

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**DISEÑO DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA LA
EXTRACCIÓN DEL ZUMO DE LIMONES**

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

Luis David Robles Pizarro

ASESOR: Gustavo Kato Ishizawa

Lima, setiembre del 2013

Resumen

Las máquinas nos permiten realizar distintos trabajos con menor esfuerzo y tiempo. Asimismo, el empleo de éstas no solo se restringe a sectores industriales, sino que es común encontrarlas en la vida diaria.

Se utilizan máquinas para cocinar como los hornos microondas; pero también existen otras que permiten cortar, licuar y extraer el zumo de alimentos. Para el caso del limón, se debe tomar en cuenta las herramientas, así como el procedimiento a utilizarse. Los pasos para extraer el zumo de un limón, generalmente, son: cortar el limón por la mitad, quitar las pepas, exprimir las mitades mientras se separan los residuos con un colador, y botar la cáscara y residuos.

El objetivo de esta tesis es desarrollar un sistema mecatrónico que permita realizar los pasos ya mencionados. Para ello la máquina utiliza un motor para el corte y extracción de los limones. El sistema cuenta con un sensor ultrasónico para detectar la cantidad de zumo obtenido. El control de encendido y apagado del motor se realiza por medio de un ATmega8.

El desarrollo de la tesis está compuesto por 5 capítulos. En primer lugar, se trata sobre la problemática y su solución por medio de un sistema mecatrónico. En el segundo capítulo, se considera los requerimientos del sistema propuesta, tanto mecánicos, eléctricos, electrónicos y control; asimismo, se presenta las vistas de la máquina. En el tercer capítulo se explica el funcionamiento de la máquina, los sensores y actuadores utilizados, se muestra además los planos mecánicos, planos electrónicos, y el diagrama de flujo del programa de control. En el cuarto capítulo se detalla el presupuesto para implementar el sistema. Finalmente, en el capítulo cinco mostrarán las conclusiones del trabajo.

INDICE

CAPITULO 1: PROBLEMÁTICA.....	1
CAPITULO 2: REQUERIMIENTO DEL SISTEMA MECATRÓNICO Y PRESENTACIÓN DEL CONCEPTO.....	2
2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico.....	2
2.2 Concepto de solución.....	3
CAPITULO 3: SISTEMA MECATRÓNICO.....	5
3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico.....	5
3.2 Sensores y actuadores.....	7
3.2.1 Sensores.....	7
3.2.1.1 Sensor Ultrasónico.....	7
3.2.2 Actuadores.....	8
3.2.2.1 Motor Eléctrico.....	8
3.2.2.2 Variador de Frecuencia.....	11
3.3 Planos del sistema mecatrónico.....	12
3.3.1 Base de la máquina.....	12
3.3.2 Soporte principal de la máquina.....	13
3.3.3 Tapa frontal de la máquina.....	14
3.3.4 Rueda Dosificadora.....	15
3.3.5 Conductor de rueda dosificadora.....	16
3.3.6 Rampa-soporte de cuchilla.....	17
3.3.7 Eje piñón principal o conductor.....	18
3.3.8 Eje conductor del rodillo.....	19
3.3.9 Eje conductor del dosificador.....	20
3.3.10 Sujetador del cuerpo bisagra.....	21
3.3.11 Sujetador del cuerpo tapa.....	22

3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico.....	23
3.4.1 Regulador de Voltaje de 220V AC a 5V DC.....	23
3.4.2 Regulador de Voltaje de 220V AC a 12V DC.....	23
3.4.3 Circuito del Control General – Atmega8.....	24
3.5 Diagrama de flujo del programa de control.....	25
CAPITULO 4: PRESUPUESTO.....	26
CAPITULO 5: CONCLUSIONES.....	27
BIBLIOGRAFIA.....	28



Capítulo 1

Presentación de la problemática

La necesidad de comercializar productos alimenticios ha crecido con el paso del tiempo. De igual modo, con el desarrollo industrial, hemos alcanzado nuevos métodos, técnicas y máquinas que nos permiten obtener productos de mejor calidad en menor tiempo. Además, gracias a estas máquinas, podemos tener acceso a alimentos procesados.

Es importante el desarrollo de máquinas que nos ayuden en el procesamiento de productos alimenticios. Si bien se pueden exprimir limones de forma manual, esto es un trabajo muy repetitivo y que requiere esfuerzo. Por tal motivo, enfocamos este proyecto en la creación de una máquina que permita la extracción del zumo de los limones para su posterior consumo. Esta máquina tendría demanda en el mercado local porque no existe una que extraiga el zumo de limón.

Tras un estudio de mercado, se detectó que en la actualidad existen instrumentos capaces de extraer el jugo de frutas e incluso verduras. Estas herramientas, que permiten separar y triturar la pulpa, son los extractores caseros de plástico y cristal; manual-mecánico y manual-eléctrico. Estas últimas permiten un trabajo más rápido y sencillo, permitiendo extraer grandes cantidades de zumo en menor tiempo.

El siguiente trabajo muestra un sistema capaz de exprimir los limones, removiendo sus cáscaras y dejando únicamente el jugo de limón; para lo cual se analizó un método de solución capaz y se elaboró su respectivo diseño.

Capítulo 2

Requerimientos del sistema mecatrónico y presentación del concepto

2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico

Para poder diseñar la máquina capaz de exprimir el jugo de los limones, primero se tuvo que identificar las etapas necesarias para su extracción, tales como:

- a. Cortar los limones
- b. Exprimido del zumo de los limones ya cortados.
- c. Separación del jugo de la cáscara y semillas.

Se ha diseñado un sistema mecatrónico capaz de ejecutar estos procesos. El funcionamiento debe ser simple; de modo que pueda ser usado fácilmente por cualquier usuario sin previo entrenamiento.

Las exigencias que han sido consideradas tanto para el diseño como su funcionamiento son:

- Las dimensiones del sistema deben facilitar su transporte y optimizar el espacio que se requiera para su funcionamiento.
- El área de trabajo del sistema debe cumplir con un mínimo de requisitos que permita el funcionamiento seguro del mismo; es decir, tomacorrientes correctamente instalados y mantener un área de trabajo limpio y libre de obstáculos.
- El sistema debe cumplir con las normas de seguridad y de consumo.
- El encendido y apagado de la máquina debe ser por medio de un solo botón.
- El contenedor de limones está elaborado para una capacidad de 50 limones, esto responde al límite de 500 mililitros que puede soportar el recipiente de zumo de limón.
- Durante la extracción no deben aplastarse las semillas de los limones, debido a que pueden afectar el sabor del zumo de limón haciendo que sea amargo.

Para cumplir con las exigencias y las etapas de extracción de los limones se realizaron pruebas previas con las que se busca un adecuado proceso de diseño.

