mayores utilidades posibles, automatizar las labores repetitivas llevadas a cabo en restaurantes, comedores, empresas de catering, etc. se presenta como una alternativa viable, ya que permite un gran ahorro en tiempo y dinero y un incremento en la productividad.

En este escenario se identificó el proceso de secado de cubiertos posterior al lavado de los mismos como una actividad que demanda tiempo y personal y por ello se plantea su automatización mediante un sistema mecatrónico.

El sistema utiliza vibraciones y soplado de aire a baja presión para transportar y secar los cubiertos. Para llevar a cabo estos procesos hace uso de actuadores y sensores. Los actuadores son de dos tipos: moto-vibradores eléctricos para generar las vibraciones y motores universales que accionarán las aspas de ventiladores centrífugos para desplazar el aire hasta la zona de secado. Se cuenta también con un sensor fotoeléctrico de presencia para detectar el paso de los cubiertos al final del proceso y dos sensores de final de carrera. El control se realiza mediante el microcontrolador ATmega8. La máquina está diseñada de acero inoxidable para garantizar la salubridad.

Este documento desarrolla en cinco capítulos una descripción del sistema mecatrónico diseñado. Primero se presentará la problemática que motivó al diseño del sistema; luego se detallarán los requerimientos del mismo y se presentará el concepto de solución. El tercer capítulo abarca una descripción detallada del sistema haciendo uso de diagramas y planos. Como cuarto capítulo se presenta un presupuesto inicial para poder realizar un análisis de viabilidad de la implementación del sistema. Finalmente se presentarán las conclusiones obtenidas luego del diseño del sistema mecatrónico.

Adicionalmente, se incluyen como anexos planos detallados del sistema, memorias de cálculo y documentación sobre los componentes electrónicos, sensores y actuadores escogidos.

Índice

1. Presentación de la problemática.....	1
2. Requerimientos del sistema mecatrónico y presentación del concepto.....	2
2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico.....	2
2.2 Concepto de la solución.....	3
3. Sistema mecatrónico.....	6
3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico.....	6
3.2 Sensores y actuadores.....	8
3.2.1 Sensores.....	8
3.2.1.1 Detección de presencia.....	8
3.2.1.2 Sensor de final de carrera.....	9
3.2.1.2.1 Recipiente de salida.....	9
3.2.1.2.2 Recipiente drenaje de agua.....	10
3.2.2 Actuadores.....	11
3.2.2.1 Moto-vibrador	11
3.2.2.1.1 Bandeja vibratoria superior.....	11
3.2.2.1.2 Bandeja vibratoria inferior.....	11
3.2.2.2 Motor universal AC.....	12
3.3 Planos del sistema mecatrónico.....	14
3.3.1 Bandeja vibratoria superior.....	14
3.3.2 Bandeja vibratoria inferior.....	19
3.3.3 Inyector de aire.....	24
3.3.4 Recipiente de salida.....	27

3.3.5	Drenaje de agua.....	27
3.3.6	Ventilador centrífugo.....	30
3.3.7	Estructura metálica.....	34
3.3.8	Carcasa.....	35
3.4	Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico.....	38
3.4.1	Circuito de control.....	38
3.4.1.1	Sensores.....	39
3.4.1.2	Actuadores.....	40
3.4.2	Panel de control.....	42
3.5	Diagramas de flujo del programa de control.....	43
4.	Presupuesto	49
5.	Conclusiones.....	52
	Bibliografía.....	53
	Anexos	
	Anexo 1: Vibraciones	
	Anexo 2: Diseño del inyector de aire	
	Anexo 3: Diseño del ventilador centrífugo	
	Anexo 4: Cálculos de resistencia	
	Anexo 5: Control de alimentación del sensor fotoeléctrico	
	Anexo 6: Determinación de cargas eléctricas y selección de conductor alimentador	
	Anexo 7: Diseño de los circuitos impresos	

Anexo 8: Cotización

Anexo 9: Hojas de datos

Anexo 10: Planos mecánicos



Capítulo 1

Presentación de la problemática

El Perú vive actualmente un *boom* gastronómico, el cual trae consigo distintos escenarios de crecimiento y desarrollo. Entre ellos se destaca el aumento en el número de restaurantes y empresas relacionadas a la cocina. Según un estudio realizado por la APEGA el aumento en el número de restaurantes en el país es del 10% anual [1]. En el mismo estudio se enfatiza también el hecho de que salir a comer es la tercera actividad preferida por los peruanos en su tiempo libre y que en promedio cada peruano sale a comer de dos a tres veces al mes.

Este crecimiento en el sector implica que los restaurantes deben atender una mayor cantidad de comensales y preocuparse por brindarles el mejor servicio posible. Un mejor servicio implica garantizar que los cubiertos estén totalmente secos para evitar generar malestar. Esto se cumple, más allá del boom gastronómico, no solo en restaurantes sino también en comedores de universidades o centros de trabajo, empresas de catering, etc.

Un estudio de mercado permitió conocer que el proceso de secado se realiza de forma manual, siendo uno de los trabajadores de la empresa el encargado de esta actividad. El proceso de secado es un trabajo repetitivo y tedioso que no siempre garantiza el buen secado de los cubiertos, ya que se utilizan trapos de algodón (secadores) los cuales absorben el agua y necesitan ser cambiados cada cierto tiempo. Esto genera también problemas higiénicos [2] ya que no siempre se tiene cuidado de mantener el secador limpio.

El secado de forma manual implica dedicar capital humano a una actividad repetitiva que no genera utilidades de manera directa. Esto se vuelve más problemático cuando se trata de una empresa con gran cantidad de clientes. Si se elimina la necesidad de contar con una persona que realice este trabajo esta podría ser destinada a realizar otras funciones, ya sea en la preparación de la comida o en la atención al cliente.

El sistema mecatrónico diseñado trata de dar una solución a esta problemática automatizando el proceso de secado de los cubiertos.

Capítulo 2

Requerimientos del sistema mecatrónico y presentación del concepto

2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico

Para dar solución a la problemática planteada en el capítulo anterior se requiere un sistema que satisfaga los siguientes requerimientos:

2.1.1 Requerimientos generales

Teniendo en cuenta que el restaurante promedio cuenta con doce mesas para cuatro personas cada una [1], el sistema debe ser capaz de secar de forma automática 200 cubiertos por ciclo, correspondientes a 50 juegos de tenedor, cuchillo, cuchara y cucharita, en un tiempo no mayor a 5 minutos; es decir, aproximadamente 60 por ciento más rápido que el trabajo manual, el cual es en promedio de 4 segundos por cubierto.

El sistema será diseñado para su uso en cocinas de grandes restaurantes y comedores cumpliendo con las normas de salubridad y deberá ser fácil de operar por el usuario.

2.1.2 Requerimientos mecánicos

Se requiere que el ingreso de cubiertos sea mediante el vertido de los mismos por la parte superior de la máquina, y una vez finalizado todo el proceso sean retirados en otra bandeja en la parte inferior. Se debe dimensionar el sistema de modo que tanto el vertido como el retirado de los cubiertos sean sencillos para el usuario, lo cual implica que no haya mucha diferencia de altura entre las dos zonas. Considerando que la estatura promedio en el Perú es de 1.57 metros, el área de ingreso de cubiertos no debe estar a una altura mayor a 1.10 metros, y el área de salida no debe estar a menos de 0.7 metros. Por ello la máquina será diseñada para ser ubicada sobre una mesa.

2.1.3 Requerimientos eléctricos y electrónicos

Para su uso en cocinas se requiere que el sistema sea alimentado por una línea monofásica de 220 V y 60 Hz. Se requiere también colocar un interruptor termomagnético de 32 A para la protección del sistema contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se requiere que los actuadores trabajen con corriente alterna, los sensores y la parte de control con corriente continua, por lo que se usará una fuente conmutada de 220 V a 12 V.

2.2 Concepto de la solución

Las figuras 2-1 y 2-2 muestran las vistas isométrica, frontal y lateral del sistema mecatrónico diseñado. El sistema tiene unas dimensiones totales de 68,4 cm de ancho, 84,5 cm de largo y 43 cm de alto y un peso total de 45 kg. La distancia entre la zona de ingreso y la de salida de cubiertos es de 30 cm. El sistema deberá ser colocado sobre una mesa de 70 cm para facilitar la acción del operario.

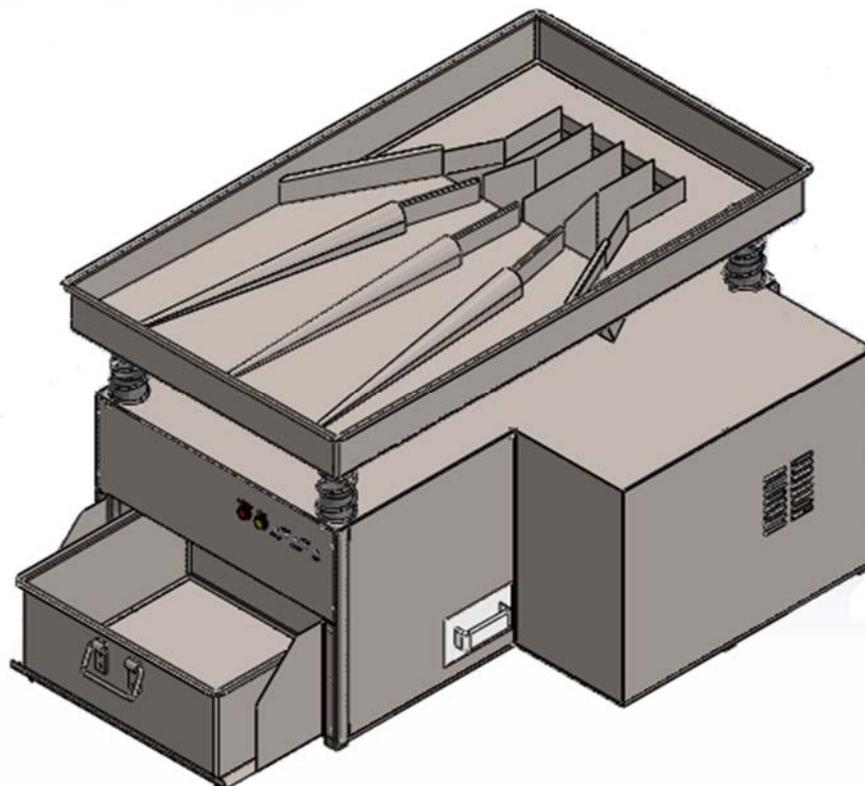


Fig. 2-1: Vista Isométrica del sistema mecatrónico

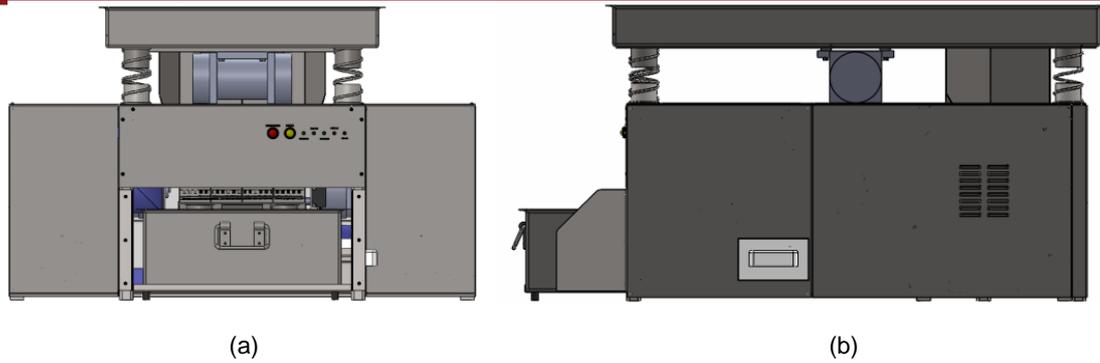


Fig. 2-2: Vistas (a) Frontal y (b) Lateral del sistema mecatrónico

El principio de secado será el soplado de aire a baja presión (75 mbar) por ambas caras de los cubiertos. Los cubiertos serán introducidos a la máquina todos al mismo tiempo de manera desordenada. Se debe garantizar que los cubiertos no pasarán por el proceso de secado amontonados uno sobre otro ya que esto impediría que el aire inyectado tenga contacto con su superficie. Para lograr esto se usará vibraciones para ir acomodando y transportando los cubiertos hacia el área de secado.

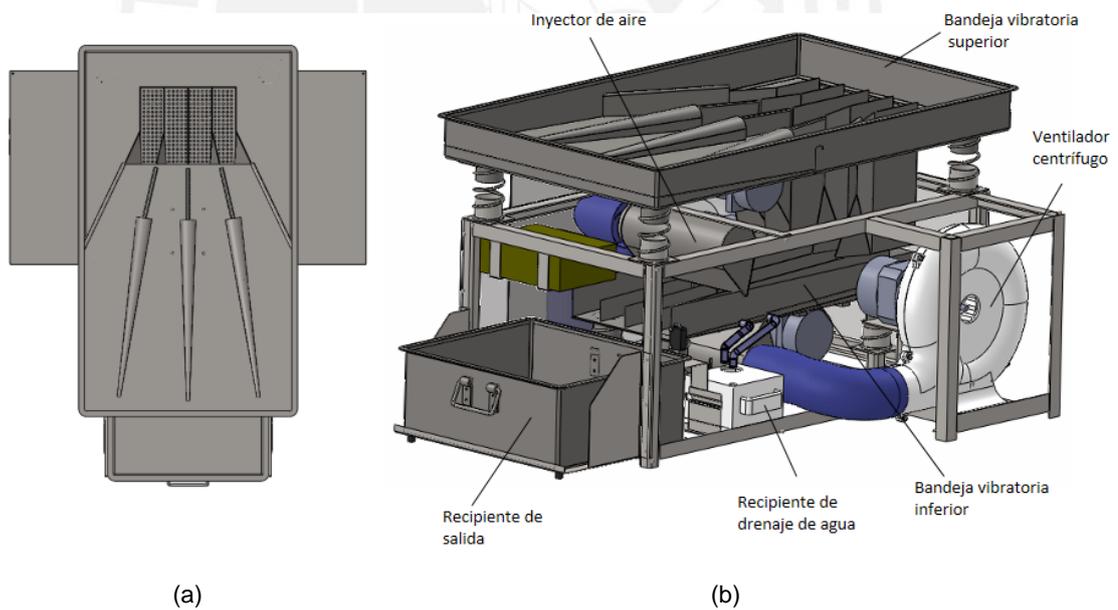


Fig. 2-3: (a) Vista superior del sistema mecatrónico.

(b) Partes principales del sistema mecatrónico

En la figura 2-3 se muestra la vista superior del sistema así como las partes principales que lo conforman. Los cubiertos serán introducidos por el usuario en la bandeja vibratoria superior. En esta primera etapa se usará la vibración para alinear

los cubiertos mientras se desplazan para caer por un ducto cuidadosamente dimensionado hacia la bandeja vibratoria inferior, aquí seguirán ordenándose mientras son transportados hacia el área de soplado de aire para finalmente caer en el recipiente de salida. La vibración es producida por dos moto-vibradores eléctricos de corriente alterna.

El soplado de aire a baja presión se logra mediante dos ventiladores centrífugos conectados cada uno a un inyector de aire, uno para secar la parte superior y uno para la parte inferior de los cubiertos. Este proceso de secado básicamente retira el agua de la superficie de los cubiertos, la cual es luego drenada y depositada en un recipiente de 400 ml de capacidad.

La interfaz de usuario consiste en el panel de control mostrado en la figura 2-4. Este contiene dos pulsadores y cinco luces piloto. El primer pulsador permite encender el equipo y detener el funcionamiento en caso sea necesario; el segundo pulsador permite iniciar el proceso de secado. Las luces piloto dan información sobre el estado de la máquina y del proceso. De izquierda a derecha indican que el sistema está energizado, que se está llevando a cabo el secado, que concluyó el secado, que el recipiente de drenaje está lleno o no está colocado y que el recipiente de salida no está colocado.



Fig. 2-4: Panel de control del sistema mecatrónico.

Capítulo 3

Sistema mecatrónico

3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico

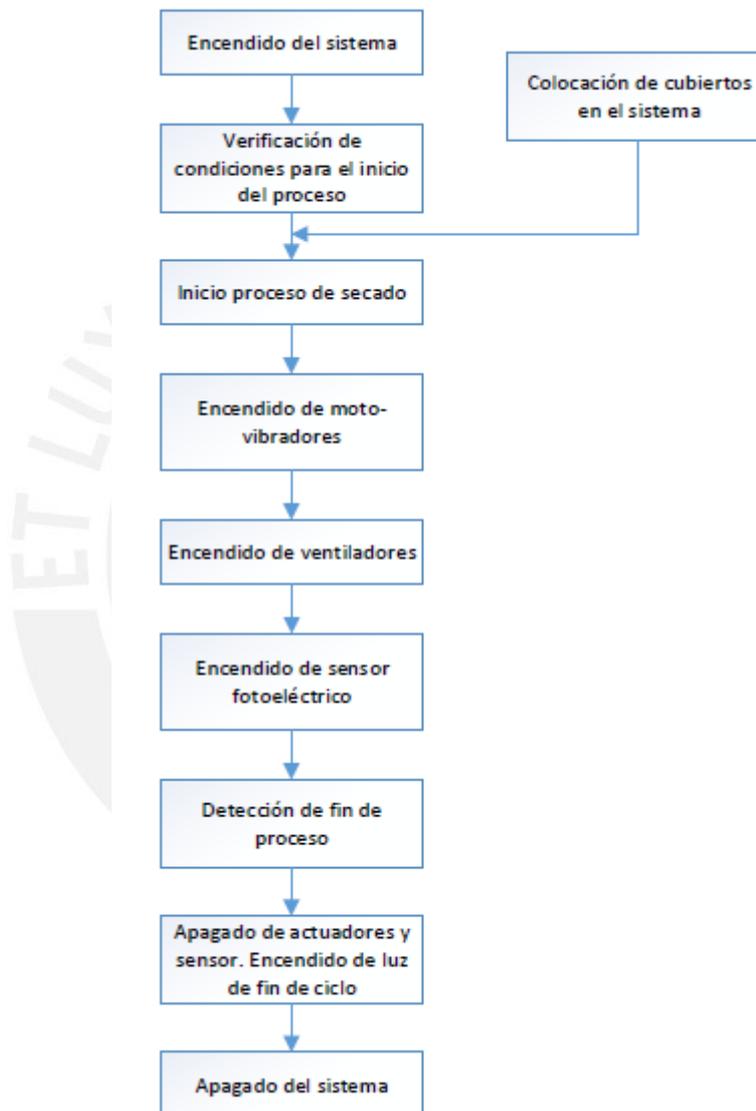


Fig. 3-1: Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico

La figura 3-1 muestra el diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico. El sistema permanecerá conectado a la red de alimentación y el usuario deberá inicialmente presionar el botón de encendido para poder posteriormente dar inicio al proceso de secado. Al presionar el botón de encendido se verifica que el recipiente

de salida donde se acumularán los cubiertos secos se encuentre correctamente colocado y que el recipiente de drenaje de agua esté colocado y no lleno. De no cumplirse alguna de estas condiciones se encenderá la luz piloto correspondiente en el panel de control y no se permitirá el inicio del proceso de secado.

De no presentarse ningún inconveniente, o una vez que estos fueron resueltos, el usuario debe verter los cubiertos en el recipiente ubicado en la parte superior de la máquina y proceder a presionar el botón de inicio. Una vez presionado el botón se procede a un encendido secuencial, cada cuatro segundos, de los actuadores del sistema.

Primero se encenderá el moto-vibrador de la bandeja superior donde se vertieron los cubiertos, de manera que se empiecen a acomodar y vayan cayendo hacia la bandeja inferior. Luego de cuatro segundos se encenderá el moto-vibrador de la bandeja inferior, encargado de desplazar los cubiertos hacia la zona de secado. Cuatro segundos después se enciende el primer ventilador, el cual proporcionará aire al inyector encargado de secar la parte inferior de los cubiertos. Finalmente se enciende el segundo ventilador para secar la parte superior.

Una vez encendidos todos los actuadores se encenderá el sensor fotoeléctrico ubicado a la salida de la bandeja vibratoria inferior. Una vez que el sensor deje de detectar el paso de cubiertos por un período continuo de 30 segundos se apagan todos los actuadores y se enciende la luz indicadora de fin de ciclo en el panel de control. Esta luz permanecerá encendida hasta que se retire el recipiente de salida, luego de lo cual se apagará el sistema. Si pasados tres minutos no se ha retirado el recipiente, el sistema se apagará automáticamente.