2.2 Concepto de la solución

a. Ingreso de los limones

En esta etapa se realiza la alimentación de la máquina, así como la dosificación de los limones para que puedan ser procesadas una por una. Utilizaremos una rampa circular con ángulo suficiente para que puedan rodar los limones. Esta etapa permite que los siguientes procesos sean ejecutados limón por limón.

b. Corte de los limones

Emplea un componente dosificador con forma de rueda segmentada que permite procesar cada limón por separado; asimismo, éste ejerce una fuerza de presión del limón contra una cuchilla fija para que pueda ser cortado a la mitad. Luego, por medio de una rampa se divide las mitades para la siguiente etapa.

c. Extracción del zumo de los limones

Para este proceso se utilizan rodillos con puntas en su superficie. Cuando los limones cortados a la mitad entren, serán aplastados.

d. Eliminación de la cáscara y semillas de los limones

Se emplea una rampa con agujeros para desechar los residuos de la cáscara y permitir el paso del jugo a nuestro recipiente.

e. Medición por ultrasonido.

La máquina incluirá un sensor ultrasónico para medir la cantidad de jugo de limón y detener el funcionamiento si sobrepasa el límite permitido.

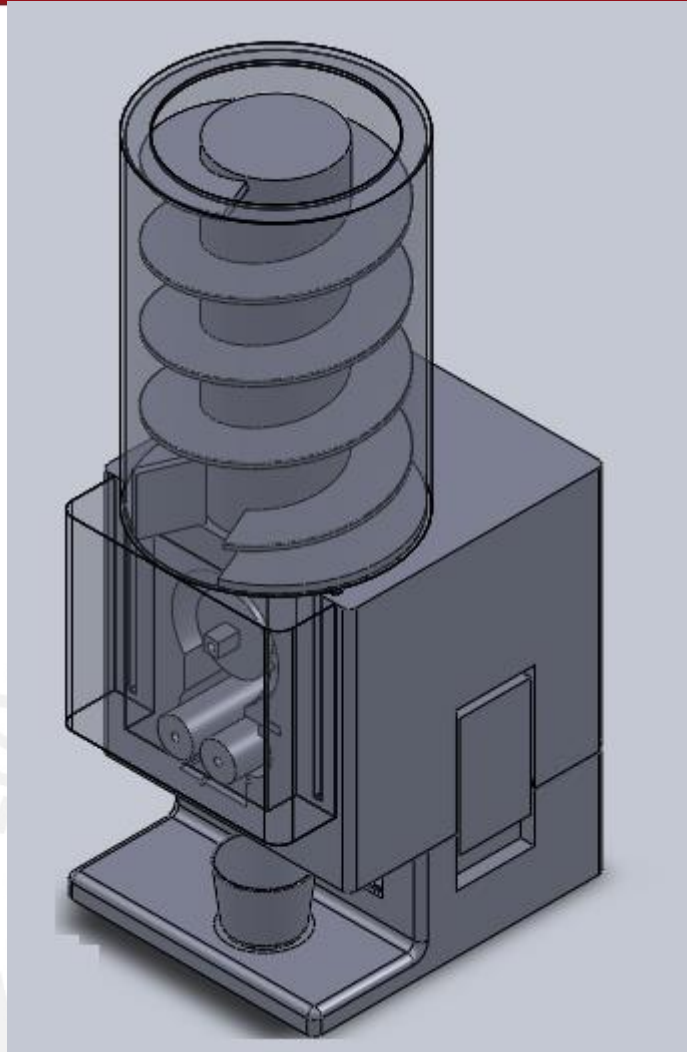


Fig. 2-1 Visión isométrica de la máquina

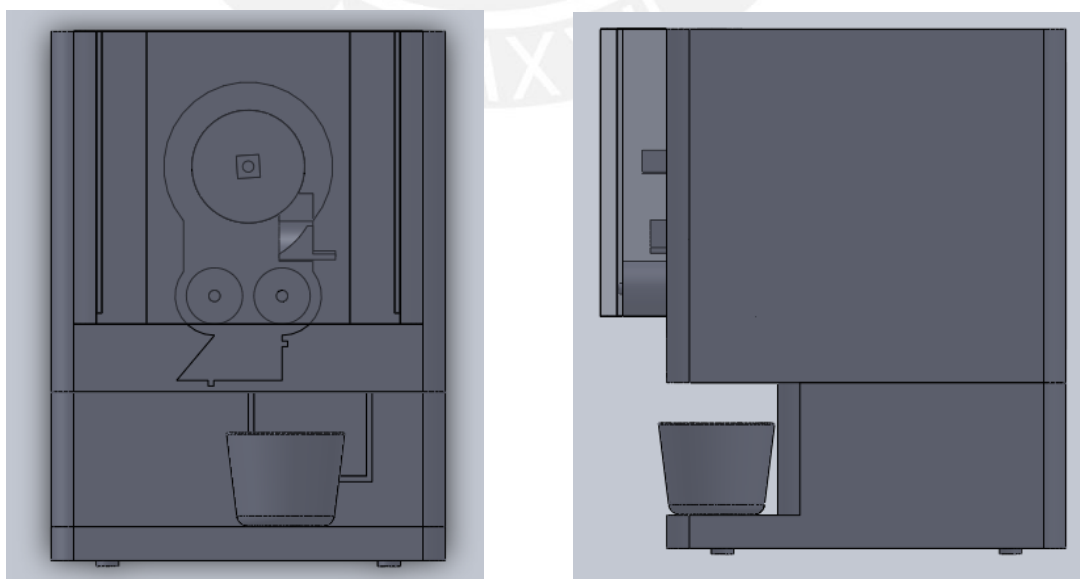


Fig. 2-1 Visión frontal y lateral de la máquina

Capítulo 3

Sistema mecatrónico

3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico

- a. Ingreso del suministro de limones al sistema mecatrónico
La máquina cuenta con un almacén cilíndrico en donde el usuario puede colocar hasta un máximo de 50 limones. Este almacén cuenta en su interior con una rampa en espiral lo suficientemente ancha como para que pase solo un limón, asimismo el ángulo de inclinación de la rampa, permite que los limones se deslicen por su propio peso.
- b. Encendido de los limones usando una rueda dosificadora
La máquina cuenta con un botón de encendido y apagado. Asimismo un cable que deberá ser conectado a un tomacorriente de 220v con 60 Hz.
- c. Dosificación de los limones usando una rueda dosificadora
El ingreso hacia los procesos de corte y extracción se realiza un limón a la vez; de este modo, se utiliza menos potencia durante el corte y la extracción. Por tal motivo se diseñó una rueda segmentada capaz de separar el proceso interno y regular el paso de los limones de una etapa a otro; evitando posibles atascamientos.
- d. Corte de los limones empleando un cuchillo
La máquina cuenta con un cuchillo posicionado entre las piezas que forman la rueda dosificadora. Cuando el limón gira dentro de la rueda y choca contra el filo del cuchillo, las paredes de la rueda dosificadora empujan y presionan al limón contra el cuchillo. De este modo, se obtiene el corte del limón.
- e. Transmisión de la potencia desde el motor hacia los ejes
La etapa más importante dentro del sistema es la transmisión del giro del motor hacia los ejes por medio de engranajes. Los ejes están conectados con la rueda dosificadora y los rodillos, permitiendo el giro de éstos. El motor proporciona el torque necesario para el corte y el aplastamiento.

- f. Extracción del zumo de limón
Los limones cortados se deslizan hacia un par de rodillos. Los limones serán llevados hacia el centro de los rodillos y la presión de éstos exprimirá el zumo. Cuando esta etapa culmina, los residuos de las cáscaras y semillas pasarán al siguiente proceso.
- g. Eliminación de los residuos por medio de una rampa
Las cáscaras y las semillas se eliminarán por medio de una rampa; ésta tendrá agujeros para que el zumo pueda caer hacia el recipiente del almacenaje, mientras que los residuos se deslizan hacia un contenedor para su posterior deshecho.

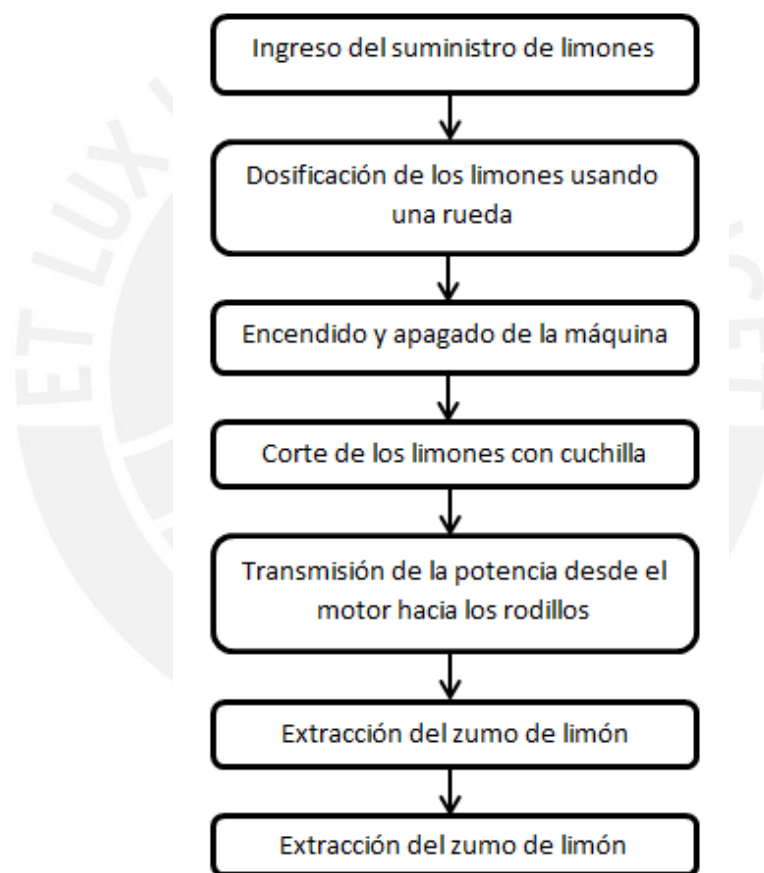


Fig. 3-1. Diagrama de flujo del sistema mecatrónico

3.2 Sensores y actuadores

a. Sensores

Sensor Ultrasónico

La máquina emplea el sensor ultrasónico HC-SR04 (anexo 5) para medir el nivel o altura en que se encuentra el jugo de limón. Se eligió dicho sensor por poseer un rango corto para detectar la distancia y tener un sistema de control incorporado para el micro controlador.



Fig. 3-2. Sensor ultrasónico HC-SR04

El sensor cuenta con 4 pines:

- VCC: El sensor requiere 5V DC para su funcionamiento
- GND: Tierra
- Trigger: Sirve de entrada y mando para que el sensor envíe la señal y detecte el eco.
- Out: Envía un pulso cuyo periodo varía conforme la distancia detectada.

Para su funcionamiento se ha tomado en cuenta otras consideraciones:

- El Atmega8 enviará un pulso hacia el "Trigger" del Sensor. Esta señal debe tener una duración de 10 microsegundos. El ultrasonido enviará ocho señales de 40 KHz y luego detectará el eco convirtiéndola en una señal eléctrica.
- El rango de funcionamiento del sensor; es decir, la distancia que puede ser detectada traducida al pulsos del eco es de 150 microsegundos a 25 milisegundos
- El ciclo de tiempo en que se transmite el pulso al "Trigger" no debe ser menor a 50 milisegundos. Caso contrario es posible que el eco no hay desaparecido y se genere un error de cálculo cuando se envía otro.

b. Actuadores

Motor Eléctrico:

El sistema utiliza un motor eléctrico como actuador principal del sistema mecatrónico. Para ello, se conecta un eje principal o piñón al motor, luego por medio de un sistema de engranajes el giro y el torque son transmitidos a los ejes de los rodillos y la rueda dosificadora.

Por medio de cálculos (anexo 3) se determinó la potencia necesaria; así como el torque que debería tener el motor.

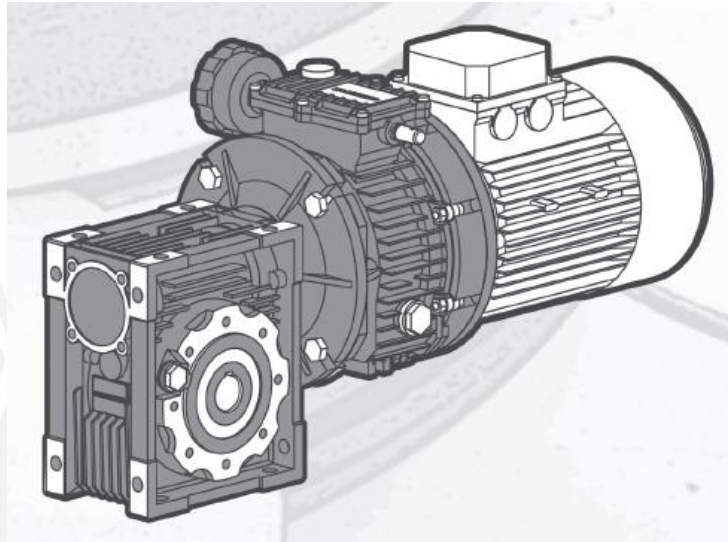


Fig. 3-3. Motor reductor ortogonal

Características:

Marca: Motovario

Modelo: TX002 NMRV030

Potencia: 0.15 KW

Velocidad de salida: 21.8 rpm

Torque de servicio: 16.2 N.m

Voltaje: 120 – 220 V; 60 Hz; Monofásico

Es necesario señalar que este tipo de reductor tiene un agujero de servicio de 21 mm para el eje de salida y un cuñero cuadrado de 5 mm.