La figura 3-2 muestra la arquitectura de control del sistema mecatrónico. Se observa que el sistema está controlado por un microcontrolador (ATmega8) el cual se encarga de detectar las señales de los botones del panel de control y de los sensores y en base a ello controla los actuadores y las luces piloto. La interacción con el usuario se dará únicamente a través del panel de control.

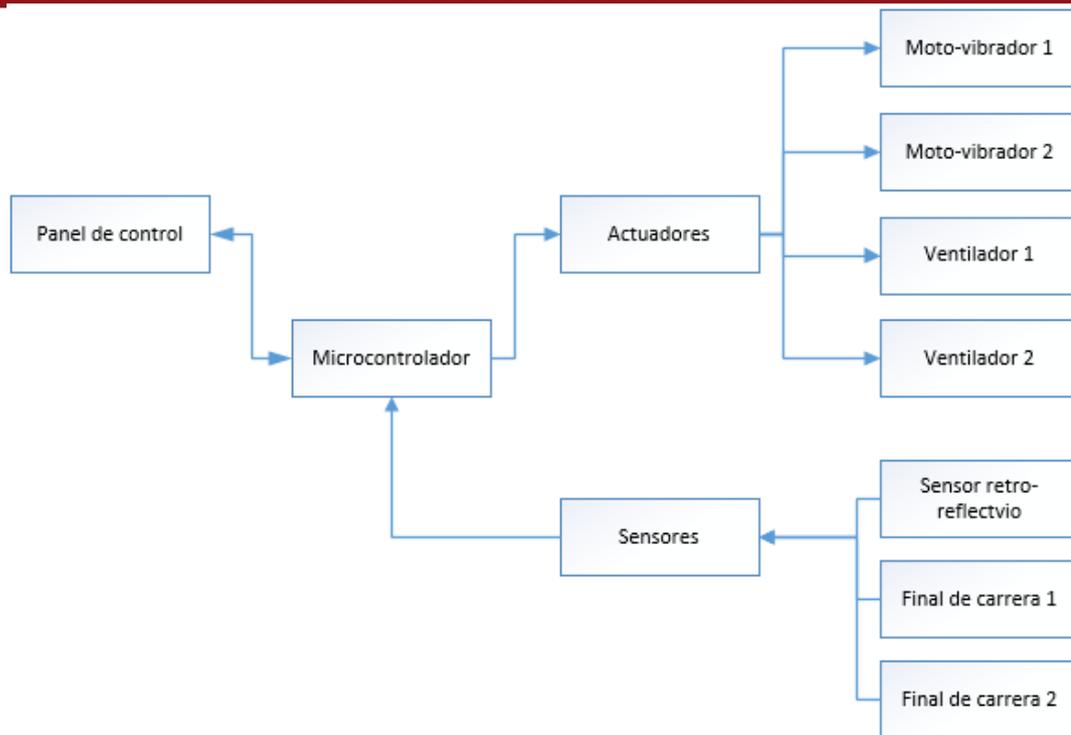


Fig. 3-2: Arquitectura de control del sistema mecatrónico

3.2 Sensores y actuadores

Las hojas de datos de los sensores y actuadores que se detallan a continuación se encuentran en el Anexo 9.

3.2.1 Sensores

3.2.1.1 Detección de presencia

Se utilizará un sensor fotoeléctrico del tipo sensor de supresión de fondo (BGS) para detectar el paso de los cubiertos a la salida del sistema. El modelo a emplear es el BGS-ZL30P de la marca Optex FA. Este sensor permite la detección de objetos delgados ya que posee un haz de láser de 1.5mm de diámetro, lo cual garantizará que los cubiertos sean detectados al atravesarlo. La salida digital del sensor será tipo PNP y se usará el modo Light On.

En las figuras 3-3 y 3-4 se observa la ubicación del sensor a la salida de la bandeja vibratoria inferior, antes del recipiente de salida. Esta ubicación

permitirá determinar que el proceso de secado ha concluido una vez que el sensor deje de detectar el paso de cubiertos por un tiempo determinado.



Fig. 3-3: Ubicación del sensor fotoeléctrico

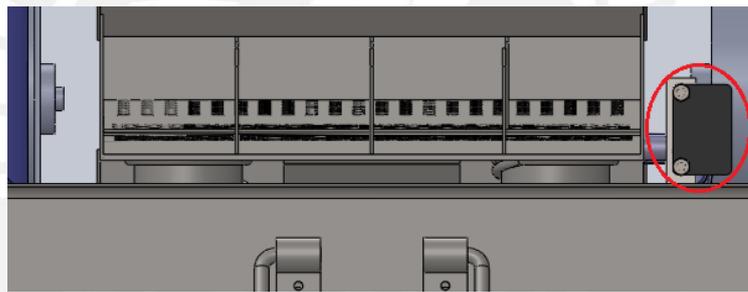


Fig. 3-4: A la derecha se observa el sensor fotoeléctrico. Vista frontal

3.2.1.2 Sensor de final de carrera

Se utilizarán dos sensores de final de carrera, también denominados interruptores de límite, modelo #1403 Snap-Action Switch with 50mm Lever: 3-Pin, SPDT 5A comercializados por Pololu Robotics & Electronics. Estos interruptores momentáneos serán utilizados en la opción normalmente abierto. A continuación se explica la función de los dos sensores a utilizar.

3.2.1.2.1 Recipiente de salida

Uno de los sensores de final de carrera será utilizado para verificar que el recipiente de salida esté presente y se encuentre en la posición correcta. Esta condición será verificada al encender el equipo, de no cumplirse se

encenderá una luz piloto en el panel de control y se impedirá el inicio del proceso de secado. Si durante el secado se retira el recipiente se detendrá el proceso. La figura 3-5 muestra las dos posiciones del sensor.

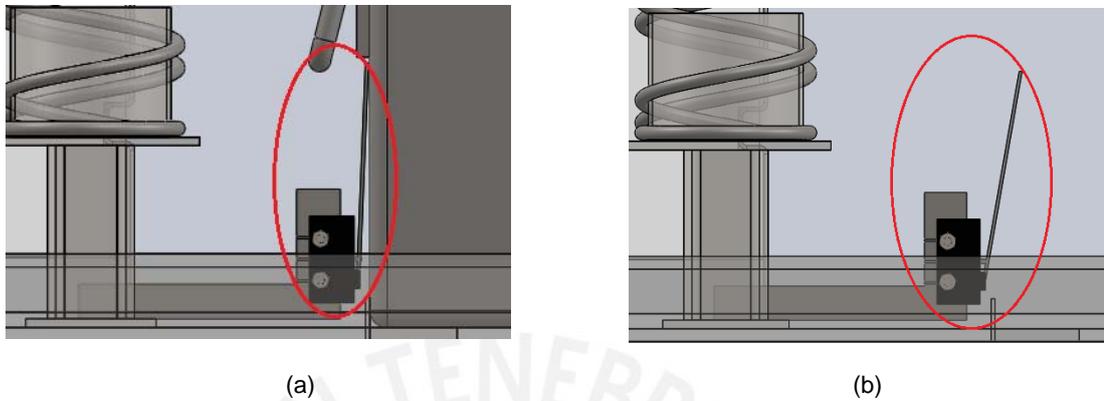


Fig. 3-5: (a) Sensor presionado detectando la presencia del recipiente (b) Sensor no presionado

3.2.1.2.2 Recipiente de drenaje de agua

El segundo sensor de final de carrera verificará la presencia del recipiente de drenaje de agua y además detectará cuando este esté lleno. Al igual que en el caso anterior se impedirá el inicio o se detendrá del proceso de secado y se encenderá una luz piloto si no se cumplen las condiciones adecuadas. En la figura 3-6 se muestra las dos posiciones del sensor, conforme el recipiente se va llenando la boya irá subiendo hasta el momento en que el interruptor deje de estar presionado.

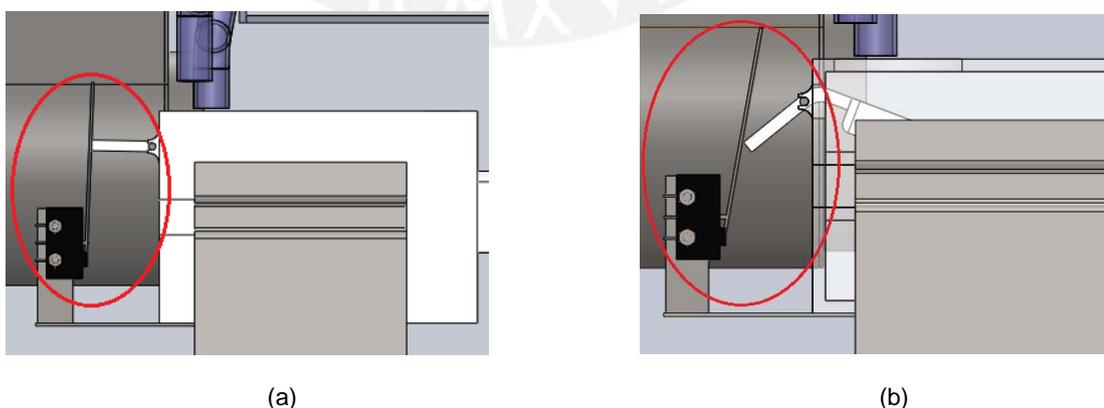


Fig. 3-6: (a) Sensor presionado detectando la presencia del recipiente. (b) Sensor no presionado, indica que el recipiente no está presente o que este está lleno como se observa en la figura.

3.2.2 Actuadores

3.2.2.1 Moto-vibrador

Se utilizarán dos moto-vibradores monofásicos MICRO MVE 21/3M 60HZ 220V de la marca OLI. Estos moto-vibradores tienen la opción de ajustar las masas excéntricas que generan el desbalance para obtener la fuerza centrífuga deseada. En el Anexo 1 se encuentran los cálculos de vibraciones. Se detalla a continuación la ubicación y función de cada vibrador:

3.2.2.1.1 Bandeja vibratoria superior

Para la bandeja superior se usará el moto-vibrador regulado para una fuerza centrífuga de 20 kg. El objetivo de la vibración en esta zona es forzar a los cubiertos que ingresaron en forma desordenada a irse acomodando conforme se desplazan hacia la parte inferior para caer a la siguiente bandeja. Los topes de la bandeja superior ayudan a ordenar los cubiertos y la inclinación de 2 grados de la base permite su desplazamiento. La figura 3.7 muestra la ubicación del moto-vibrador.

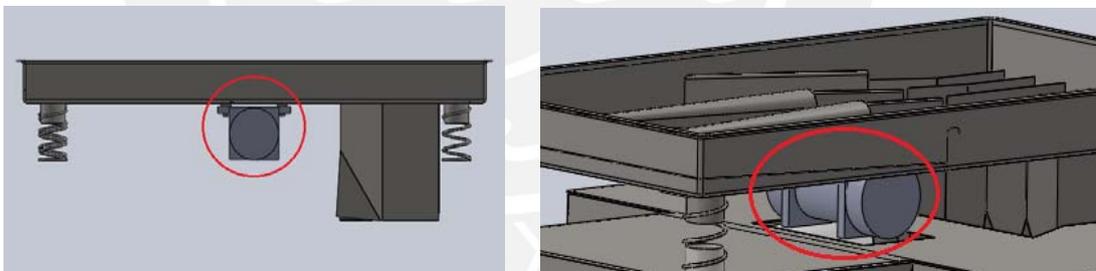


Fig. 3-7: Ubicación del moto-vibrador 1

3.2.2.1.1 Bandeja vibratoria inferior

Para la bandeja inferior se usará el moto-vibrador regulado para una fuerza centrífuga de 8 kg. El objetivo de la vibración en esta zona es desplazar los cubiertos hacia el área de soplado de aire para que luego sean almacenados en la bandeja de salida. La inclinación de 3 grados de la base permite su desplazamiento. La figura 3.8 muestra la ubicación del moto-vibrador.

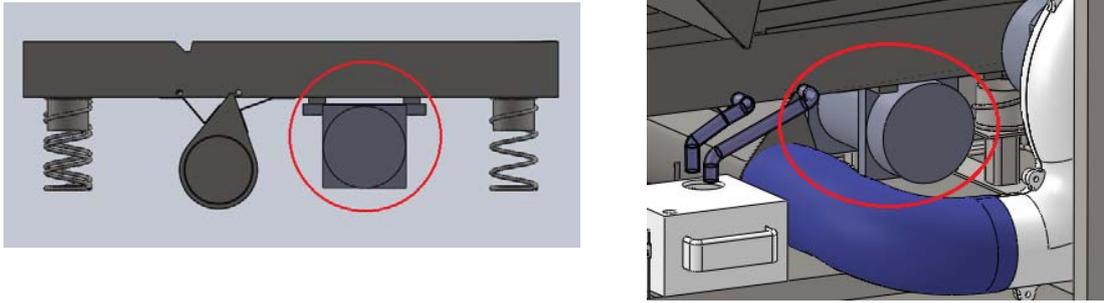


Fig. 3.8: Ubicación del moto-vibrador 2

Ambos moto-vibradores irán sujetos a la parte inferior de las bandejas mediante cuatro tornillos M5 como se muestra en la figura 3-9. El cálculo para la selección del tornillo se encuentra en el Anexo 4.

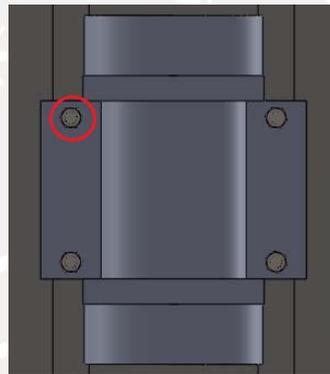


Fig. 3-9: Sujeción de los moto-vibradores

3.2.2.2 Motor universal AC

El soplado de aire a los cubiertos se realizará en dos etapas, primero por la parte inferior y luego por la parte superior de los mismos. Para ello se cuenta con dos ventiladores centrífugos que forzarán el aire a través de los inyectores. Estos ventiladores serán accionados cada uno por un motor universal alimentado por corriente alterna modelo U9835-001 de la marca Johnson Motor. La selección de las características del motor se encuentra en el Anexo 3. Las figuras 3-10 y 3-11 muestran la ubicación de los actuadores.

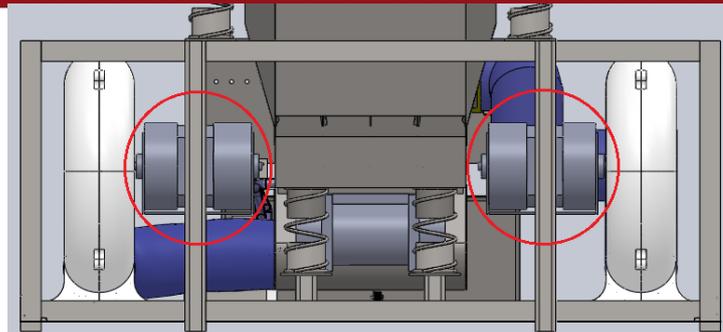


Fig. 3-10: Ubicación de los motores universales, vista posterior del sistema

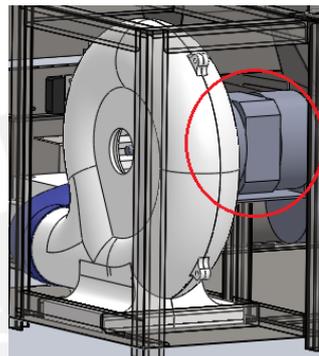
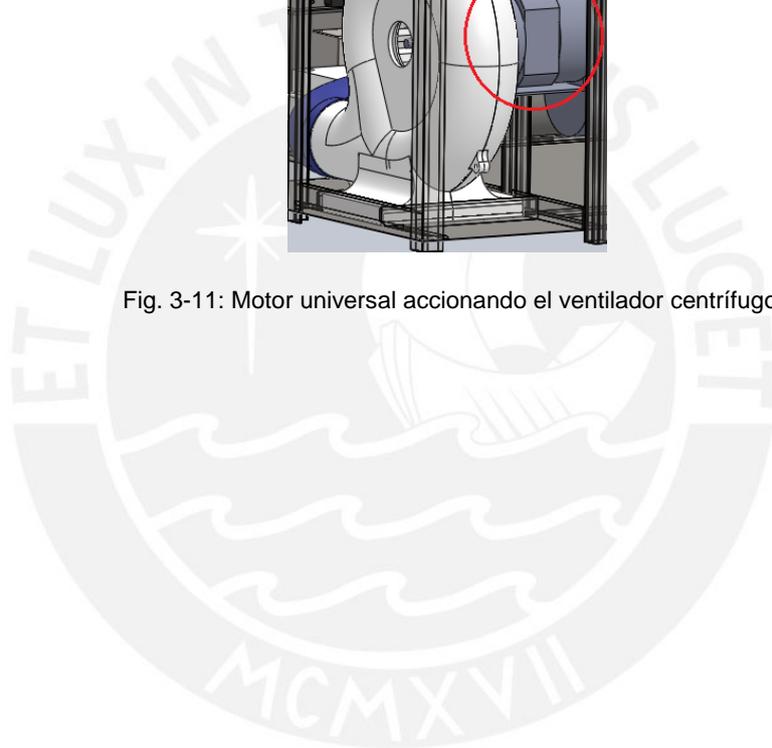


Fig. 3-11: Motor universal accionando el ventilador centrífugo



3.3 Planos del sistema mecatrónico

En esta sección se presenta una explicación de las partes principales del sistema mecatrónico. Para mayor detalle ver el Anexo 10 (Planos mecánicos).

3.3.1 Bandeja vibratoria superior

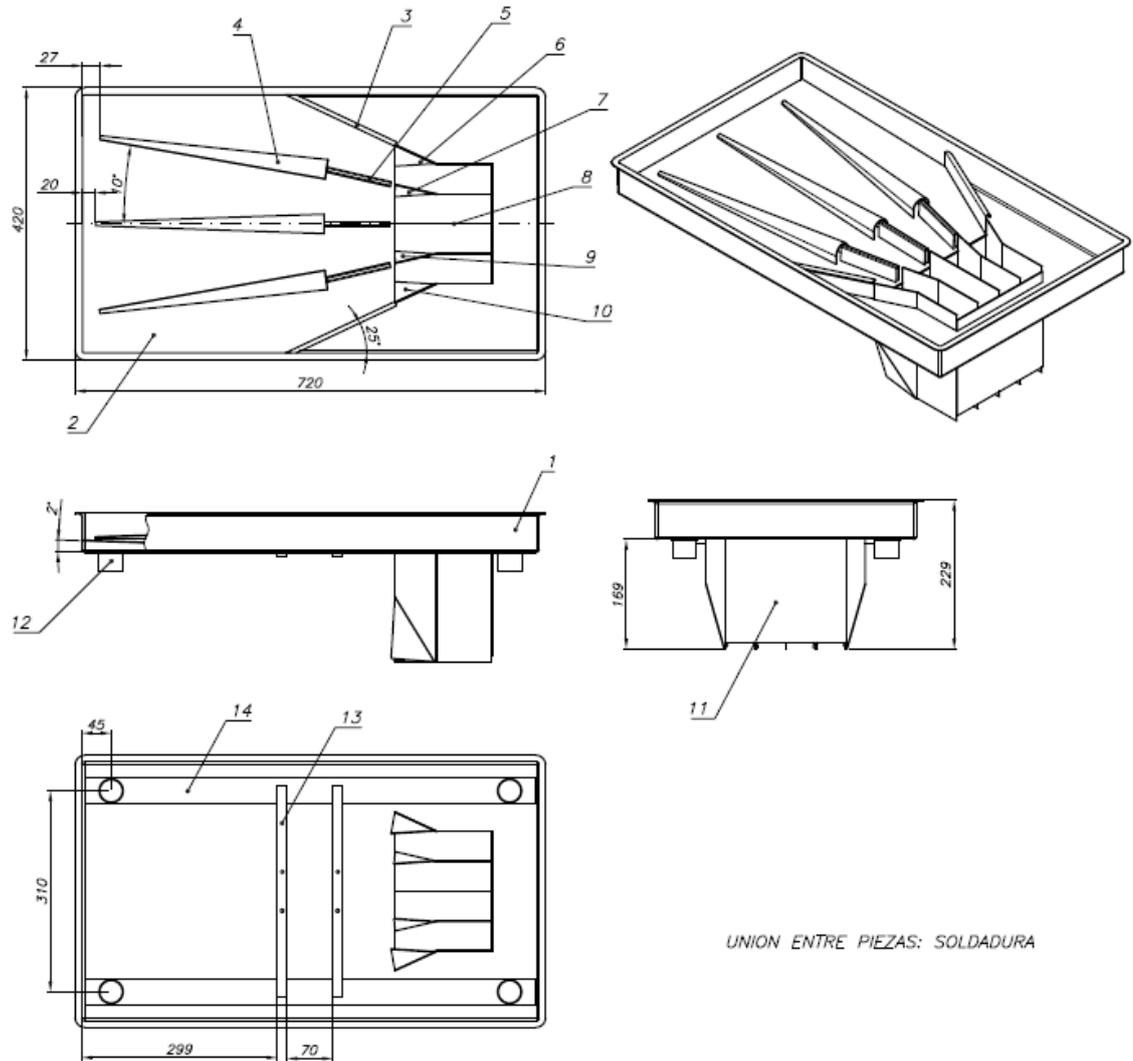


Fig. 3-12: Ensamblaje de la Bandeja vibratoria superior, plano RS_EM

En la figura 3-12 se muestra el plano de ensamblaje de la bandeja vibratoria superior. El usuario deberá verter en esta bandeja ubicada en la parte superior del sistema los cubiertos a ser secados. Esta bandeja no está cubierta por la carcasa del sistema para facilitar el ingreso de los cubiertos por lo cual las piezas deben tener un acabado satinado. La vibración ocasionará que los cubiertos sean

orientados y desplazados hacia el ducto de caída. Todas las piezas son de acero inoxidable AISI 304 y las uniones son mediante soldadura TIG.

A continuación se detallan las partes de la bandeja superior.

I. Bandeja principal

Se trata de una bandeja elaborada con plancha de acero inoxidable de 1 mm de espesor. Los bordes superiores sobresalen 1 cm y están redondeados en las esquinas para evitar accidentes. Cuenta con un corte en la base por donde caerán los cubiertos. La figura 3-13 muestra la bandeja principal.

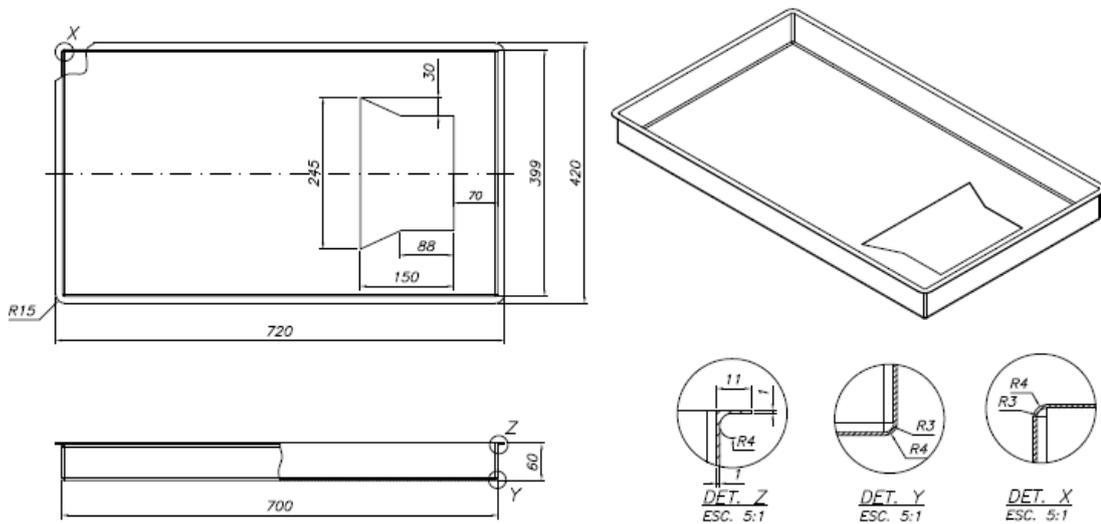


Fig. 3-13: RS bandeja principal, plano RS_P1

II. Plancha inclinada

Esta plancha de acero inoxidable de 1 mm de espesor será soldada a la bandeja principal con una inclinación de 2 grados respecto a la horizontal para orientar a los cubiertos hacia el ducto de caída. La figura 3-14 muestra la plancha inclinada.

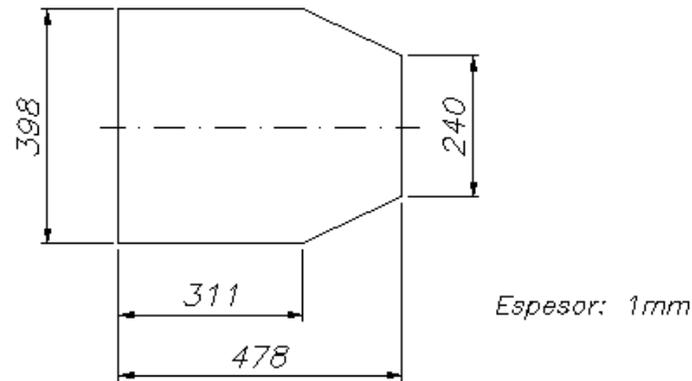


Fig. 3-14: RS plancha inclinada, plano RS_P2

III. Separadores

Se muestran en la figura 3-15. Están elaborados con chapa de acero inoxidable de 1mm de espesor. Se ubican de manera que orienten los cubiertos longitudinalmente en la dirección del desplazamiento. Van soldados a la plancha inclinada.

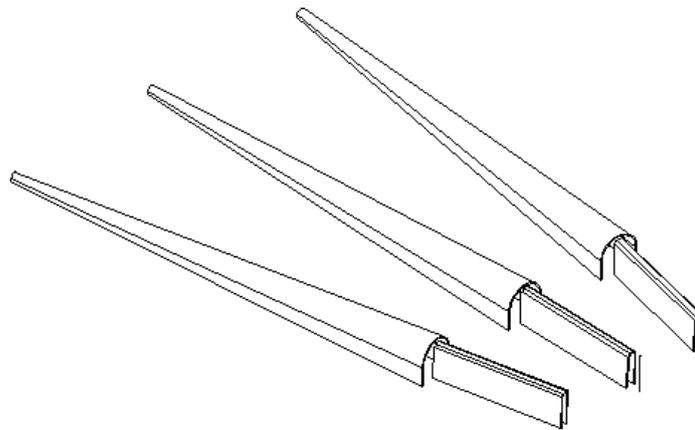


Fig. 3-15: Separadores. Planos RS_T3 y RS_T_IN

IV. Ducto de caída

En el ducto de caída hay cinco topes cuya función es la de evitar que los cubiertos se mezclen al caer y garantizar que caigan correctamente alineados en la bandeja inferior. Están hechos de plancha de acero inoxidable de 1 mm doblada. En la figura 3-16 se muestra uno de los topes.

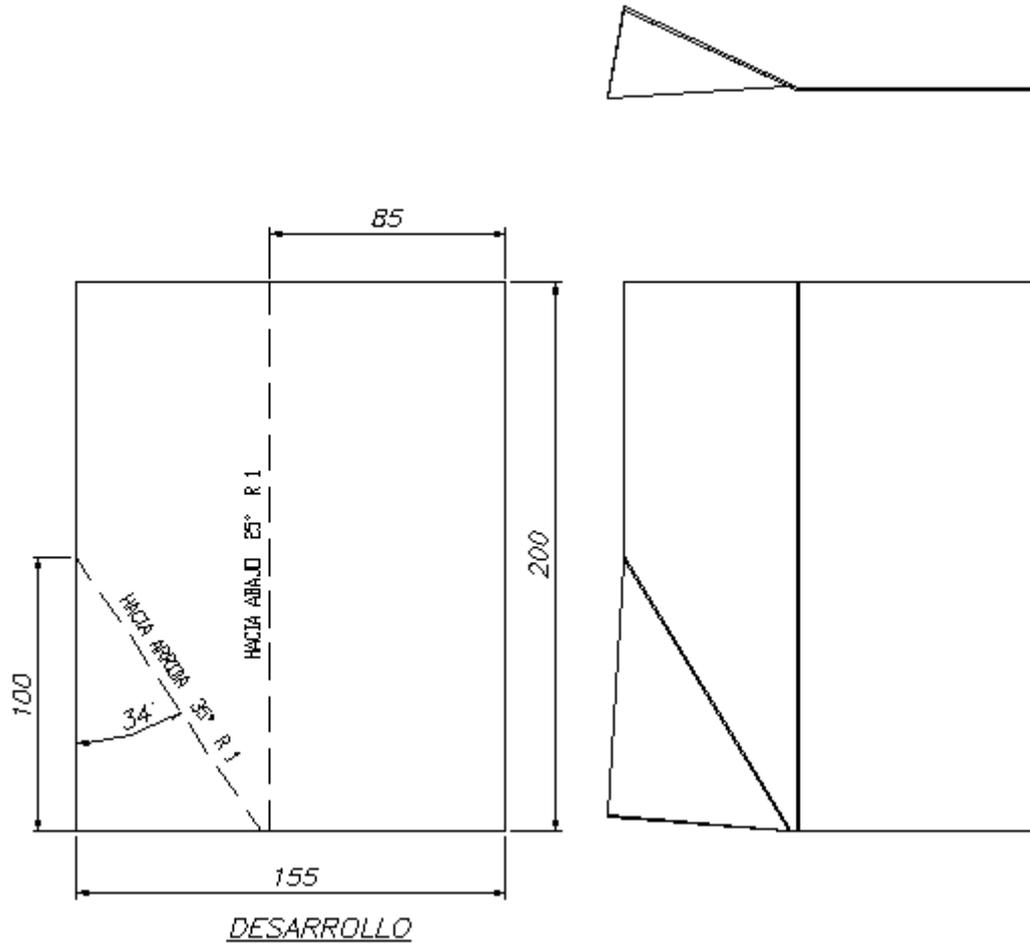


Fig. 3-16: Ducto caída 1, plano RS_CI_C1

V. Soporte motovibrador 1

Esta pieza va soldada a la parte externa de la base inferior. Son dos soportes con rosca interna M5 a los cuales se atornillará el moto-vibrador.

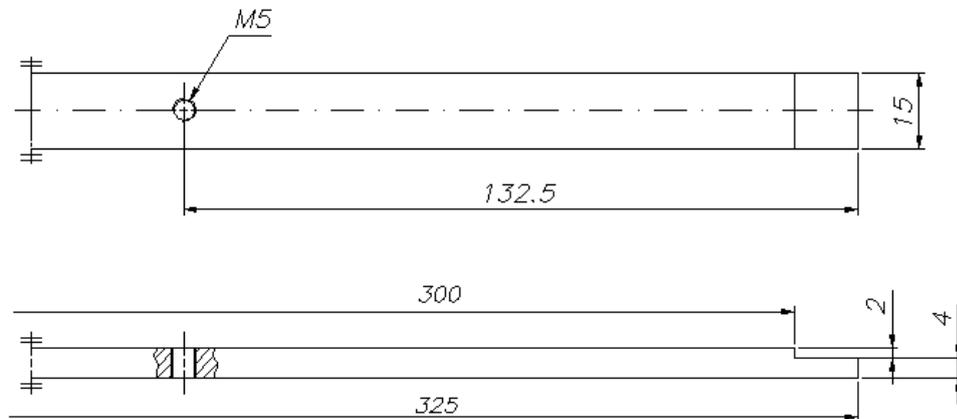
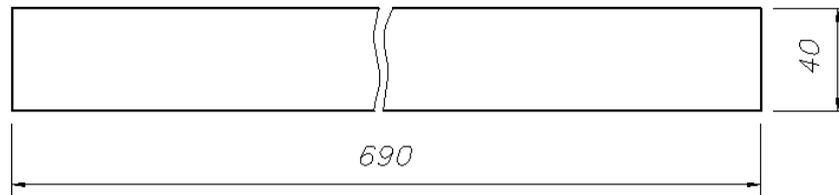


Fig. 3-17: Soporte motovibrador 1. Plano RS_AT

VI. Estabilizador

Esta platina de 2mm de espesor tiene la función de brindarle rigidez a la bandeja vibratoria.

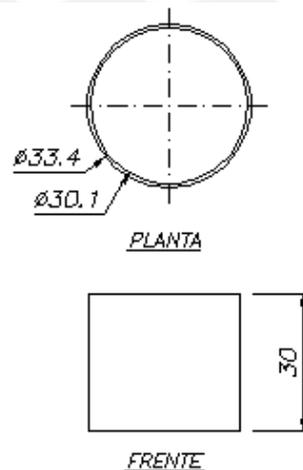


Espesor: 2mm

Fig. 3-18: Estabilizador. Plano RS_SL

VII. Soporte resorte

Se muestra en la figura 3-19. Consiste en un tubo de una pulgada de diámetro nominal, de 30 milímetros de largo. Son en total cuatro piezas soldadas a los estabilizadores de la base de la bandeja principal, en las cuatro esquinas de esta. Sirven de guía a los resortes que absorberán la vibración generada por el moto-vibrador. Esta misma pieza forma parte también de la bandeja vibratoria inferior que se detallará más adelante.



Tubo 1 pulg SCH. 5S

Fig. 3-19: Soporte resorte. Plano RS_SR

3.3.2 Bandeja vibratoria inferior

En la figura 3-20 se muestra el plano de ensamblaje de la bandeja vibratoria inferior. Esta bandeja cumple la función de desplazar los cubiertos hacia la zona de soplado de aire y de permitir el drenaje del agua sobrante. Luego del secado los cubiertos caerán al recipiente de salida. Todas las piezas son de acero inoxidable AISI 304 y las uniones son mediante soldadura TIG.

A continuación se detallan las partes principales de la bandeja inferior.

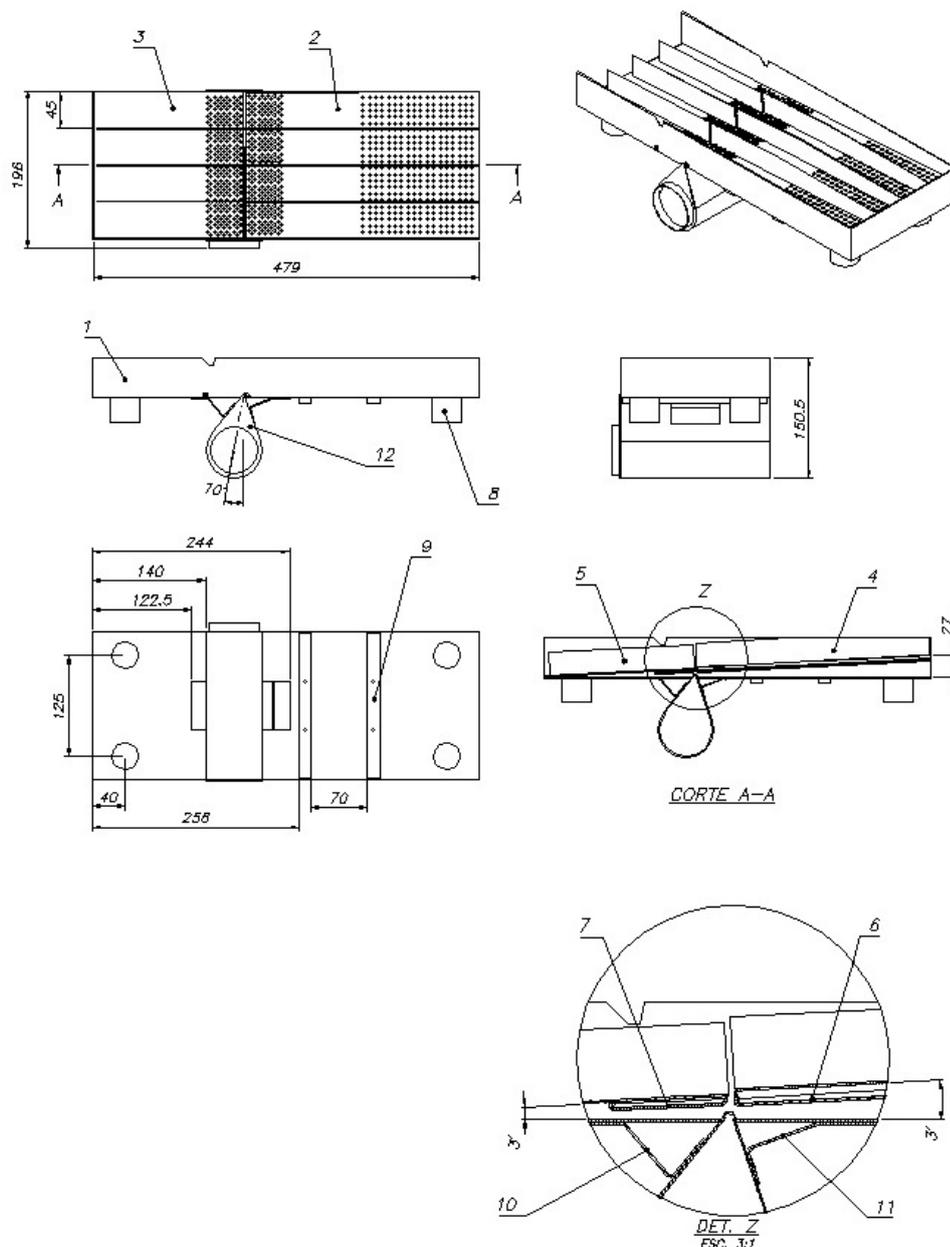


Fig. 3-20: Bandeja vibratoria inferior. Plano RI_EM

I. Bandeja principal

Esta pieza mostrada en la figura 3-21 está elaborada a partir de una plancha de acero inoxidable de 1.5 mm de espesor. La bandeja está abierta de un lado para permitir la salida de los cubiertos. En la base tiene una rendija a la cual irá soldado uno de los inyectores de aire. Cuenta también con dos agujeros en la cara frontal por los cuales se drenará el agua.

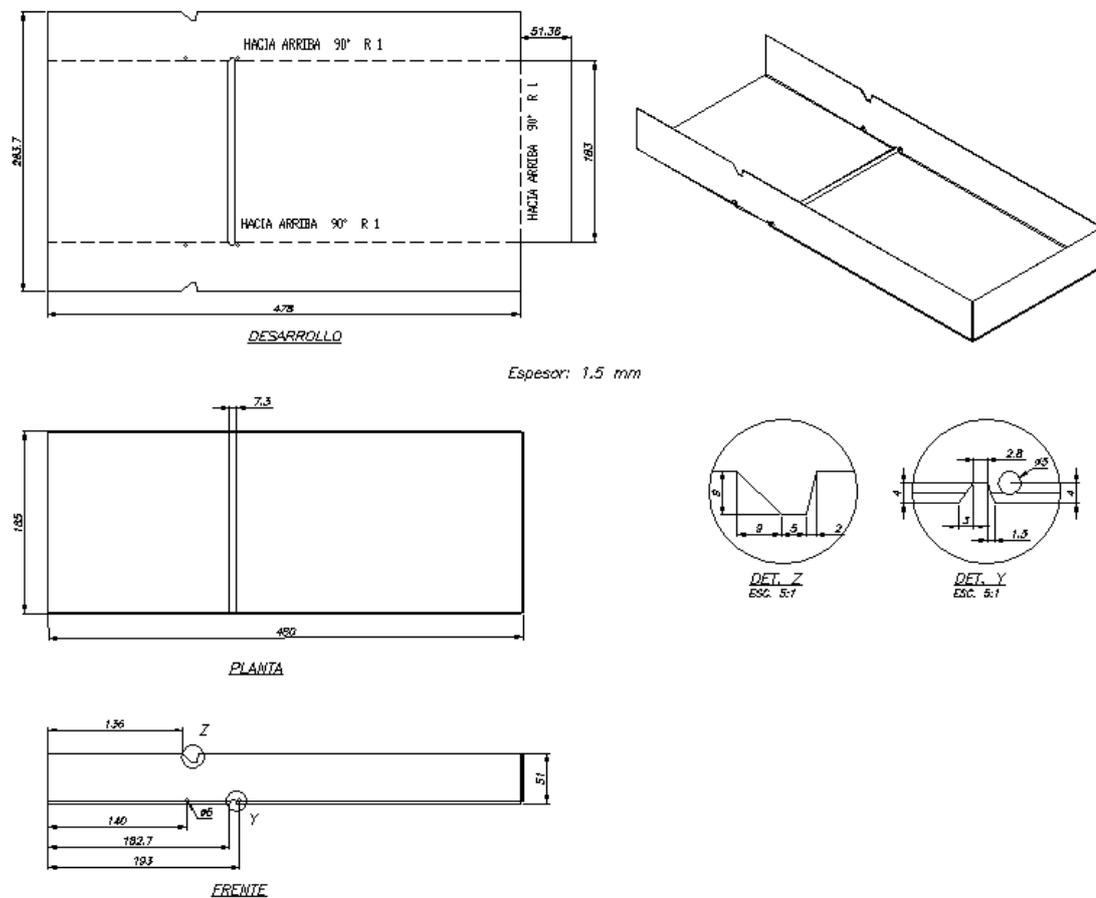


Fig. 3-21: RI bandeja principal. Plano RI_PT1

II. Plancha inclinada 1

La figura 3-22 muestra la plancha inclinada 1 de 1 mm de espesor. Será colocada con una inclinación de 3 grados respecto de la horizontal para permitir el desplazamiento de los cubiertos durante el soplado de aire. Tiene dos matrices de perforaciones de 4 mm de diámetro para permitir el drenaje del agua. Este tamaño de agujero permite el paso del agua y garantiza que ninguno

de los cuatro tipos de cubiertos se enganchará. La zona derecha corresponde al área donde caerán los cubiertos procedentes de la bandeja superior. La zona izquierda drenará el agua procedente del soplado de aire por la parte inferior de los cubiertos.