TXF+NMRV - Prestazioni / Performance / Performances /
Leistungen / Prestaciones / 性能

0,15 kW

n2 (a) [1/min]	n2 (b) [1/min]	M2 (a) [Nm]	M2 (b) [Nm]	M2 max [Nm]	f.s. (a)	f.s. (b)	i			Fr2 [N]
113,2	21,8	8,8	16,2	32	3,6	2,0	5	TXF002 NMRV030	63C6	1830
113,2	21,8	9,0	16,6	68	7,5	4,1	5	TXF002 NMRV040	63C6	3490
75,5	14,5	12,8	23,1	32	2,5	1,4	7,5	TXF002 NMRV030	63C6	1830
75,5	14,5	13,1	24,0	72	5,5	3,0	7,5	TXF002 NMRV040	63C6	3490
56,6	10,9	16,2	29,6	32	2,0	1,1	10	TXF002 NMRV030	63C6	1830
56,6	10,9	17,0	30,8	71	4,2	2,3	10	TXF002 NMRV040	63C6	3490
37,7	7,3	23,6	43,2	72	3,0	1,7	15	TXF002 NMRV040	63C6	3490
28,3	5,4	30,2	54,4	65	2,1	1,2	20	TXF002 NMRV040	63C6	3490
22,6	4,4	36,2	64,0	61	1,7	1,0	25	TXF002 NMRV040	63C6	3490
18,9	3,6	39,7	69,6	73	1,8	1,0	30	TXF002 NMRV040	63C6	3490
14,1	2,7	49,6	84,8	124	2,5	1,5	40	TXF002 NMRV050	63C6	4840
11,3	2,2	57,8	98,0	120	2,1	1,2	50	TXF002 NMRV050	63C6	4840
9,4	1,8	64,3	108,0	105	1,6	1,0	60	TXF002 NMRV050	63C6	4840

Fig. 3-4. Características del motor reductor

TXF+NMRV - Dimensioni / Dimensions / Encombremets /
Abmessungen / Dimensiones / 尺寸

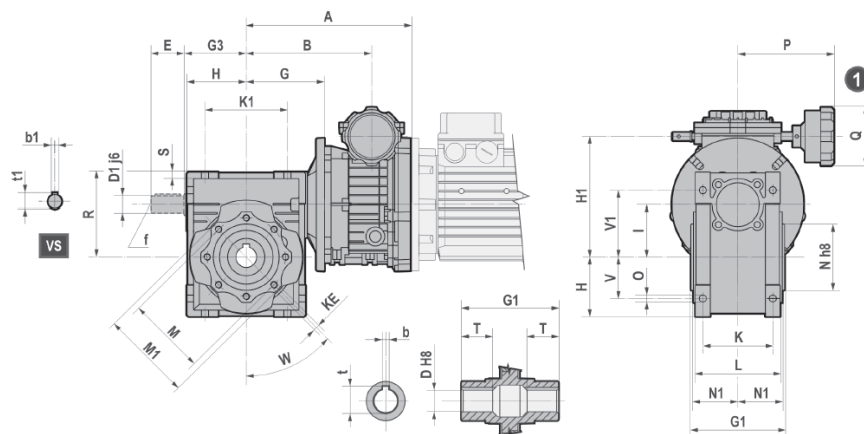


Fig. 3-5. Dimensiones del motor

TXF+NMRV - Dimensioni / Dimensions / Encombremets /
Abmessungen / Dimensiones / 尺寸

	A	B	H1	P	Q	~Kg
002/063+030	137,5	95	99	116,5	71	3,5

Fig. 3-6. Dimensiones del motor

NMRV						
	030	040	050	063	075	090
D	14	18 (19)	25 (24)	25 (28)	28 (35)	35 (38)
D1	9	11	14	19	24	24
E	20	23	30	40	50	50
G	55	70	80	95	112,5	129,5
G1	63	78	92	112	120	140
G3	45	53	64	75	90	108
H	40	50	60	72	86	103
I	30	40	50	63	75	90
K	44	60	70	85	90	100
K1	54	70	80	100	120	140
KE	M6*11 n*4	M6*10 n*4	M8*10 n*4	M8*14 n*8	M8*14 n*8	M10*18 n*8
L	56	71	85	103	112	130
M	65	75	85	95	115	130
M1	75	87	100	110	140	160
N	55	60	70	80	95	110
N1	29	36,5	43,5	53	57	67
O	6,5	6,5	8,5	8,5	11,5	13
R	57	71,5	84	102	119	135
S	5,5	6,5	7	8	10	11
T	21	26	30	36	40	45
V	27	35	40	50	60	70
V1	44	55	64	80	93	102
W	0o	45o	45o	45o	45o	45o
b	5	6	8	8	8 (10)	10
t	16,3	20.8 (21.8)	28.3 (27.3)	28.3 (31.3)	31.3 (38.3)	38.3 (41.3)
b1	3	4	5	6	8	8
t1	10,2	12,5	16	21,5	27	27
f	-	-	M6	M6	M8	M8

Fig. 3-7. Dimensiones del motor

Variador de Frecuencia:

Se ha incluido un variador para el motor debido a las diferentes ventajas que otorga al sistema:

- Arrancador progresivo. Permite un arranque, parada y freno suave.
- Protección integrada del motor. Ahorro en mantenimiento.
- Reducción del consumo eléctrico.

De este modo se obtiene un mejor proceso de control y por lo tanto, la calidad del producto mejora.



Fig. 3-8. Variador de frecuencia

Características:

Marca: DELTA

Modelo: VFD0072L1B

Salida Nominal VAC: 240 Volts AC

Potencia (CT): 1 Horsepower

Amperios (CT): 4.2 Amps

Fase de Salida: 1 o 3

Max. Frecuencia: 400 Hertz

3.3 Planos del sistema mecatrónico

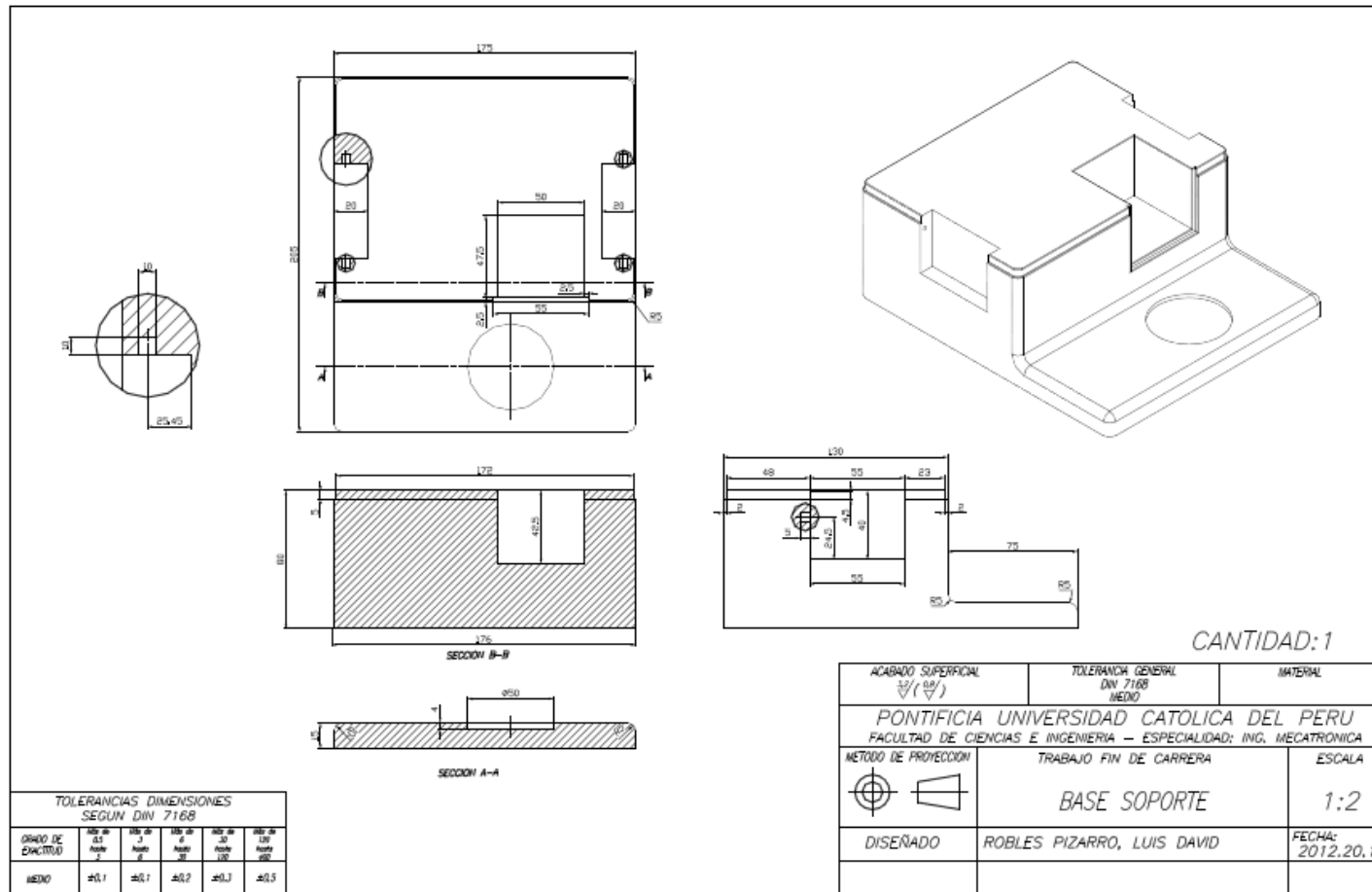


Fig. 3-8. Base de la máquina

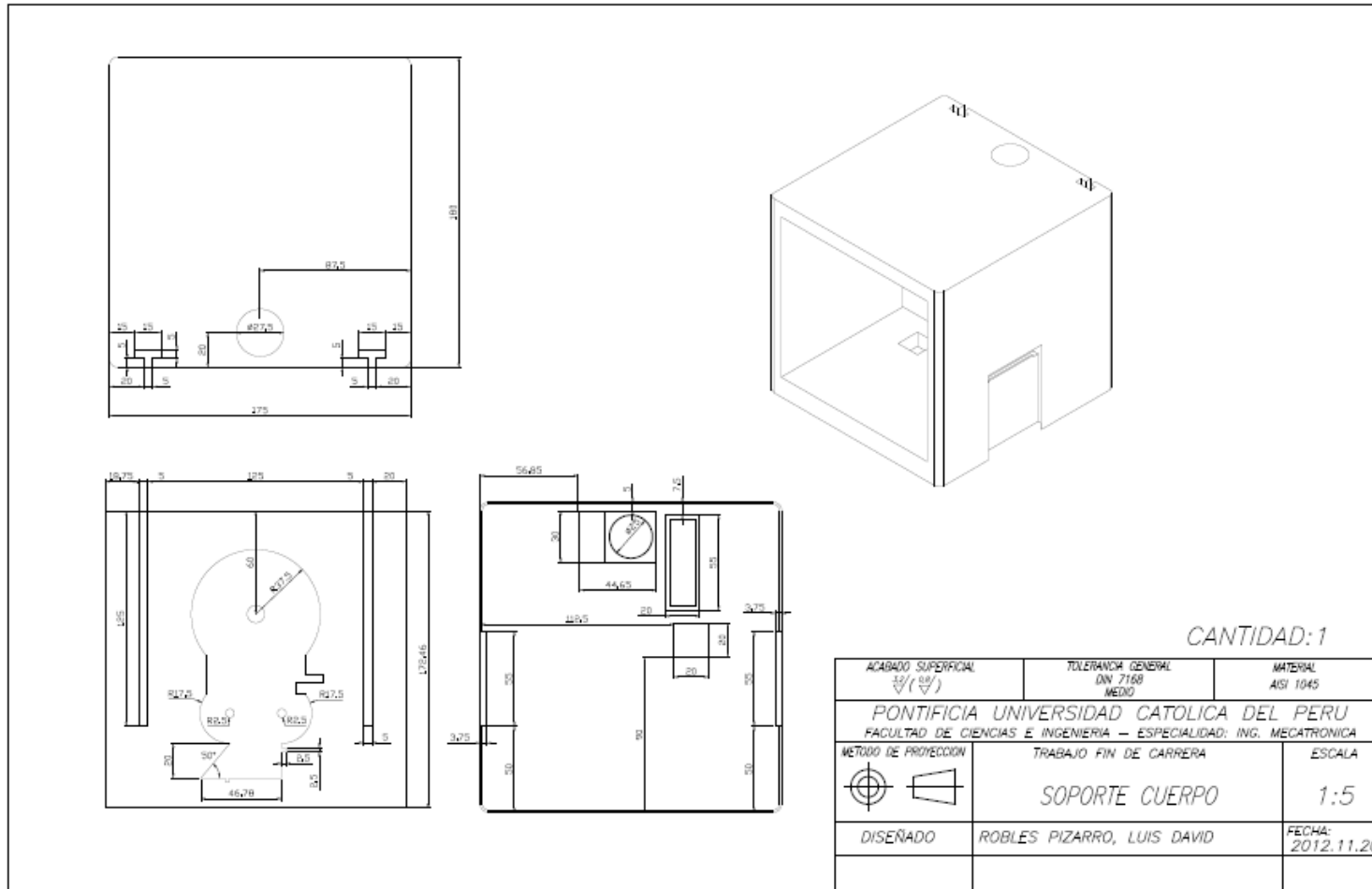


Fig. 3-9. Soporte principal de la máquina

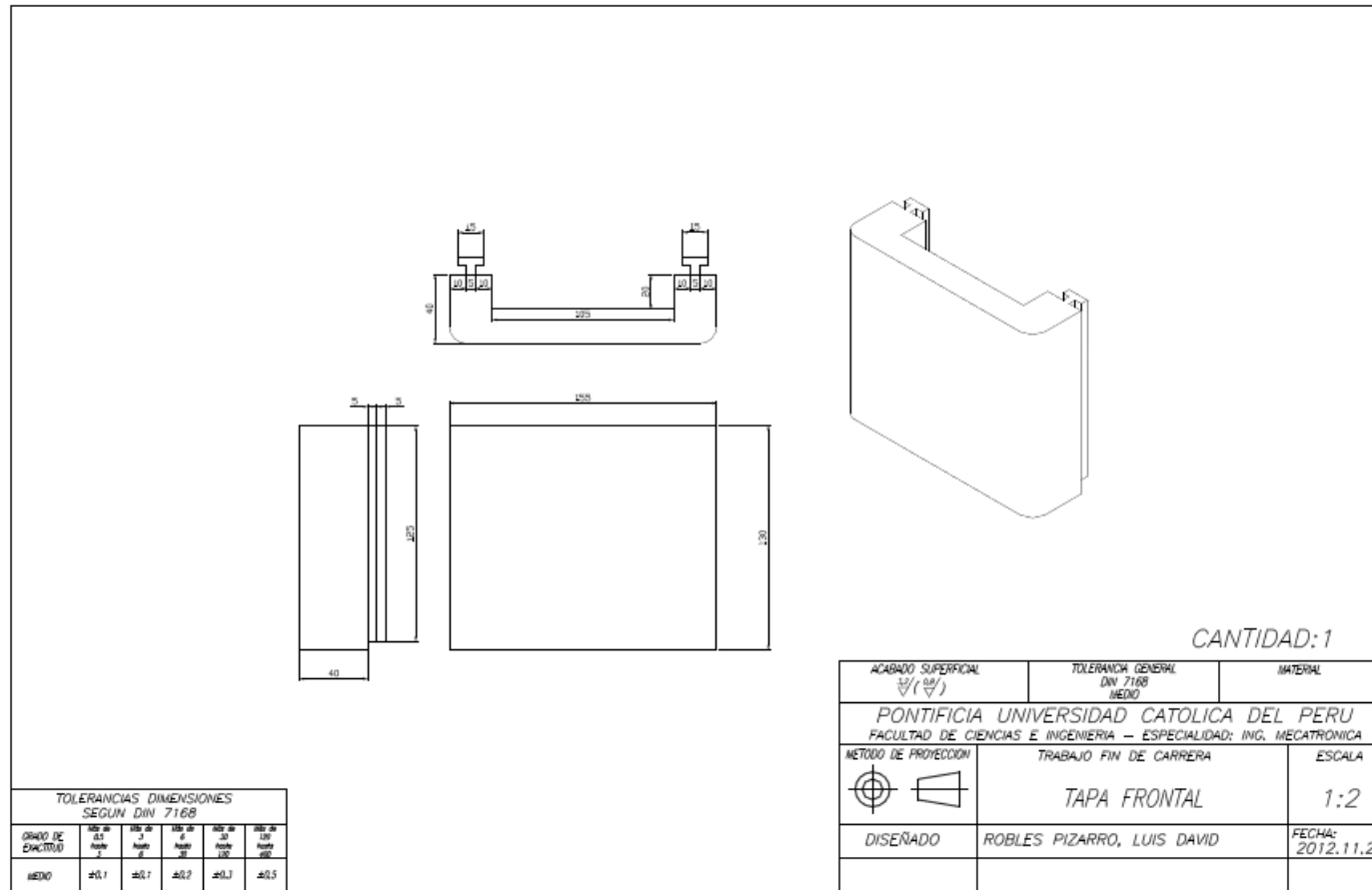