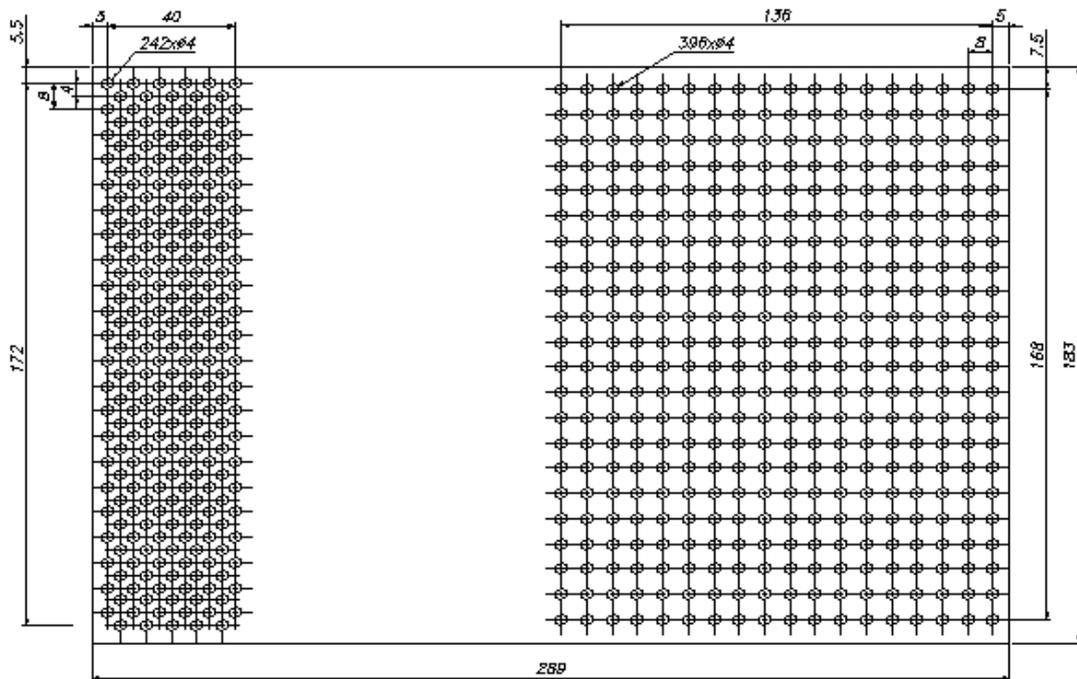


Fig. 3-22: RI plancha inclinada 1. Plano RI_I_PT1

III. Plancha inclinada 2

La figura 3-23 muestra el plano de la plancha inclinada 2. Es de 1mm de espesor y tiene una matriz de agujeros en la zona derecha para permitir el drenaje del agua del proceso de secado de la parte superior de los cubiertos. Tendrá una inclinación de 3 grados con la horizontal y su borde derecho tendrá una separación horizontal de 3 mm y una separación vertical de 2 mm con el borde izquierdo de la plancha inclinada 1 para permitir el soplado de aire por la parte inferior de los cubiertos.

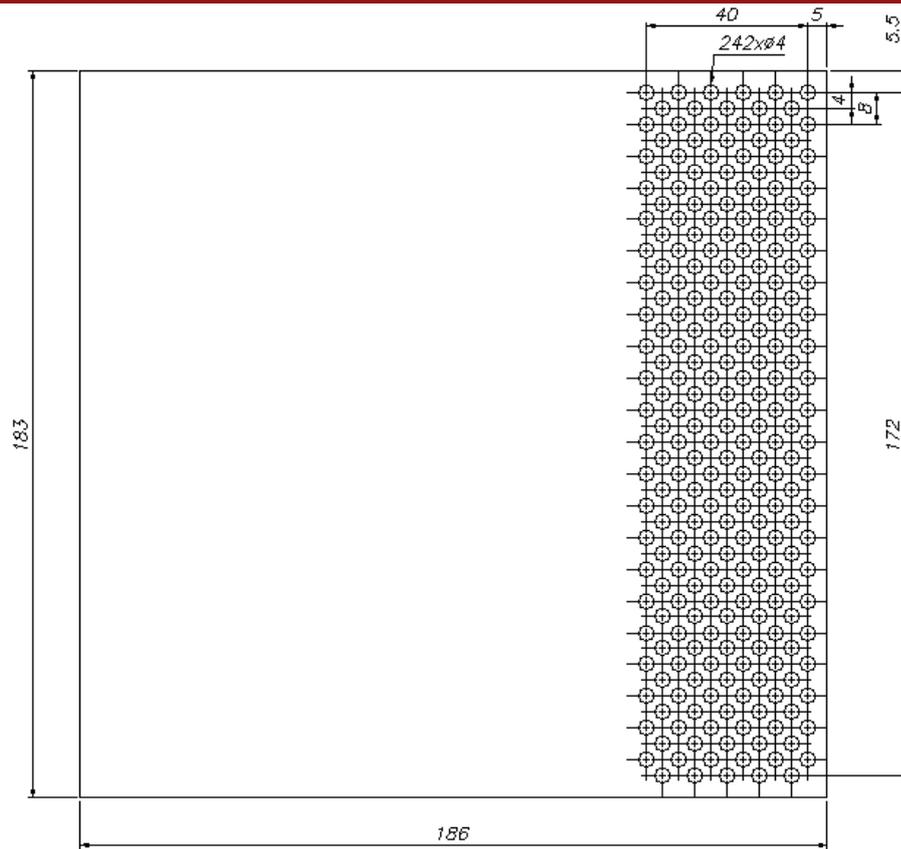
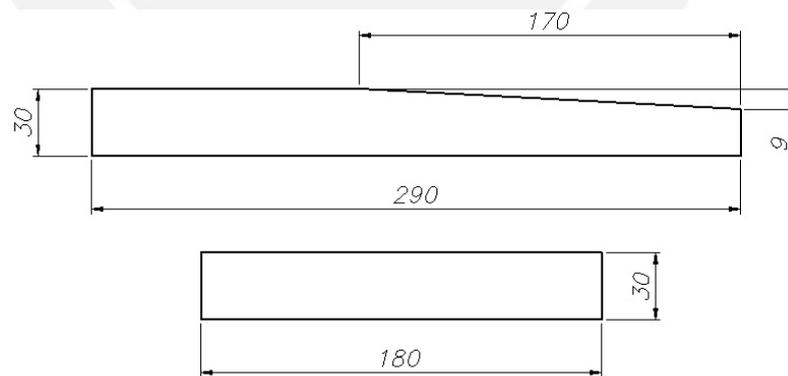


Fig. 3-23: RI plancha inclinada 2. Plano RI_I_PT2

IV. Topes laterales



Espesor: 1mm

Fig. 3-24: Topes laterales. Planos RI_L y RI_L2

Estos topes irán soldados a las planchas inclinadas para que los cubiertos mantengan su orientación y evitar que se mezclen.

V. Platos de drenaje

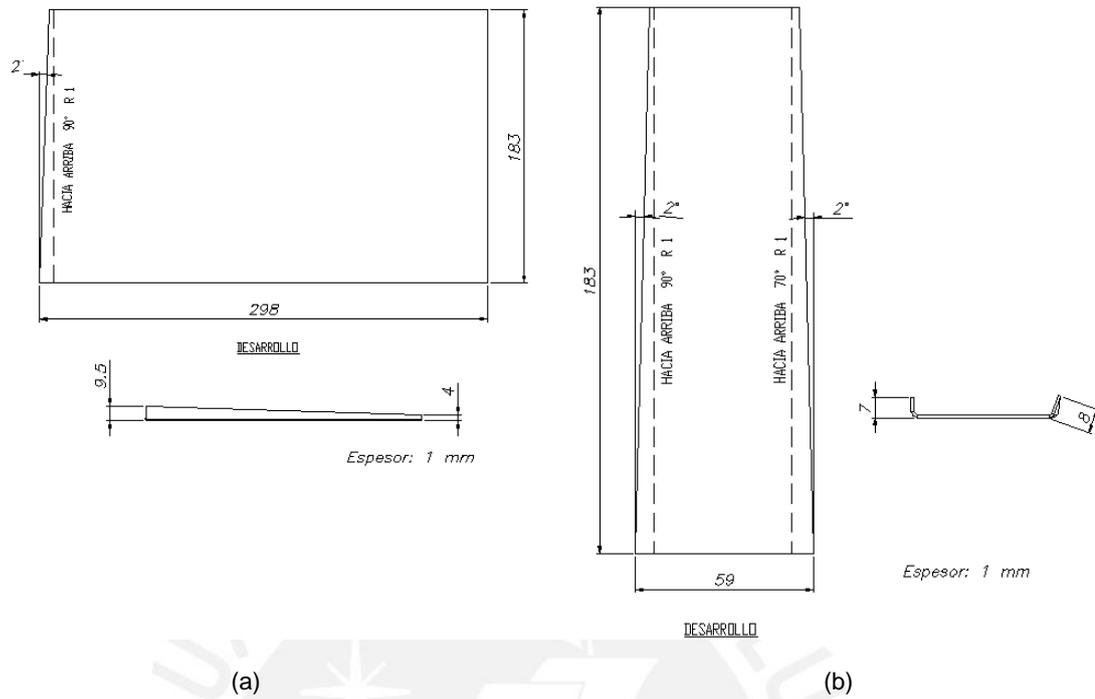


Fig. 3-25: Platos de drenaje. Planos RI_PD (a) y RI_PD2 (b)

Los platos de drenaje mostrados en la figura 3-25 van colocados debajo de las planchas inclinadas. Tienen una inclinación con respecto al plano horizontal de 3 grados en la vista frontal y de 2 grados en la vista de perfil de modo que el agua es direccionada hacia los agujeros de drenaje de la bandeja principal.

VI. Soporte motovibrador 2

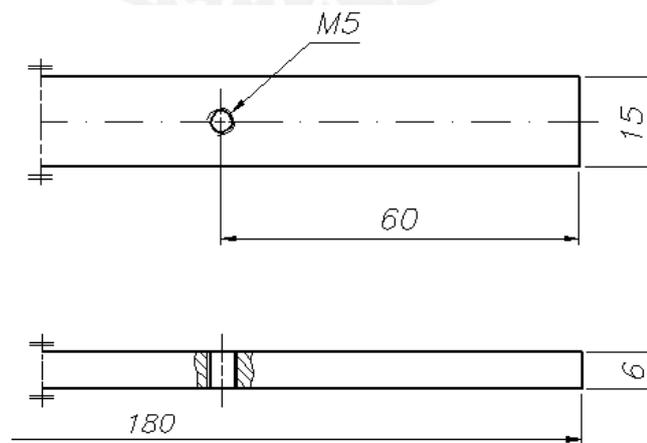


Fig. 3-26: Soporte motovibrador 2. Plano RI_AM

Esta pieza mostrada en la figura 3-26 va soldada a la parte externa de la base inferior de la bandeja principal. Son dos soportes. Cada uno posee dos agujeros con rosca interna M5 a los cuales se atornillará el moto-vibrador.

VII. Soporte inyector

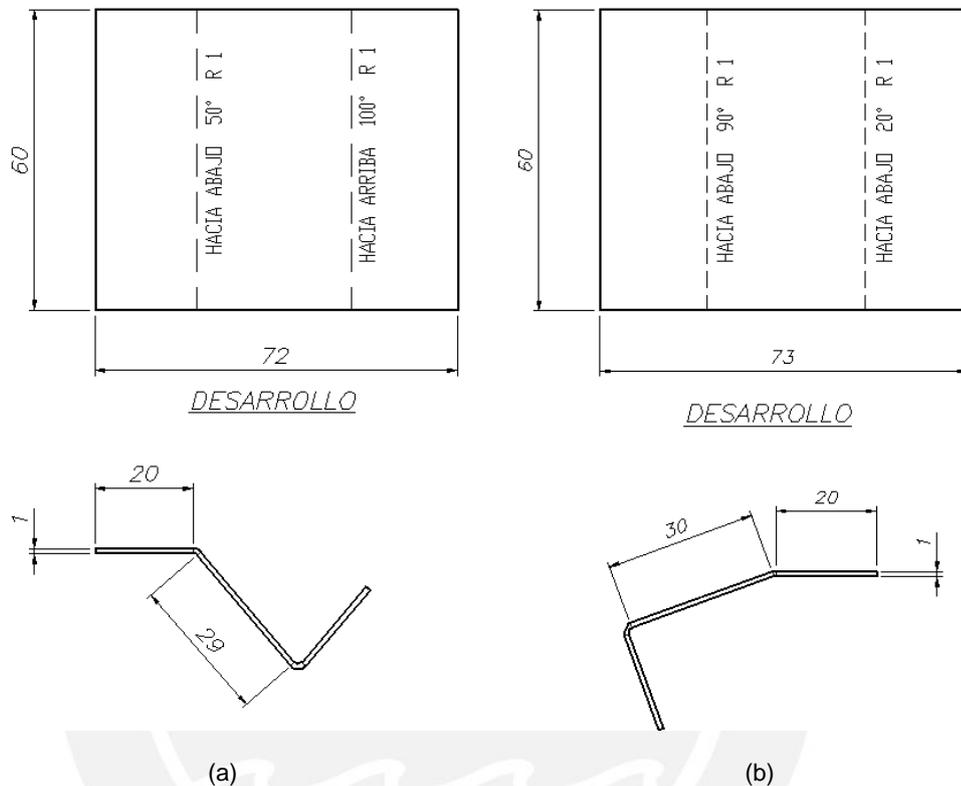


Fig. 3-27: Soporte inyector. Plano RI_SI_1 (a) y RI_SI_2 (b)

En la figura 3-27 se muestran los soportes para el inyector que forma parte de la bandeja vibratoria inferior. Están fabricados de plancha de acero inoxidable de 1 mm de espesor e irán soldados al inyector y a la bandeja principal. El inyector se detalla a continuación como un componente aparte.

3.3.3 Inyector de aire

La figura 3-28 muestra el inyector de aire. El sistema cuenta con dos de estos inyectores. Para optimizar el secado estos serán montados con una inclinación de 10 grados respecto a la vertical [3], de manera que la cortina de aire salga en dirección opuesta al avance de los cubiertos. El Anexo 2 brinda información sobre el diseño del inyector de aire. Está elaborado con plancha de acero inoxidable 304

y consta de tres partes unidas mediante soldadura las cuales se detallan a continuación.

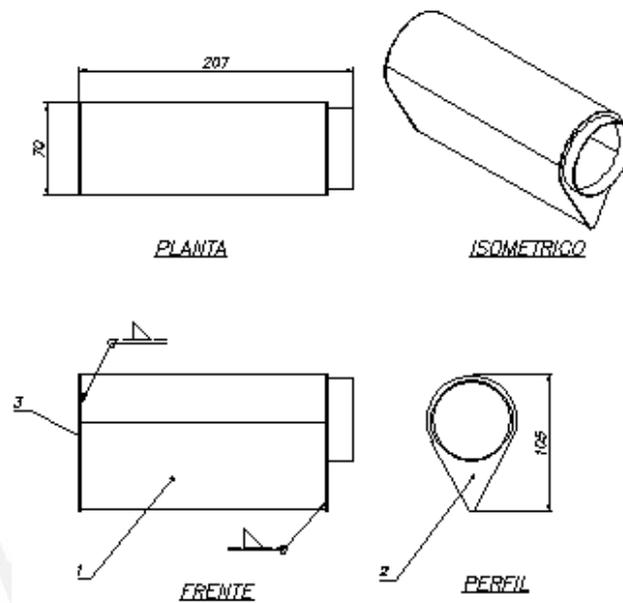


Fig. 3-28: Inyector de aire. Plano K_EM

I. Cuerpo inyector

El cuerpo inyector mostrado en la figura 3-29 está elaborado a partir de una plancha de acero inoxidable de 1.5 mm de espesor rodada en la zona intermedia con un radio interior de 35 mm. Los extremos se juntan formando una ranura de 3 mm de ancho en la parte inferior por donde saldrá el aire a alta velocidad.

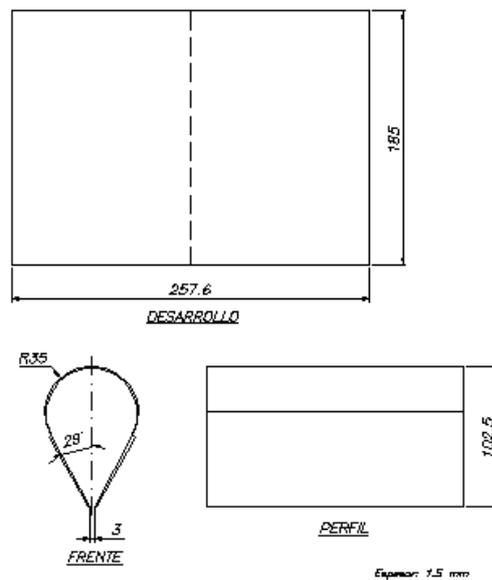


Fig. 3-29: Cuerpo inyector. Plano KNF_1

II. Ingreso inyector

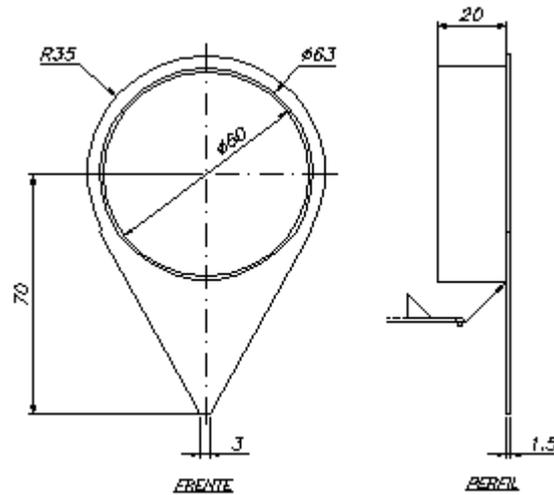


Fig. 3-30: Ingreso inyector. Plano KNF_T2

Esta pieza permite la conexión del inyector con la manguera de aire. Elaborada con plancha de acero inoxidable de 1.5 mm de espesor.

III. Tapa inyector

Elaborada a partir de plancha de acero inoxidable de 1.5 mm de espesor. Actúa como tapa para asegurar que el aire salga en su totalidad por la ranura de 3mm.

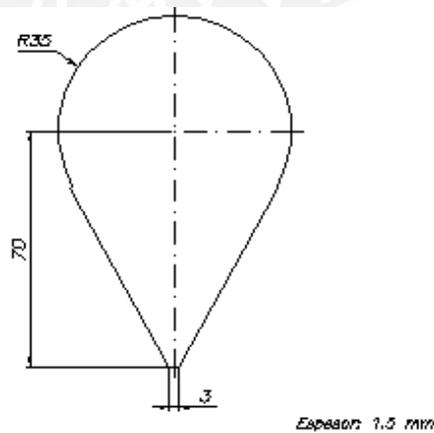


Fig. 3-31: Tapa inyector. Plano KNF_T1

3.3.4 Recipiente de salida

La figura 3-32 muestra el ensamblaje del recipiente de salida. En este recipiente se acumularán los cubiertos ya secos para que puedan ser retirados por el usuario una vez que se complete el proceso de secado. Está elaborado completamente en acero inoxidable 304. Consta de tres partes: el recipiente en sí, las asas y los sujetadores para las asas, los cuales irán unidos al recipiente mediante remaches. Los bordes superiores del recipiente sobresalen 1 cm y están redondeados en las esquinas para evitar bordes puntiagudos. El acabado debe ser satinado.

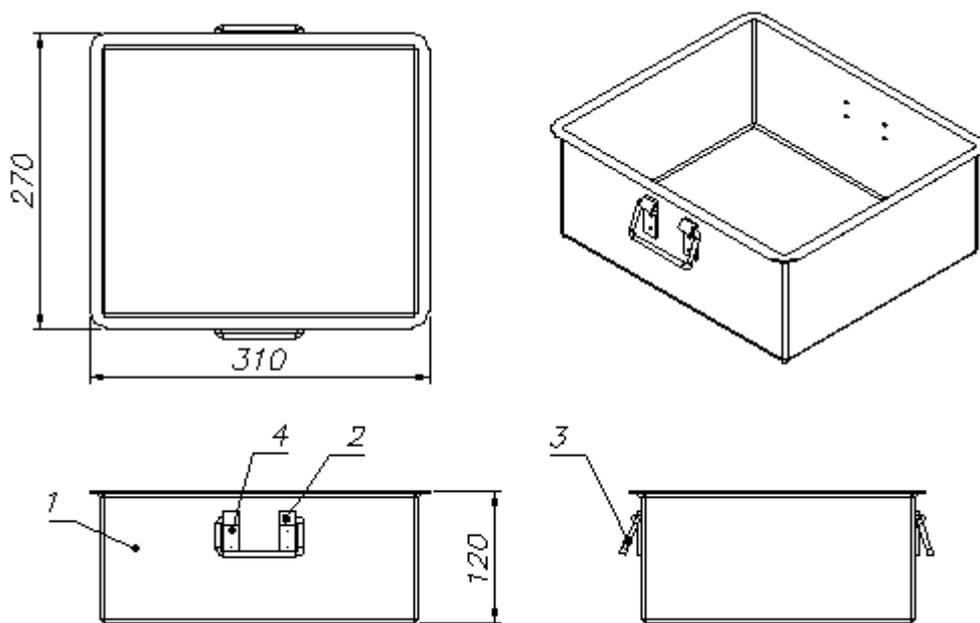


Fig. 3-32: Recipiente de salida, ensamblaje. Plano R_S_EM

3.3.5 Drenaje de agua

La figura 3-33 muestra el ensamblaje del recipiente de drenaje de agua. El agua drenada del proceso de secado es almacenada en este recipiente hasta que este llegue a su máxima capacidad. Cuando esto sucede el usuario debe retirar el recipiente y vaciar el agua. La capacidad del recipiente permite que se realicen varios ciclos de secado sin necesidad de que sea vaciado. El recipiente consta de dos partes que se detallan a continuación.

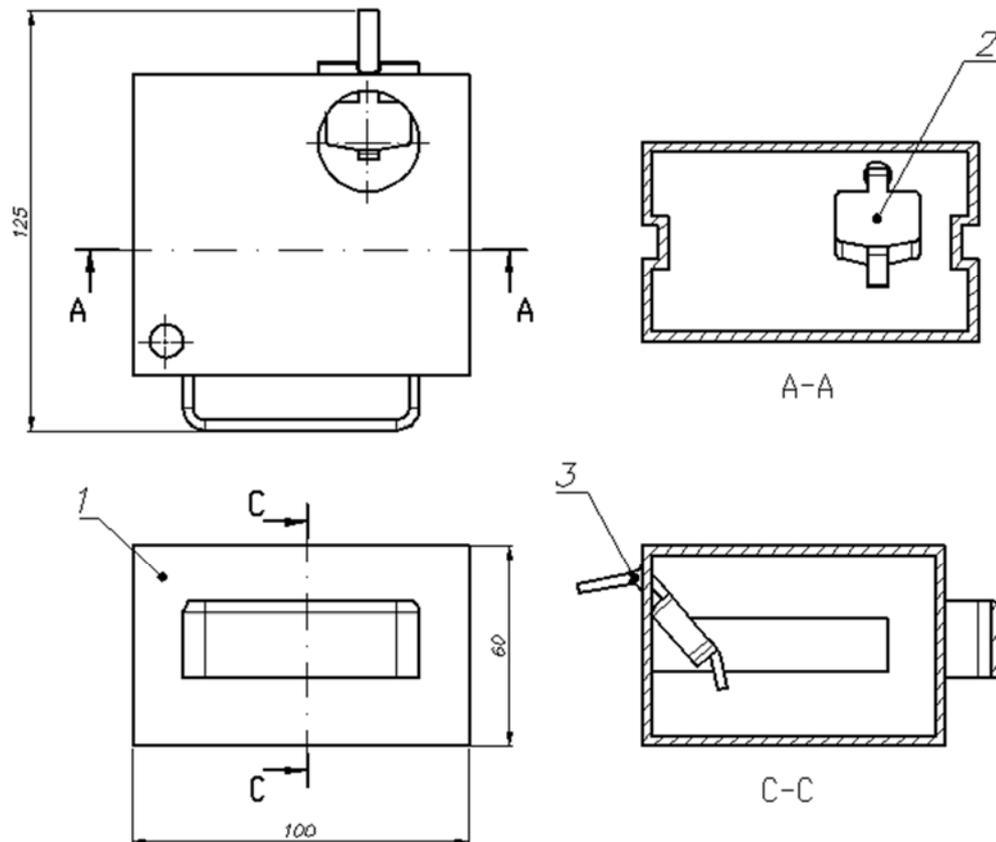


Fig. 3-33: Drenaje ensamblaje. Plano D_EM

I. Recipiente de drenaje de agua

El recipiente de drenaje de agua mostrado en la figura 3-33 será fabricado en ABS (acrilonitrilo butadieno estireno). Tiene un espesor de pared de 3 mm y una capacidad de 400 ml. En la parte superior cuenta con un agujero por donde ingresará y saldrá el agua y otro más pequeño para el ingreso de aire durante el vaciado. En la parte posterior hay un agujero por donde saldrá el tope de la boya que accionará el sensor de final de carrera. El recipiente es removible, por lo que posee una manija y hendiduras laterales que serán usadas como correderas para que sea colocado y retirado fácilmente.

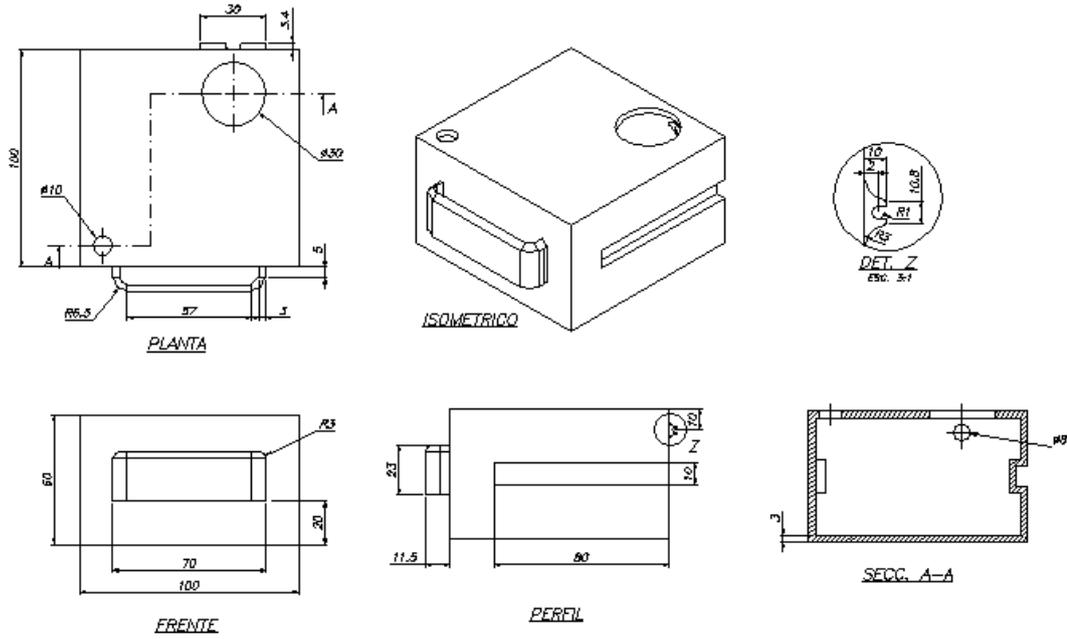


Fig. 3-33: Recipiente drenaje de agua. Plano REC_AQ

II.Boya

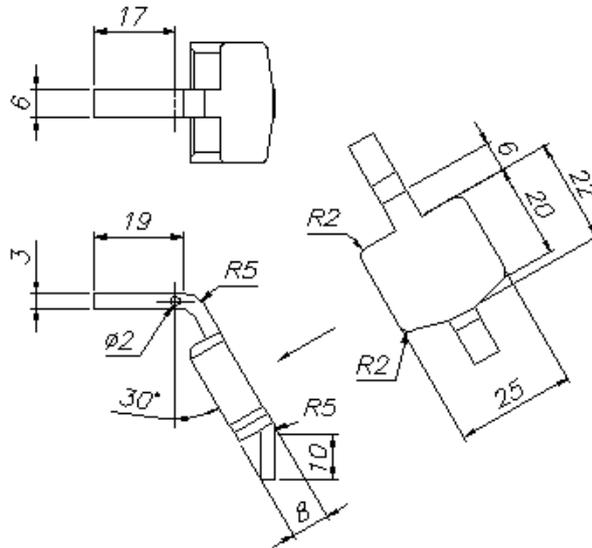


Fig. 3-34: Boya. Plano RAP_2

La figura 3-34 muestra el plano de la boya. Elaborada en ABS para que pueda flotar, posee una saliente curva con un agujero lateral por el cual se colocará un pin para acoplarla al recipiente de drenaje de manera que quede pivotada para permitir el giro conforme se va llenando el recipiente. Esta saliente será la que esté en contacto con el sensor final de carrera.

3.3.6 Ventilador centrífugo

En la figura 3-35 se muestra el plano de ensamblaje del ventilador centrífugo. Este consta de dos cubiertas, unidas mediante cinco tornillos M4, y las aspas del tipo inclinadas hacia atrás. Las consideraciones del diseño se encuentran en el Anexo 3. A continuación se detalla cada pieza.

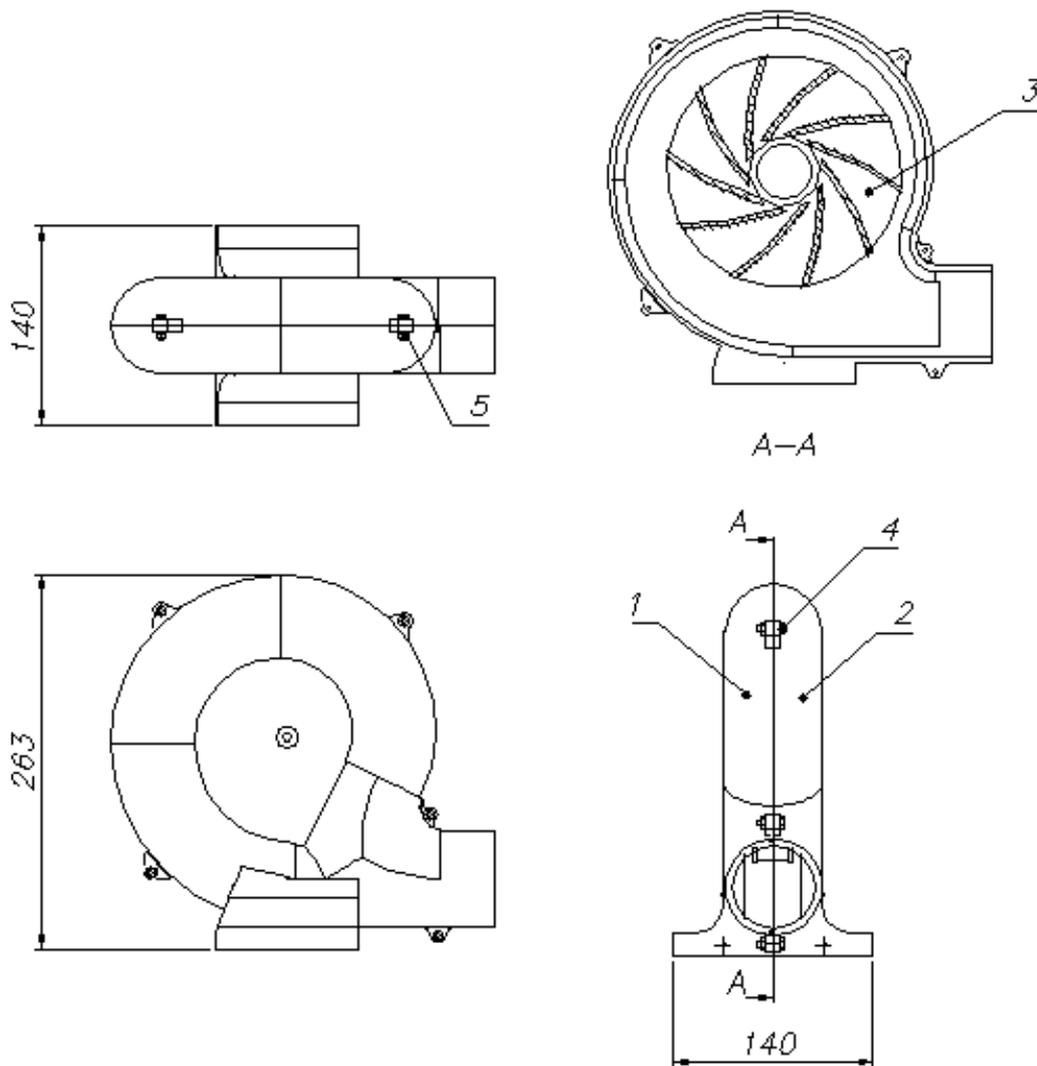


Fig. 3-35: Ventilador centrífugo. Plano V_EM

I. Aspas

La figura 3-36 muestra las aspas del ventilador. Serán fabricadas en ABS para obtener un bajo peso, ya que girarán a 15000 rpm. Irán directamente acopladas al eje del motor universal mediante un acople para hélices tipo pinza, generando una transmisión por fricción. Son del tipo inclinadas hacia atrás por

lo cual de acuerdo a la vista mostrada en el plano el giro debe ser en el sentido de las agujas del reloj. El arreglo consta de diez aspas ubicadas entre dos discos de 2 mm de espesor que le dan mayor robustez.

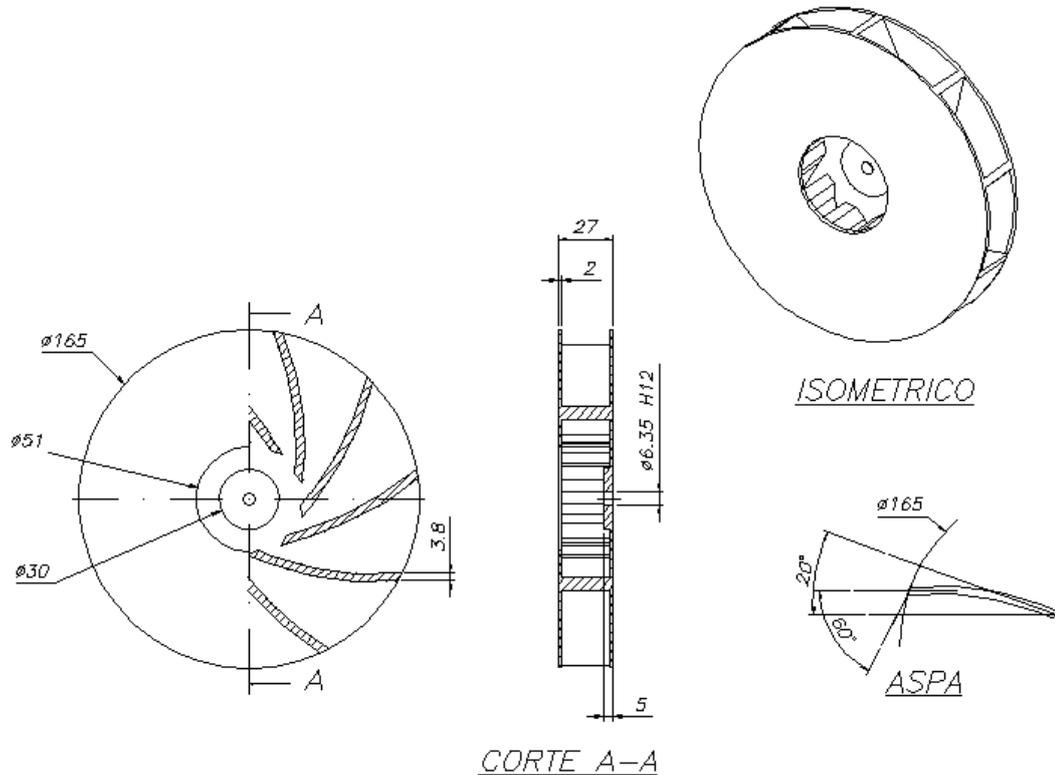


Fig. 3-36: Aspas de ventilador. Plano VENT_1

II. Cubierta 1

La cubierta 1 mostrada en la figura 3-37 está fabricada en ABS debido a su forma compleja. Posee cinco salientes con agujero M4 para permitir la unión con la cubierta 2. Para garantizar la hermeticidad al momento de la unión tiene en todo el borde una saliente de 2 mm que encajará en una muesca de la otra cubierta. En la parte central cuenta con un agujero de 40 mm por donde se dará el ingreso de aire. La salida se produce por un ducto de 60 mm de diámetro interior que cumple además la función de difusor. El ventilador irá fijado a la estructura metálica del sistema por lo cual cuenta con una base rectangular para facilitar su fijación, en esta base tiene un agujero roscado M5.

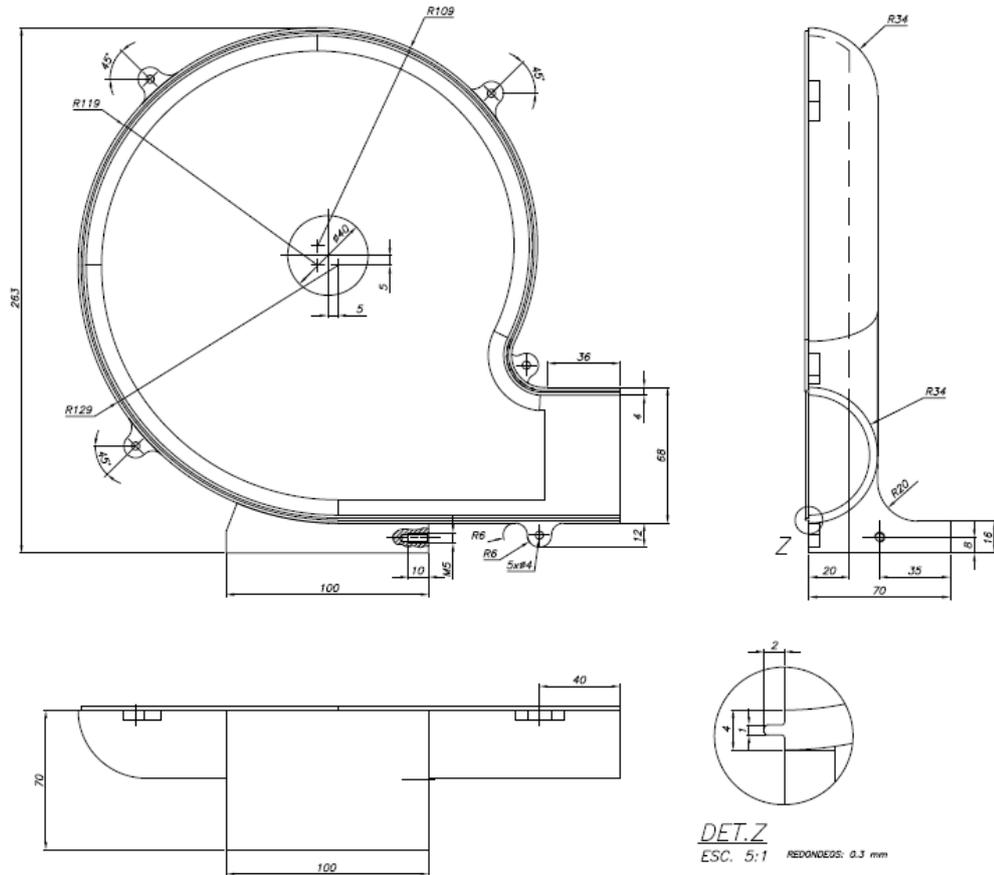


Fig. 3-37: Cubierta ventilador 1. Plano VENT_C1

III. Cubierta 2

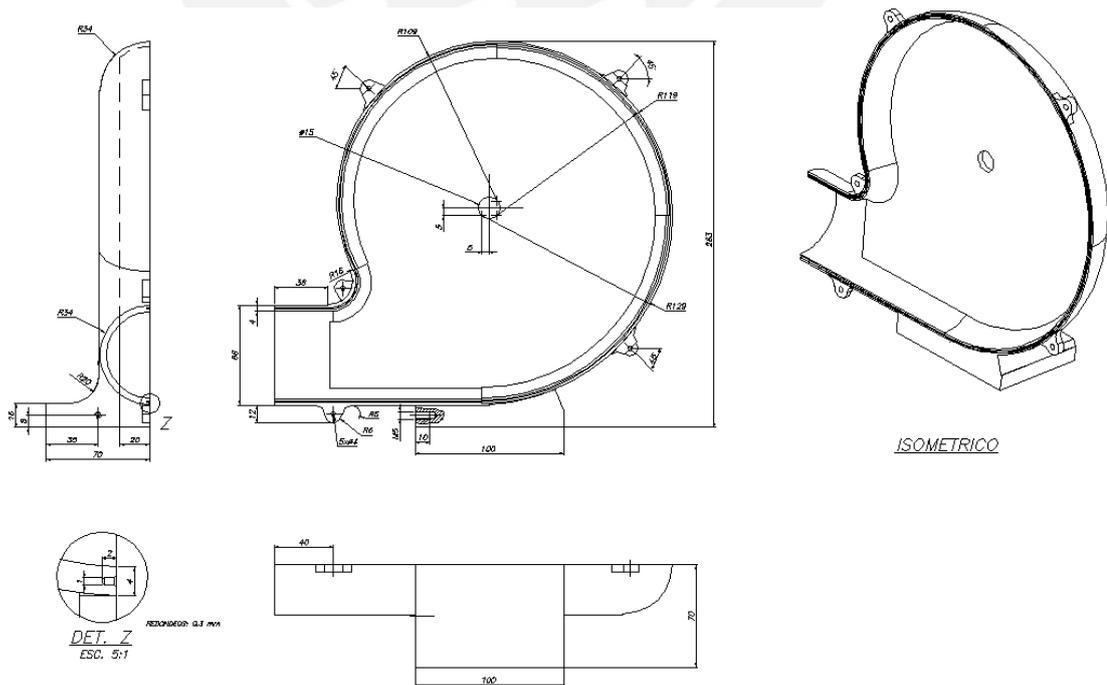


Fig. 3-38: Cubierta 2. Plano VENT_C2

La cubierta 2 mostrada en la figura 3-38 es similar a la cubierta 1, solo que el agujero de la parte central es de solo 15 mm para el ingreso del eje del motor, y en lugar de una saliente a lo largo del borde en contacto con la otra cubierta tiene una muesca para asegurar la hermeticidad.