Fig. 3-10. Tapa frontal de la máquina

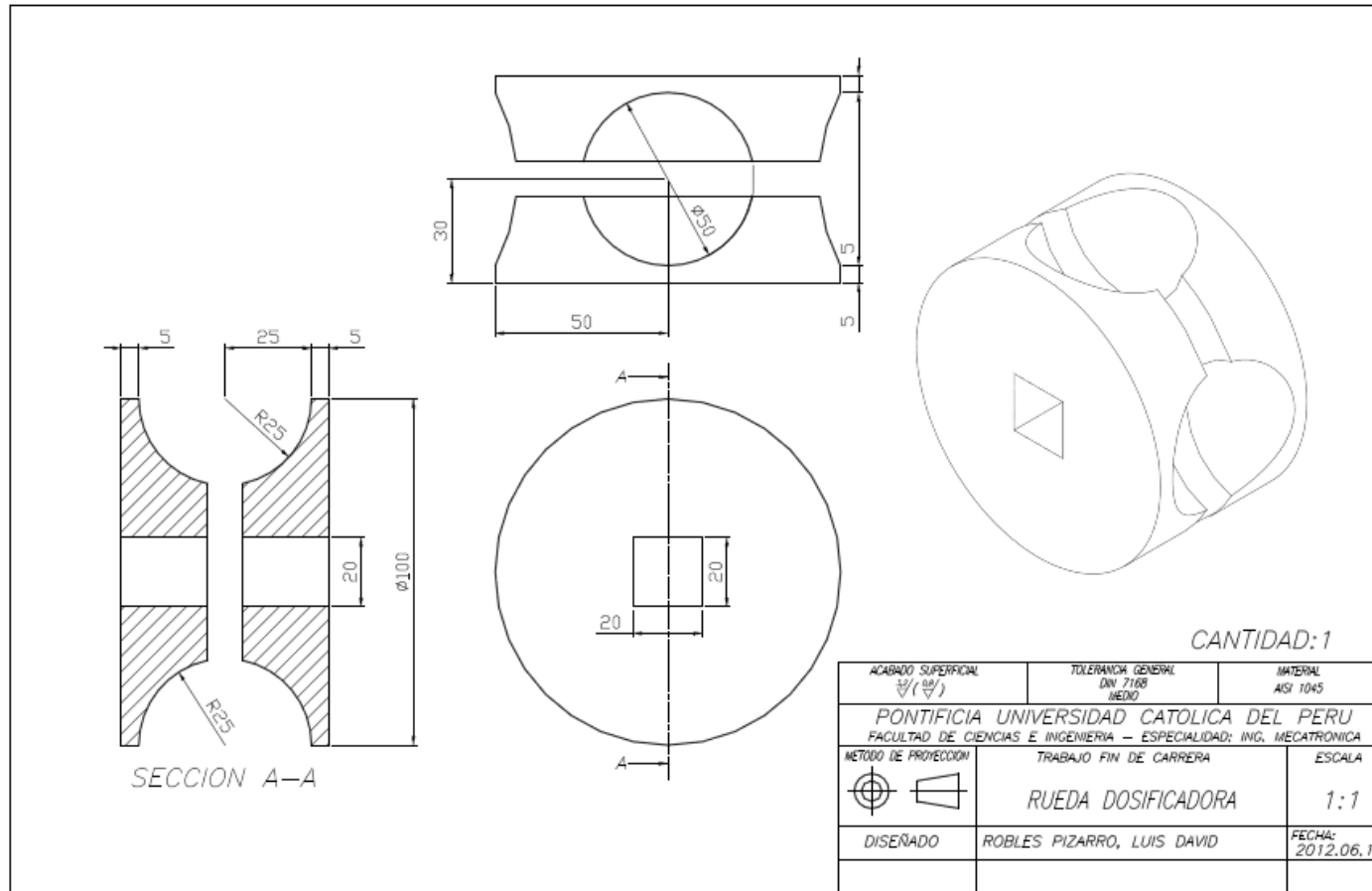


Fig. 3-11. Rueda Dosificadora

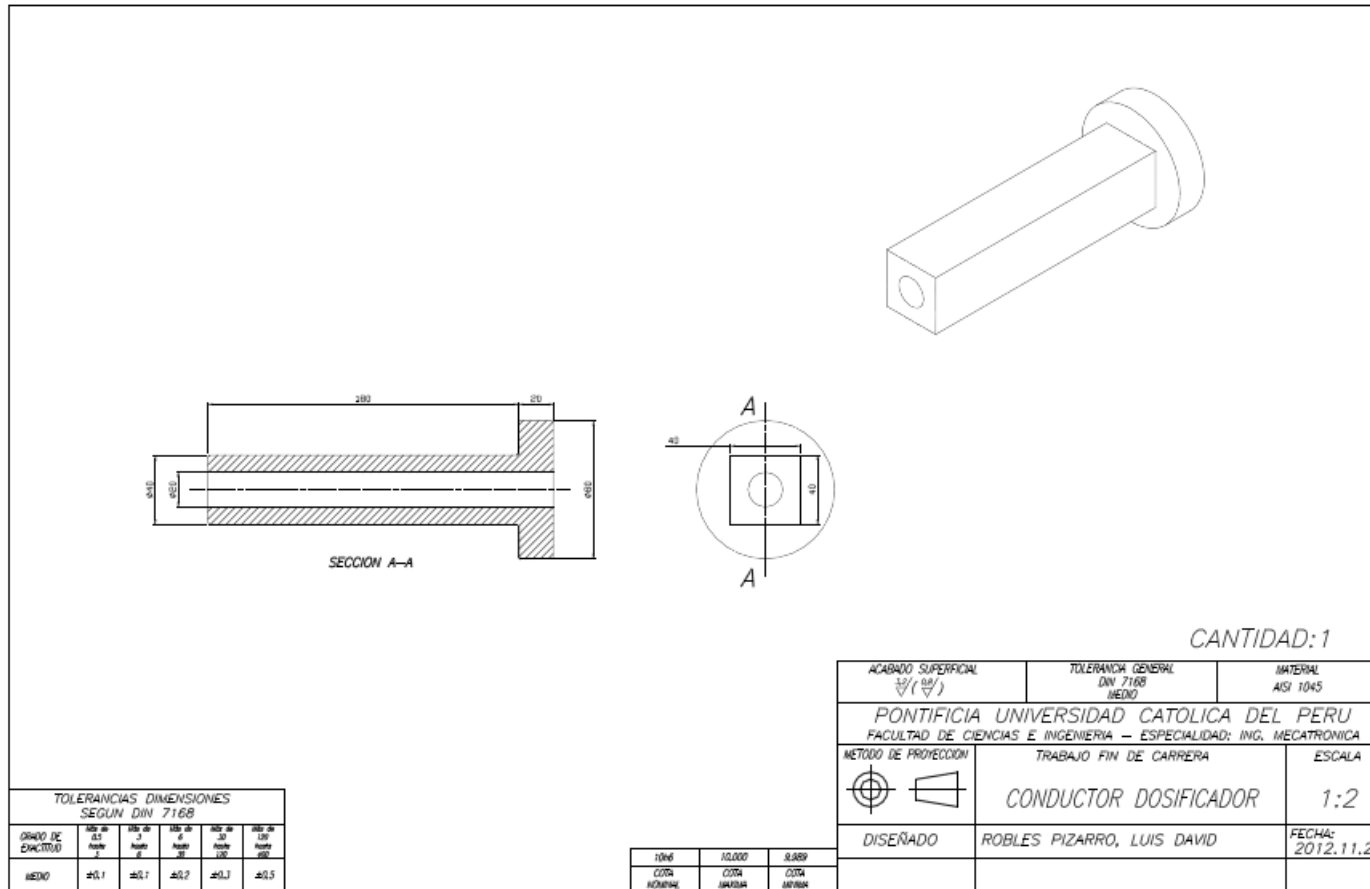