IV. Soporte motor universal

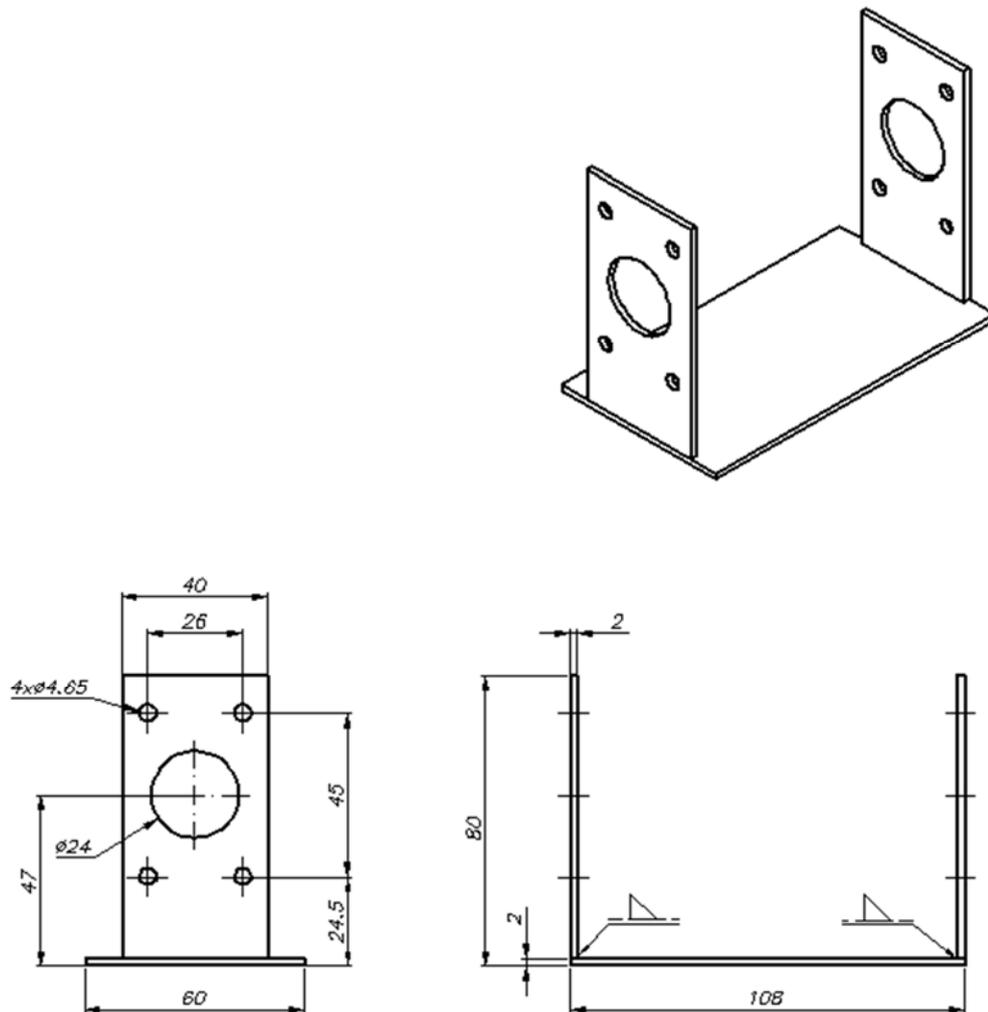


Fig. 3-39: Soporte motor ventilador. Plano SM_V

El motor universal será emperrado al soporte mostrado en la figura 3-39. Está fabricado con planchas de acero A36 de 2 mm de espesor unidas por soldadura. Este soporte irá soldado en su base a la estructura metálica que se detalla a continuación.

3.3.7 Estructura metálica

La estructura metálica de la figura 3-40 sirve como soporte a todo el sistema. Está fabricada en su totalidad en acero ASTM A36. Los soportes verticales principales son tubos cuadrados de 20 mm de lado y 2 mm de espesor para darle estabilidad a la máquina. Los soportes horizontales, así como la estructura de soporte de los ventiladores están fabricados con perfiles angulares L de 20 mm de lado y 3 mm de espesor. Para los soportes del recipiente vibratorio inferior, el recipiente de salida, el inyector superior de aire y el recipiente de drenaje se usan platinas transversales de 2 mm de espesor. También incluye los soportes para los motores de los ventiladores y soportes para los sensores y la tarjeta electrónica principal. En el anexo 4 se encuentra el cálculo de resistencia de los soportes de la bandeja vibratoria inferior.

Las uniones serán mediante soldadura. La estructura será galvanizada en caliente de acuerdo a la norma ASTM A 123 para evitar la oxidación y corrosión del acero.

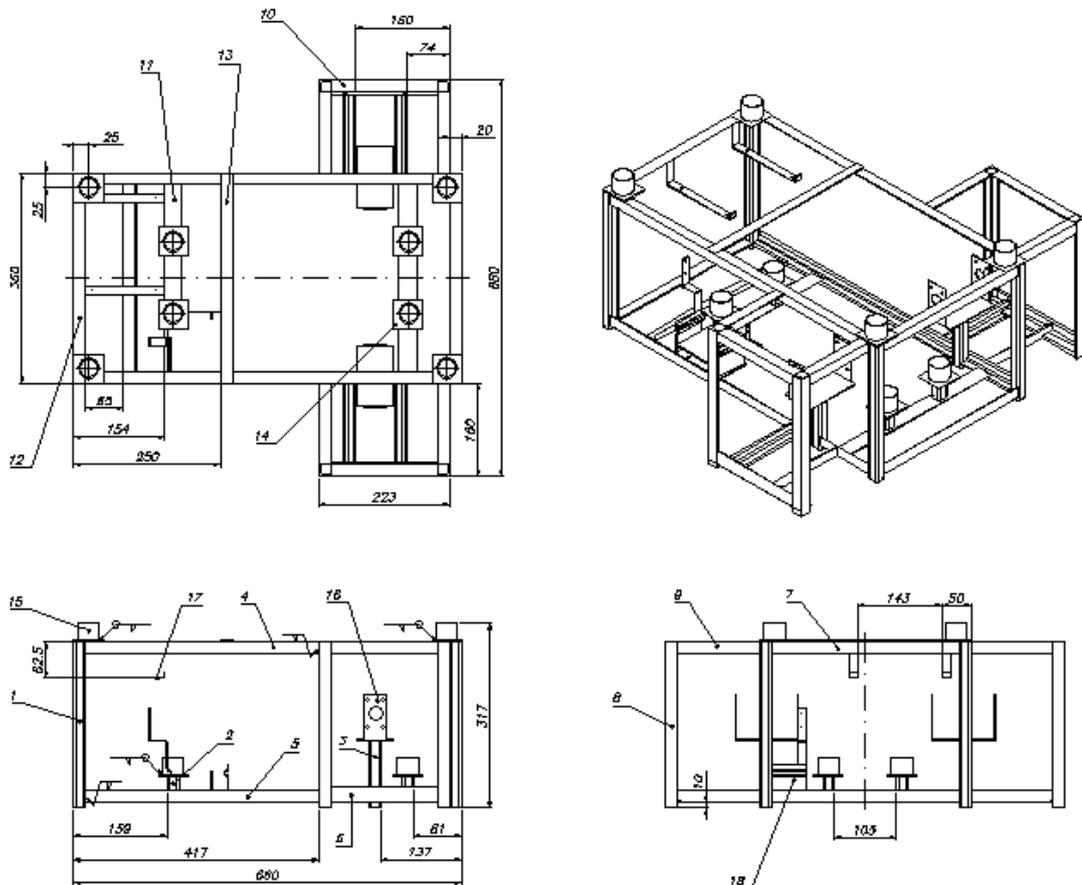


Fig. 3-40: Estructura metálica. Plano MC_EM

3.3.8 Carcasa

La carcasa está elaborada de chapa de acero inoxidable AISI 304. Irá atornillada a la estructura metálica por medio de tornillos autorroscantes DIN 7049 ST 2.9x6.5 para chapa metálica. El acabado será satinado.

Está compuesta por siete partes: Las carcasas Superior, Inferior, Posterior y dos Laterales elaboradas de un espesor de plancha de 0,8 mm; y las carcasas Frontal y Salida de 1 mm de espesor. Estas partes se muestran en las imágenes 3-41 a 3-45.

Las carcasas Laterales tienen rendijas de ventilación para el ingreso de aire a los ventiladores, una de ellas tiene un corte rectangular para permitir retirar el recipiente de drenaje de agua. La carcasa Frontal es donde se instalarán los pulsadores y luces piloto del panel de control. La “carcasa Salida” cumple la función de asegurar que el recipiente de salida se coloque correctamente y evitar que se mueva al momento que caen los cubiertos.

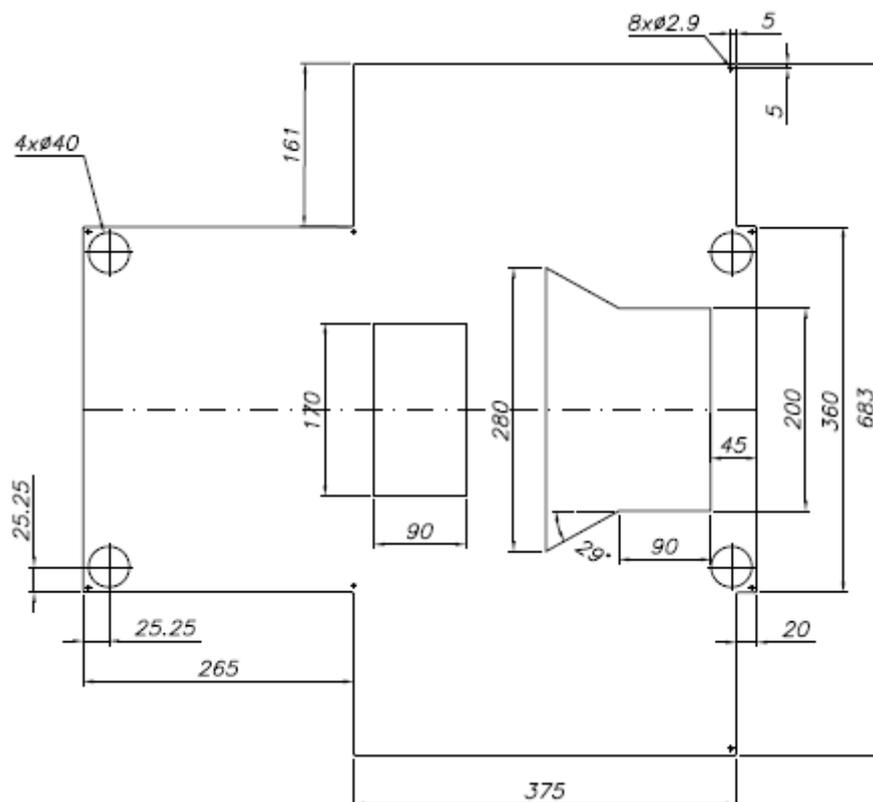


Fig. 3-41: Carcasa Superior. Plano C_SUP

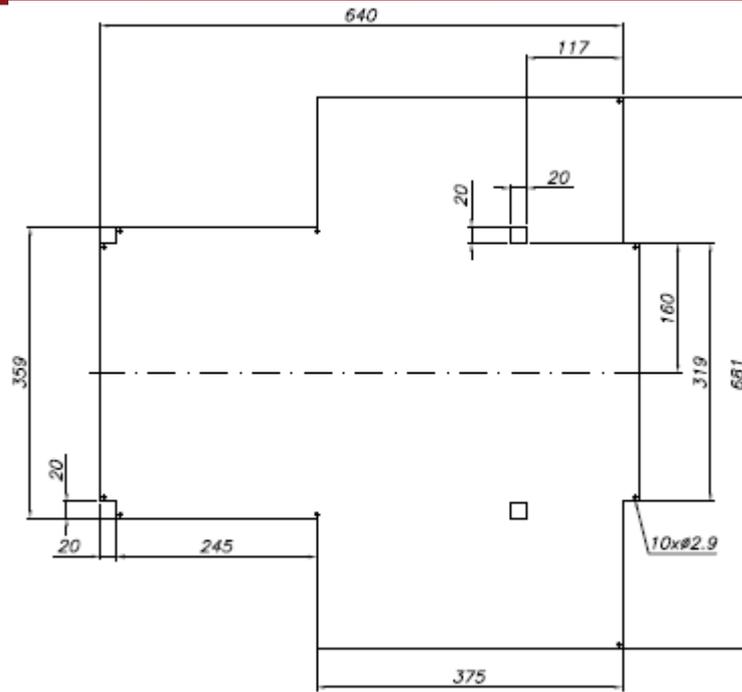
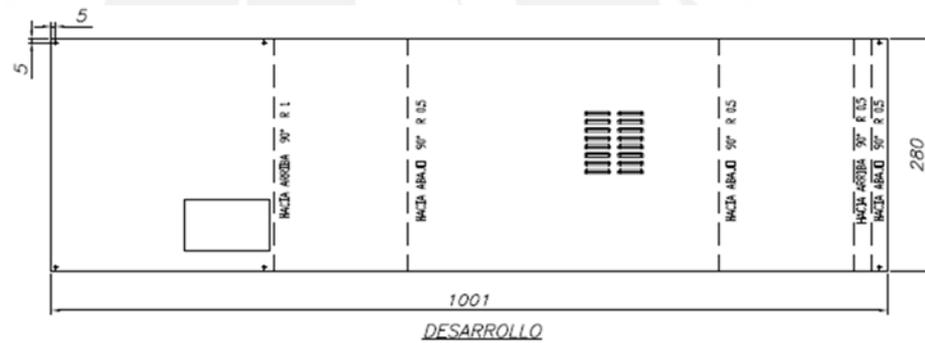


Fig. 3-42: Carcasa Inferior. Plano C_INF



Espesor: 0.8 mm

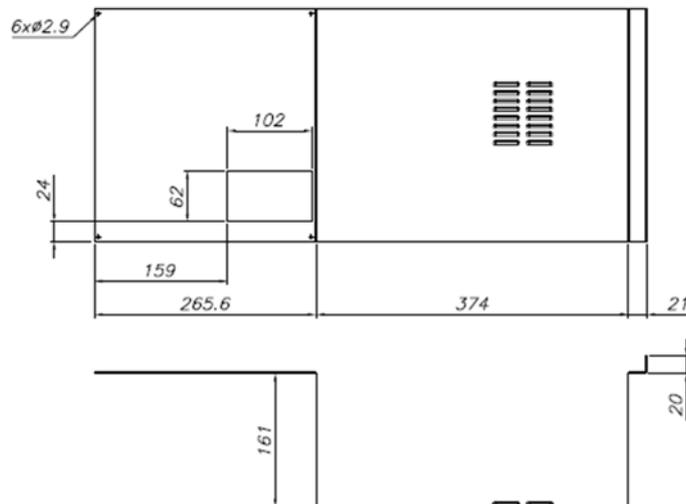


Fig. 3-43: Carcasa lateral 1. Plano C_LAT_1

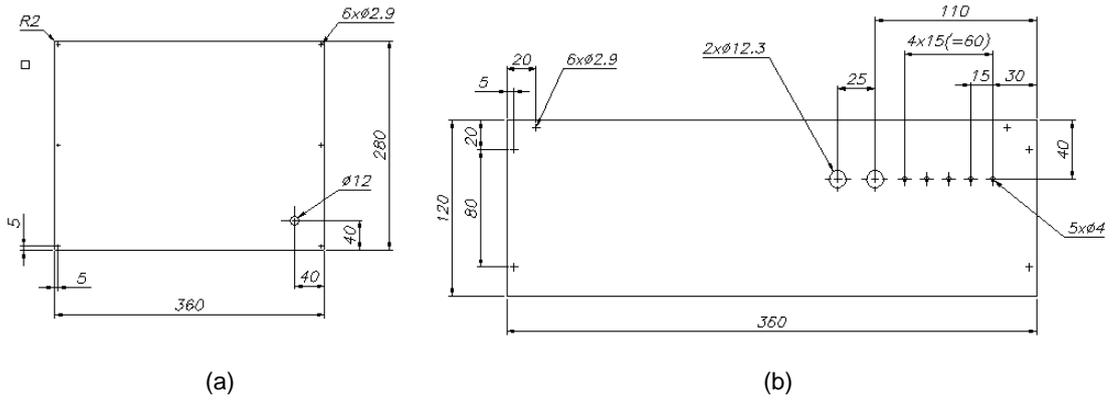


Fig. 3-44: Carcasas (a) Posterior y (b) Frontal. Planos C_POS y C_FR

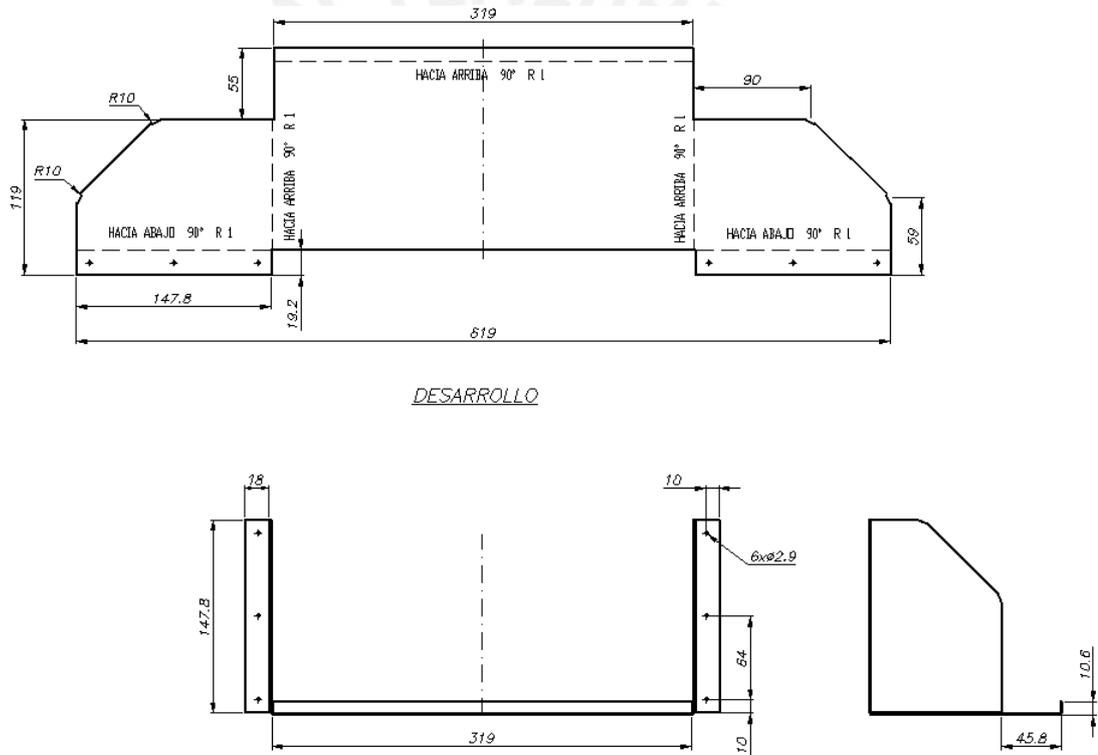


Fig. 3-45: "Carcasa Salida". Plano C_BS

3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico

Se presenta a continuación los diagramas esquemáticos de los circuitos electrónicos del sistema mecatrónico. En el Anexo 7 se encuentra el diseño para los circuitos impresos. Para mayor detalle sobre los componentes ver el Anexo 9.

3.4.1 Circuito de control

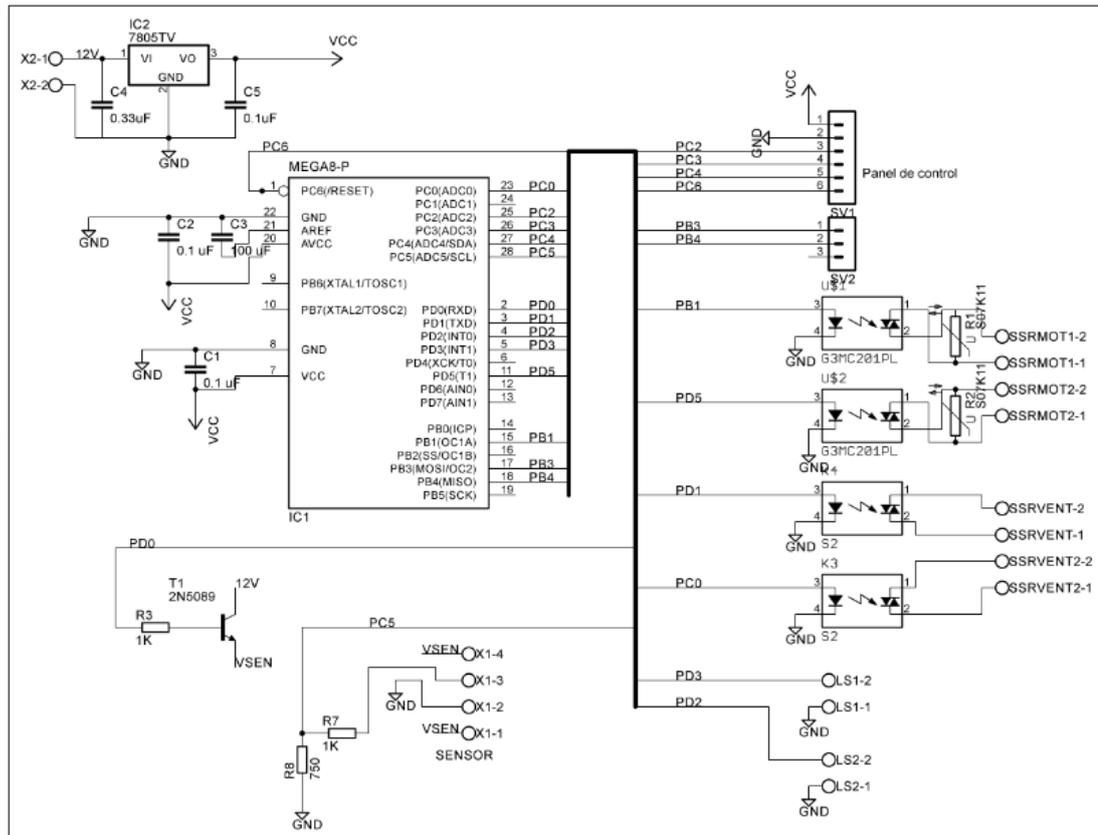


Fig. 3-46: Diagrama esquemático del circuito de control

En la figura 3-46 se observa el diagrama esquemático de la tarjeta principal del sistema. Esta tarjeta se encarga de realizar el control de todo el sistema mecatrónico mediante el microcontrolador ATmega8. El microcontrolador trabaja con 5 V DC; sin embargo, el sensor fotoeléctrico requiere un voltaje entre 10 y 30 V DC para su correcto funcionamiento. Por ello se usará una fuente rectificadora que convierta 220 V AC en 12 V DC para alimentar al sensor, los cuales serán luego convertidos en 5 V DC mediante el regulador de voltaje LM7805 para el resto del circuito. La línea de 5 V está denominada como VCC en el diagrama.

El microcontrolador se comunica con el panel de control, los sensores y actuadores a través de sus pines de entrada y salida. Para el sistema se usarán 9 pines como salida: 4 para las luces piloto del panel de control, otros cuatro para las señales de control de los actuadores y uno para encender y apagar el sensor. Como pines de entrada se tendrá cuatro: uno correspondiente al botón de inicio del panel de control y los otros tres para las señales provenientes de los sensores. Adicionalmente el botón de encendido irá conectado al pin PC6 (RESET).

Tanto los auxiliares de mando del panel de control como los sensores y actuadores serán externos a la tarjeta principal, por lo cual se conectarán a través de borneras. A continuación se explican los circuitos de control de sensores y actuadores.

3.4.1.1 Sensores

I. Sensor fotoeléctrico

La figura 3-47 muestra el circuito de conexión del sensor fotoeléctrico. El cableado del sensor está codificado por colores, en la figura se muestra el diagrama de conexiones. Se usará un sensor con salida PNP, por lo cual se debe colocar la carga entre la salida de control (negro) y tierra. Como el sensor es alimentado con 12 V y la señal de control que va al microcontrolador debe ser de 5 V se usará un divisor de voltaje. La salida de control hacia el microcontrolador ingresará al pin PC5. Se utilizará el pin PD0 del microcontrolador para controlar un transistor 2N5172 de forma que se pueda prender y apagar el sensor. Para mayor detalle sobre el control de alimentación del sensor ver el Anexo 5.

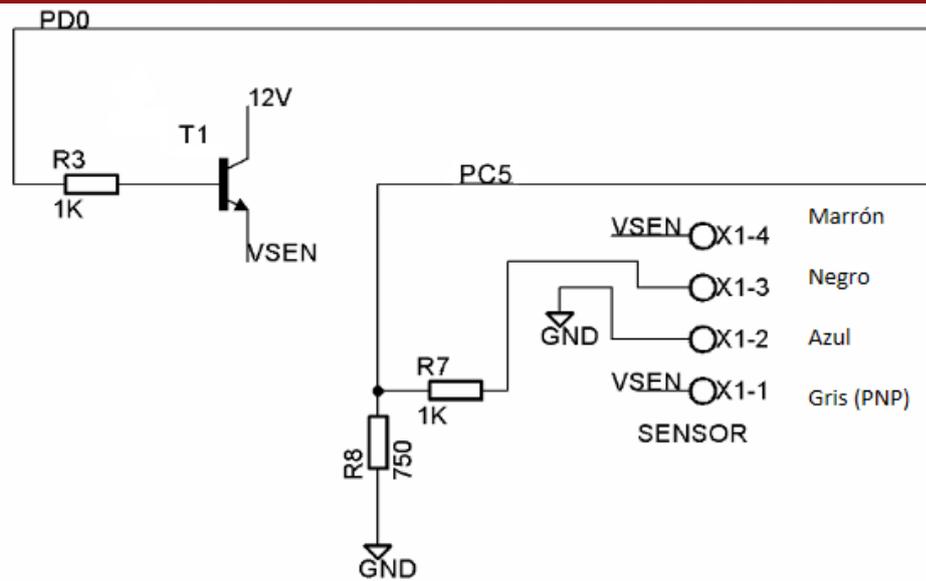


Fig. 3-47: Diagrama esquemático del sensor fotoeléctrico

II. Sensor de final de carrera

La figura 3-48 muestra el esquema de conexión de los sensores de final de carrera. Este sensor es esencialmente un interruptor momentáneo, por lo cual simplemente se conectará un extremo a tierra y el otro extremo a un pin de entrada del microcontrolador. Para el correcto funcionamiento se debe activar la resistencia de PULL-UP del pin utilizado. Para la conexión de estos sensores se utilizará los pines PD2 y PD3 del microcontrolador de manera que se genere una interrupción externa que detenga el secado en caso los recipientes sean retirados.



Fig. 3-48: Conexión de sensor de final de carrera

3.4.1.2 Actuadores

Para el control de los actuadores se usará relés de estado sólido (SSR) con entrada de control de corriente continua (5 V) y circuito de potencia de corriente alterna (220 V). Como la carga es inductiva se escogió modelos

sin función de disparo por cruce por cero para evitar desfases entre voltaje y corriente [4]. La señal de control proveniente del microcontrolador cerrará el circuito de corriente alterna permitiendo el paso de corriente hacia los actuadores.

I. Moto-vibrador

Para el control de los moto-vibradores se utilizará el SSR G3MC-201 PL, el cual soporta corrientes de hasta 1 A, suficiente para soportar el pico de arranque. El aislamiento de la parte de control con la parte de potencia se da mediante un fototriac. Por recomendación del fabricante se debe colocar un varistor de 440-470 V y resistencia a corriente de avalancha de 1000 A. La figura 3-49 muestra el circuito de control con SSR.

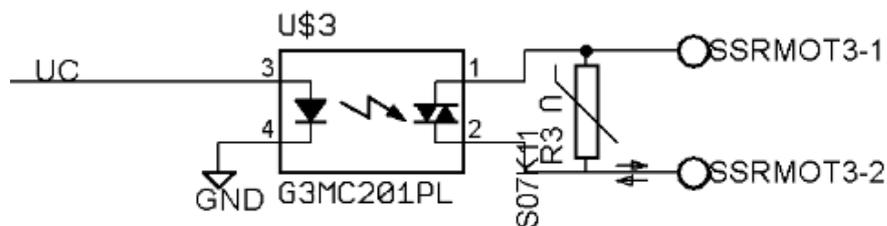


Fig. 3-49: Circuito de control de moto-vibrador

II. Motor universal

Para este motor se utilizará el SSR PF240D25R capaz de soportar hasta 10 A cuando es enfriado por aire mediante convección natural. Soporta un pico instantáneo de corriente de hasta 250 A. El circuito se muestra en la figura 3-50.

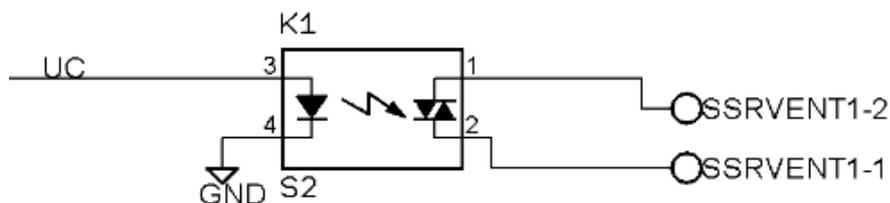


Fig. 3-50: Circuito de control para motor universal

3.4.2 Panel de control

Los elementos del panel de control serán del tipo montaje en panel, por lo cual la tarjeta electrónica consta únicamente de borneras. La comunicación entre la tarjeta principal y el panel de control se dará por cableado con conectores tipo pin headers. En la figura 3-51 se observa el esquemático del circuito para el panel de control. En las dos primeras borneras se conectarán los pulsadores de encendido y de inicio. Las siguientes serán para la conexión de los indicadores Led (luces piloto). El primer Led indica que el sistema está energizado, por lo cual está conectado directamente a 5 V.

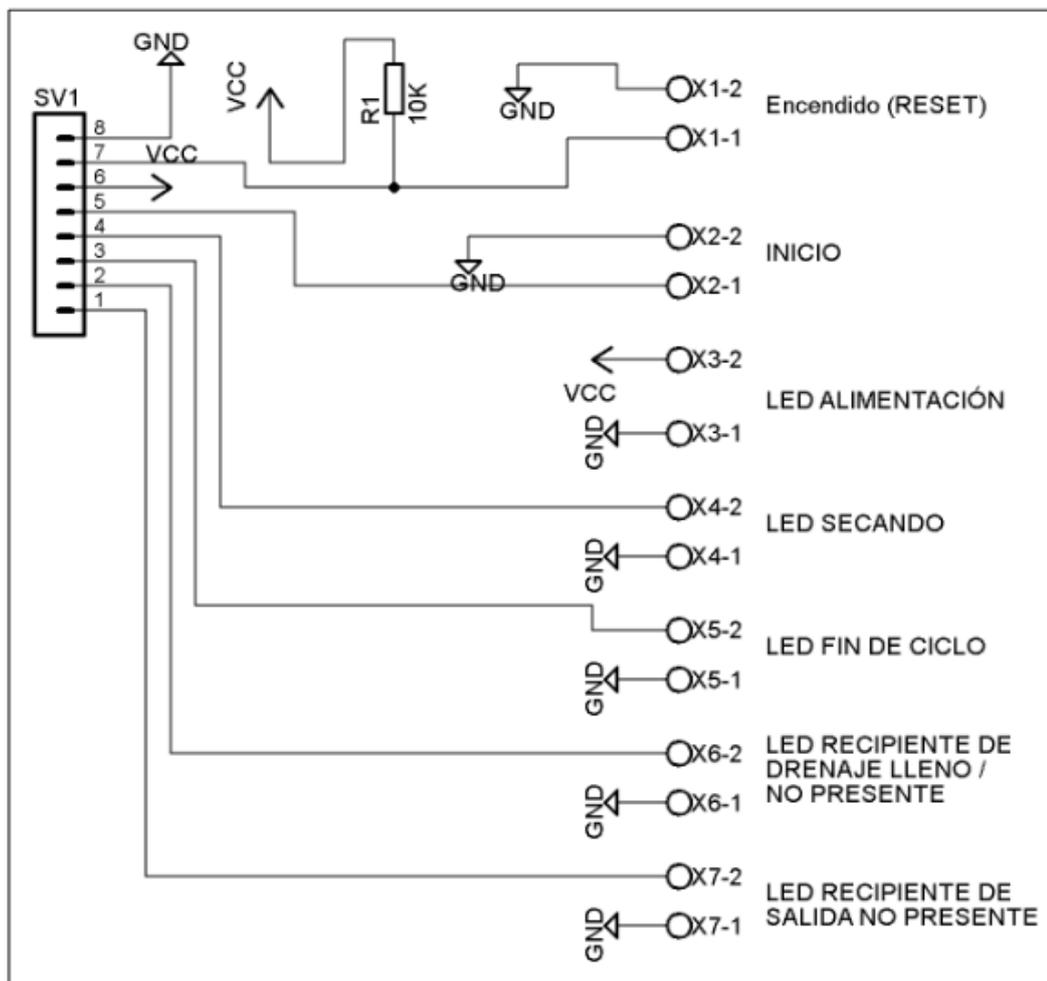


Fig. 3-51: Diagrama esquemático de tarjeta Panel de Control

3.5 Diagrama de flujo del programa de control

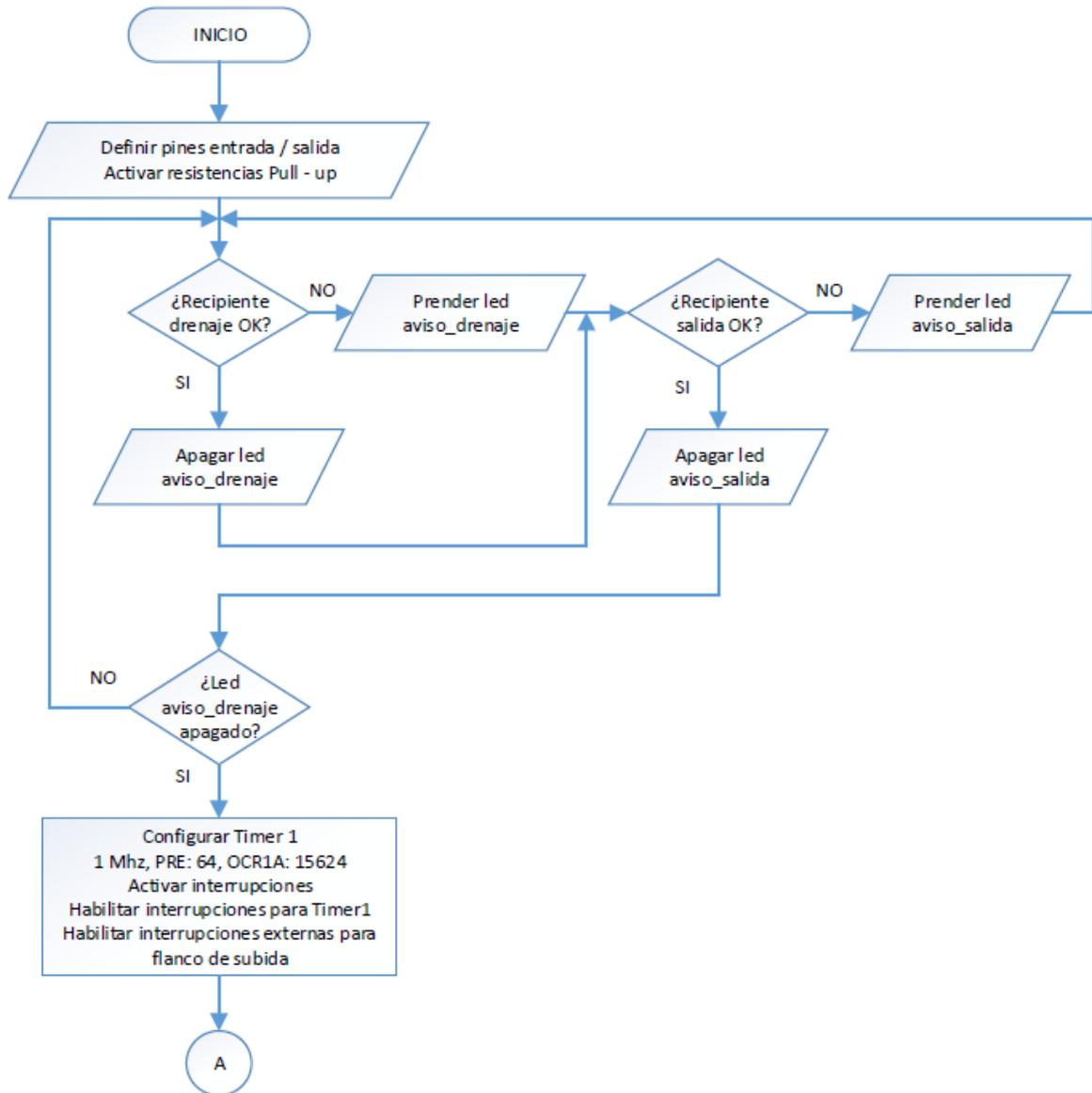


Fig. 3-52: Diagrama de flujo del programa de control, parte 1

La figura 3-52 muestra la primera parte del diagrama de flujo del programa de control. Al iniciar el programa se definirá qué pines funcionarán como pines de entrada y cuáles como pines de salida. Luego se asignará un valor inicial a cada pin de salida de modo que tanto las luces piloto como los actuadores estén apagados. Para los pines de entrada se activará la resistencia interna PULL-UP, a excepción de los pines PC6 (RESET) y PC5, los cuales irán conectados al botón de encendido y a la salida del sensor respectivamente.

Una vez definidos los pines se verifica que el recipiente de drenaje de agua esté presente o que no esté completamente lleno y que el recipiente de salida esté colocado. De no cumplirse alguna de estas condiciones se encenderá la luz piloto correspondiente en el panel de control y no se podrá iniciar el proceso de secado hasta que se cumplan las dos condiciones.

Una vez que se cumplen las condiciones necesarias se procede a configurar el Timer 1 del microcontrolador para que genere una interrupción cada segundo. Se debe también activar el habilitador general de interrupciones y habilitar la interrupción de comparación exitosa para el Timer 1 y las interrupciones externas de los pines INT0 e INT1 para flanco de subida.

En la figura 3-53 se observa la continuación del diagrama de flujo. Una vez configurado el Timer se crean dos variables S y T y se les asigna el valor inicial cero. La variable S servirá para identificar si el sensor está encendido y la variable T es un contador. Luego se inicializa el Timer 1. En este punto el microcontrolador esperará que el usuario presione el botón de inicio por un periodo de 3 minutos, si pasado ese tiempo no se presionó el botón el microcontrolador entrará en el modo Power Down y el usuario deberá volver a presionar el botón de encendido para efectuar el secado. Si se presiona el botón antes de los tres minutos se inicia el proceso de secado. El microcontrolador se encargará de encender secuencialmente cada cuatro segundos los actuadores del sistema y la luz indicadora de que se está secando los cubiertos.

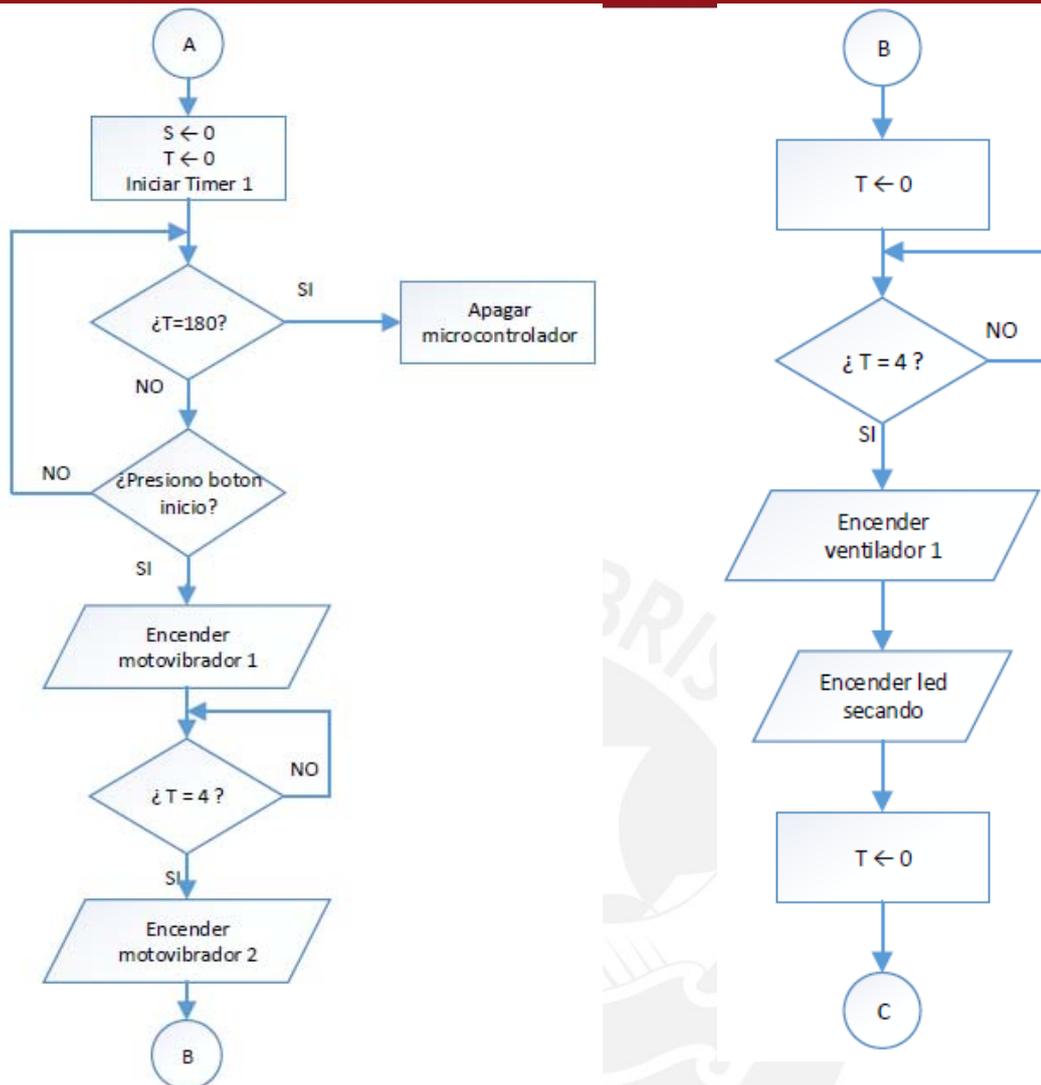


Fig. 3-53: Diagrama de flujo del programa de control, partes 2 y 3.

Una vez encendidos todos los actuadores, como se observa en la figura 3-54, se procede a resetear la variable T y encender el sensor. Luego se asignará el valor 1 a la variable S para indica que el sensor está funcionando; esto permitirá que en la rutina de interrupción del Timer, es decir cada segundo, se verifique la detección de cubiertos por parte del sensor. Cuando el sensor no haya detectado ningún cubierto en un periodo de treinta segundos se apagarán los actuadores y el sensor y se encenderá la luz indicadora de fin de ciclo de secado. Finalmente el sistema se apaga automáticamente una vez retirado el recipiente de salida o en caso hayan pasado tres minutos desde que se culminó el proceso de secado. Como el botón de encendido está conectado al pin RESET, al ser presionado el microcontrolador saldrá del modo Power Down y correrá el programa desde el inicio.

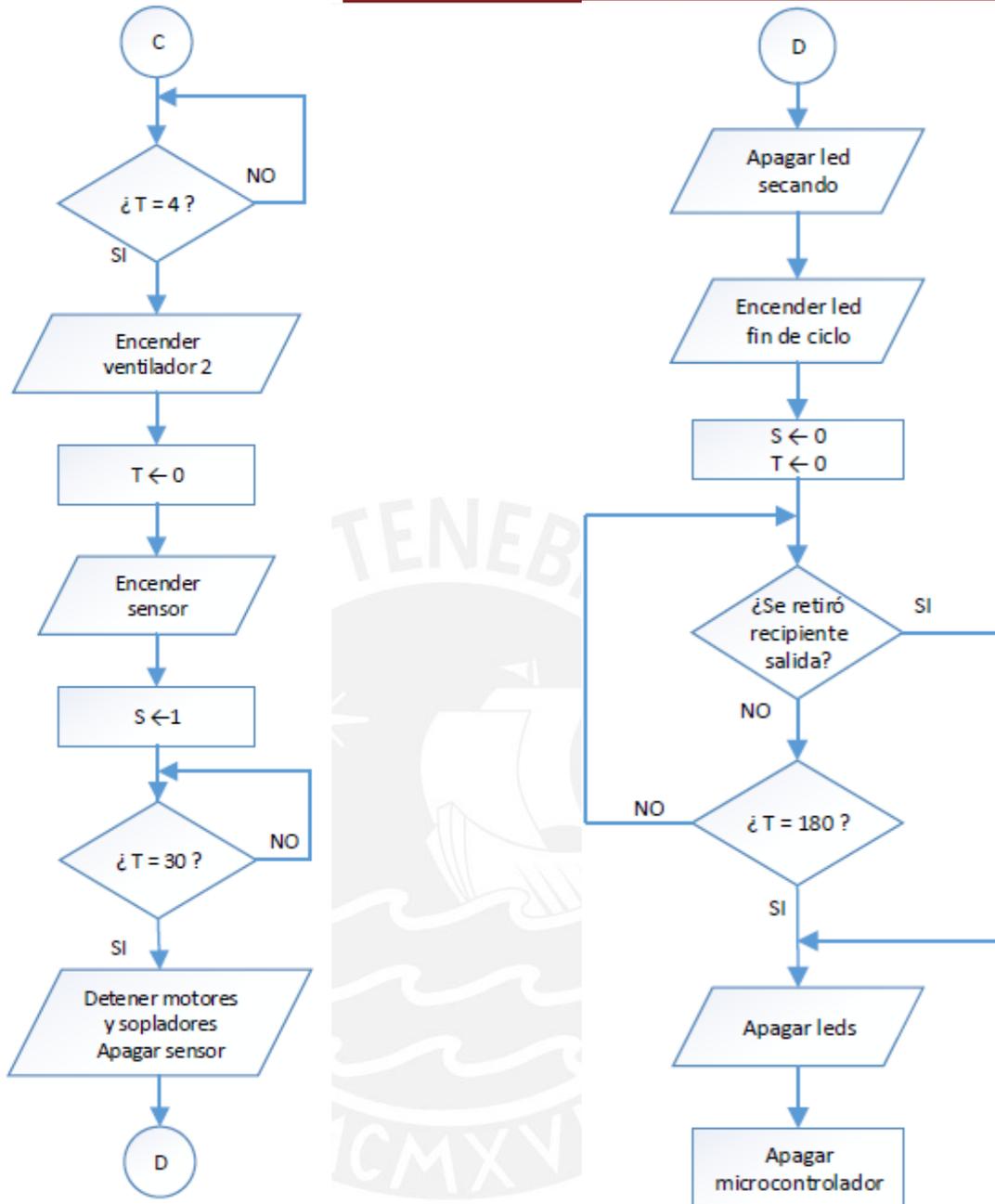


Fig. 3-54: Diagrama de flujo del programa de control. Partes 4 y 5.

En la figura 3-55 se observa la rutina de interrupción del Timer 1. Esta rutina se ejecuta cada segundo y se encarga de incrementar en uno el valor del contador T. En caso que el sensor esté encendido verificará si se detecta algún cubierto, y en caso sea así reiniciará el contador a cero.

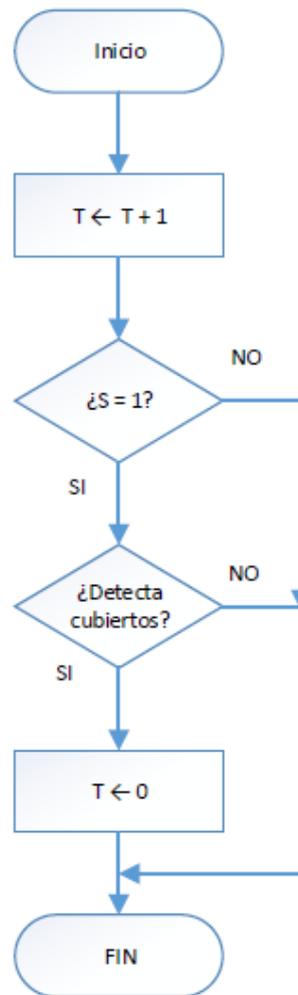


Fig.3-55: Rutina de interrupción de comparación exitosa del Timer 1

La figura 3-56 muestra la rutina de interrupción externa. En realidad son dos rutinas, una para el pin INT0 y otra para el pin INT1 a donde irán conectados los sensores de final de carrera. En ambos casos se ejecutará el mismo código, por lo cual solo se muestra un diagrama de flujo. Si se produce la interrupción para alguno de los dos pines querrá decir que el recipiente de salida o el de drenaje fue retirado estando la máquina en funcionamiento. Ante esta situación se procederá a detener los actuadores y a reiniciar el programa. El reinicio se logra habilitando el Watchdog Timer del microcontrolador y entrando a un bucle infinito. Una vez reiniciado el programa se verificará la ausencia del recipiente y se encenderá en el panel de control la luz piloto correspondiente hasta que el usuario solucione el problema.

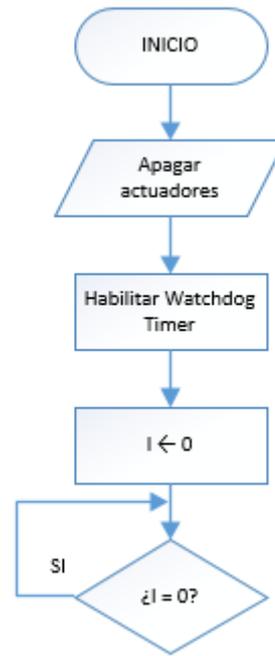


Fig. 3-56: Rutina de interrupción externa

Capítulo 4:

Presupuesto

Se presenta el presupuesto para la implementación del sistema mecatrónico. Para ello se está considerando lo siguiente:

- Tipo de cambio (al 13/06/2014) = s/. 2.795
- Impuestos a la importación de mercancías [5]
 - Ad Valorem (6%)
 - Impuesto general a las ventas (16%)
 - Impuesto de promoción municipal (2%)

En la tabla 4-1 se muestra el presupuesto total del sistema, separado en parte mecánica y parte electrónica. El detalle de cada una de estas partes se encuentra respectivamente en las tablas 4-2 y 4.3. En el Anexo 8 se encuentran las proformas que sustentan el presupuesto.

Tabla 4-1: Presupuesto del sistema mecatrónico

Presupuesto sistema mecatrónico	
Mecánica (s/.)	9,721.42
Electrónica (s/.)	1,799.62
Total (s/.)	11,521.04

Tabla 4-2: Presupuesto de la parte mecánica

Cotización parte mecánica									
item	Descripción	Material	Precio/u (US\$)	Precio/u (s/.)	Envío (US\$)	Envío (s/.)	cant.	Impuestos (s/.)	Precio final (s/.)
1	Estructura metálica y piezas de acero A36	ASTM A36	80.00	223.60	-	-	-	40.25	263.85
2	Piezas acero inoxidable 304	AISI 304	600.00	1,677.00	-	-	-	301.86	1,978.86
3	Servicio de ensamblaje del sistema	-	120.00	335.40	-	-	-	60.37	395.77
4	Tornillos M5X16 - 8.8	-	-	-	-	-	24	inc.	2.00
5	Tornillos M4	-	-	-	-	-	10	inc.	1.00

6	Tomillos autorroscantes ST 2.9x6.5	-	-	-	-	-	40	inc.	2.00
7	acople eje tipo collet	aluminio	4.50	12.58	14.00	39.13	2	24.82	128.23
8	Manguera de ventilación 2 1/2 pulg. (1 m)	poliuretano	-	22.00	-	-	1	inc.	22.00
9	Abrazaderas	acero	-	7.00	-	-	4	inc.	28.00
10	Filtro de aire	-	-	25.00	-	-	2	inc.	50.00
11	Resorte 3.2x40x82	-	-	7.00	-	-	8	inc.	56.00
12	Aspas ventilador	ABS	-	540.00	-	-	2	inc.	1,080.00
13	Cubierta ventilador	ABS	-	940.00	-	-	4	inc.	3,760.00
14	Boya	ABS	-	6.00	-	-	1	inc.	6.00
15	Recipiente de drenaje	ABS	-	90.00	-	-	1	inc.	90.00
16	Motovibrador MICRO 21 3/M	-	140.00	391.50	43.00	120.19	2	245.52	1,268.52
17	Motor universal U9835-001	-	55.00	153.73	30.00	83.85	2	114.04	589.19
Total									9,721.42

Tabla 4-3: Presupuesto de la parte electrónica

Cotización parte electrónica					
Proveedor	Descripción	Precio /u (US\$)	Precio /u(s/.)	cant.	Precio final (s/.)
Digikey	Regulador LM7805	0.67	1.87	1	1.87
	Capacitor 100 uF	0.95	2.66	1	2.66
	Capacitor 0.1 uF	0.30	0.84	3	2.52
	Capacitor 0.33 uF	0.48	1.34	1	1.34
	resistencia 10K	-	0.10	1	0.10
	resistencia 1K	-	0.10	2	0.20
	resistencia 750	-	0.10	1	0.10
	ATmega8	4.33	12.10	1	12.10
	SSR G3MC201PL	5.39	15.07	2	30.13
	SSR PF240D25R	27.16	75.91	2	151.82
	varistor	0.10	0.28	2	0.56
	transistor 2N5172	0.55	1.54	1	1.54
	Bornera	0.25	0.71	12	8.49
	Bornera 8A	0.79	2.21	4	8.83
	Pin header	1.36	3.80	1	3.80
	Boton NP Series	16.60	46.40	2	92.79
	Led SNAP-IN PANEL	2.57	7.18	5	35.92
	Envio digikey	100.00	279.50	-	279.50
Impuestos	-	-	-	152.00	

Jobareci EIRL	Tarjeta principal	-	42.00	1	42.00
	Tarjeta panel de control	-	13.00	1	13.00
	impuestos (16% + 2% = 18%)	-	-	-	9.90
Alltronics Peru	Sensor fotoeléctrico BGS - ZL30P	-	395.00	1	395.00
Pololu	Sensor final de carrera	0.95	2.66	2	5.31
	Envío Pololu	14.45	40.39		40.39
	Impuestos	-	-	-	11.43
Deal Extreme	Fuente conmutada 12V	7.27	20.30	1	20.30
	Impuestos	-	-	-	5.08
Chip One Stop	Caja Takachi OP180-G	14.80	41.37	1	41.37
	Envío Chip One Stop	120.00	335.40	-	335.40
	Impuestos	-	-	-	94.19
				Total	1,799.62



Capítulo 5

Conclusiones

El proceso de secado de cubiertos en restaurantes y comedores con gran cantidad de comensales es un trabajo repetitivo y que requiere de tiempo y personal, lo cual se traduce en gastos para la empresa. Por otro lado, un secado deficiente genera malestar en los clientes. El sistema mecatrónico diseñado representa una solución a este problema. El sistema permite el secado de 200 cubiertos por ciclo de forma automática e higiénica en un tiempo aproximado de 4,5 minutos mediante el soplado de aire a baja presión y alta velocidad.



Bibliografía

- [1] APEGA
2010 “El boom de la gastronomía peruana su impacto económico y social”. Consulta: 2 de junio de 2014.
<<http://www.apega.pe/el-boom-de-la-gastronomia-peruana.pdf>>
- [2] EROSKI CONSUMER
2010 “Trapos de cocina, el paraíso de las bacterias”. Consulta: 28 de mayo de 2014.
<<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2010/09/27/196053.php>>
- [3] SONIC AIR SYSTEMS
2004 “Sonic Air Knife Installation Quick-Guide”. Consulta: 8 de mayo de 2014.
<http://www.fluidproducts.com/PDFs/Air_Knife_Quick_Guide.pdf>
- [4] CRYDOM
2012 “Output Switching Functions of Solid-State Relays”. Consulta: 20 de mayo de 2014.
<<http://www.crydom.com/en/Tech/Newsletters/Solid%20State%20ments%20-%20SSRs%20switching%20types.pdf>>
- [5] SUNAT
2014 “Tributación aduanera”. Consulta: 17 de junio de 2014.
<<http://www.aduanet.gob.pe/aduanas/informag/tribadua.htm>>
- [6] THOMSON, William T.
2005 *Theory of vibration with applications*. Quinta edición. Beijing: Pearson Education Asia.
- [7] TURBOTECH
2014 “Air Knife Velocity Rates”. Consulta: 8 de mayo de 2014.
<<http://air-knives.com/air-knife-system-sizing-and-development/air-knife-velocity-rates>>
- [8] BLEIER, Frank P.
1997 *Fan handbook: selection, application and design*. Boston: McGraw-Hill Professional.
- [9] JANNASCH, Dieter, Dieter MUHS, Joachim VOßIEK y Herbert WITTEL
2011 *Roloff/Matek Maschinenelemente Normung, Berechnung, Gestaltung*. Vigésima edición. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- [10] MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
2006 “Código nacional de electricidad”. Consulta: 15 de junio de 2014.
<<http://intranet2.minem.gob.pe/web/cafae/Pdfs/CNE.PDF>>

- [11] HESSER, Wilfried y Hans HOISCHEN
2013 *Technisches Zeichnen Grundlagen, Normen, Beispiele, Darstellende Geometrie*. Trigésima tercera edición. Berlin: Cornelsen Verlag.
- [12] OMRON
2012 “Solid State Relays Common Precautions”. Consulta: 20 de mayo de 2014.
<http://www.omron.com/ecb/products/pdf/precautions_ssr.pdf>
- [13] BRECON
2014 “Relationship of Centrifugal Force, the Amplitude, and Vibration Speed”. Consulta: 2 de mayo de 2014.
<<http://brecon-vibration.us/about-us/know-how-center/external-vibrators-basic-principles-and-application-of-the-vibration-technology/2-theoretical-foundations-and-nominal-values/relationship-of-centrifugal-force-the-amplitude-and-vibration-speed/>>
- [14] PEPPERL+FUCHS
2014 “What's the Difference Between Light ON and Dark ON Modes for Photoelectric Sensors?”. Consulta: 29 de mayo de 2014.
<<http://blog.pepperl-fuchs.us/blog/bid/290513/What-s-the-Difference-Between-Light-ON-and-Dark-ON-Modes-for-Photoelectric-Sensors>>