Fig. 3-12. Conductor de rueda dosificadora

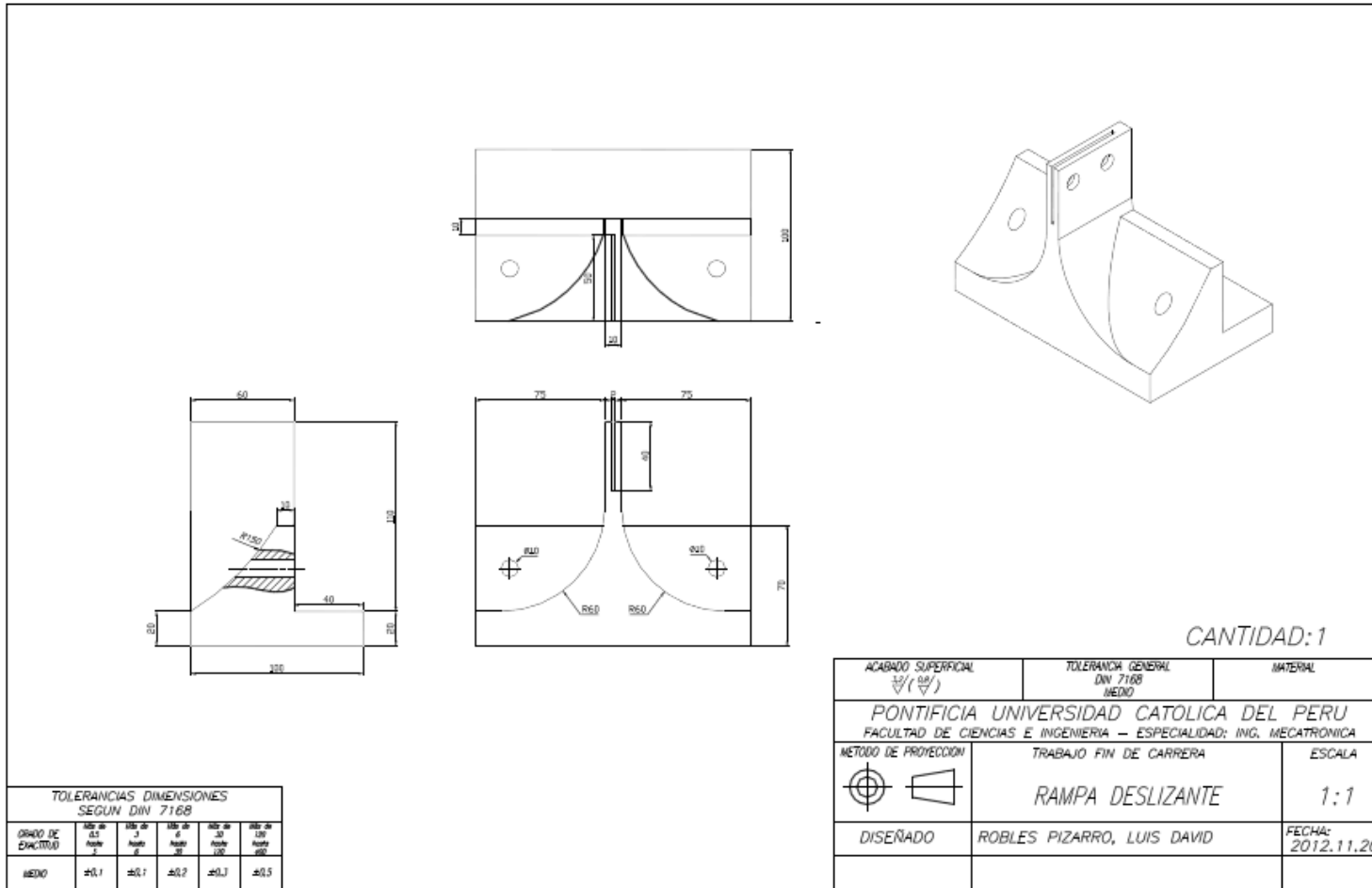


Fig. 3-13. Rampas soporte de cuchilla

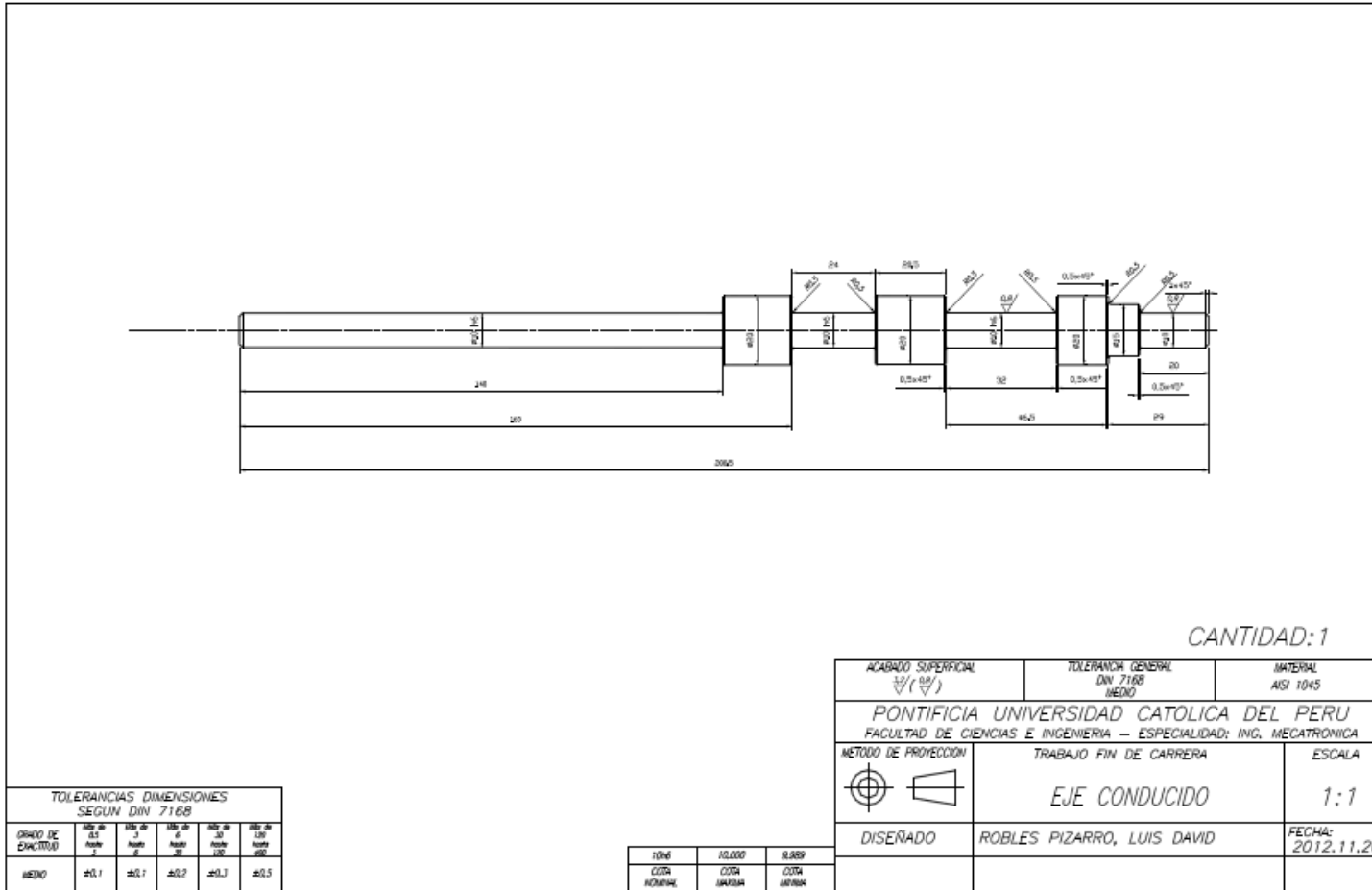


Fig. 3-14. Eje piñón principal o conductor

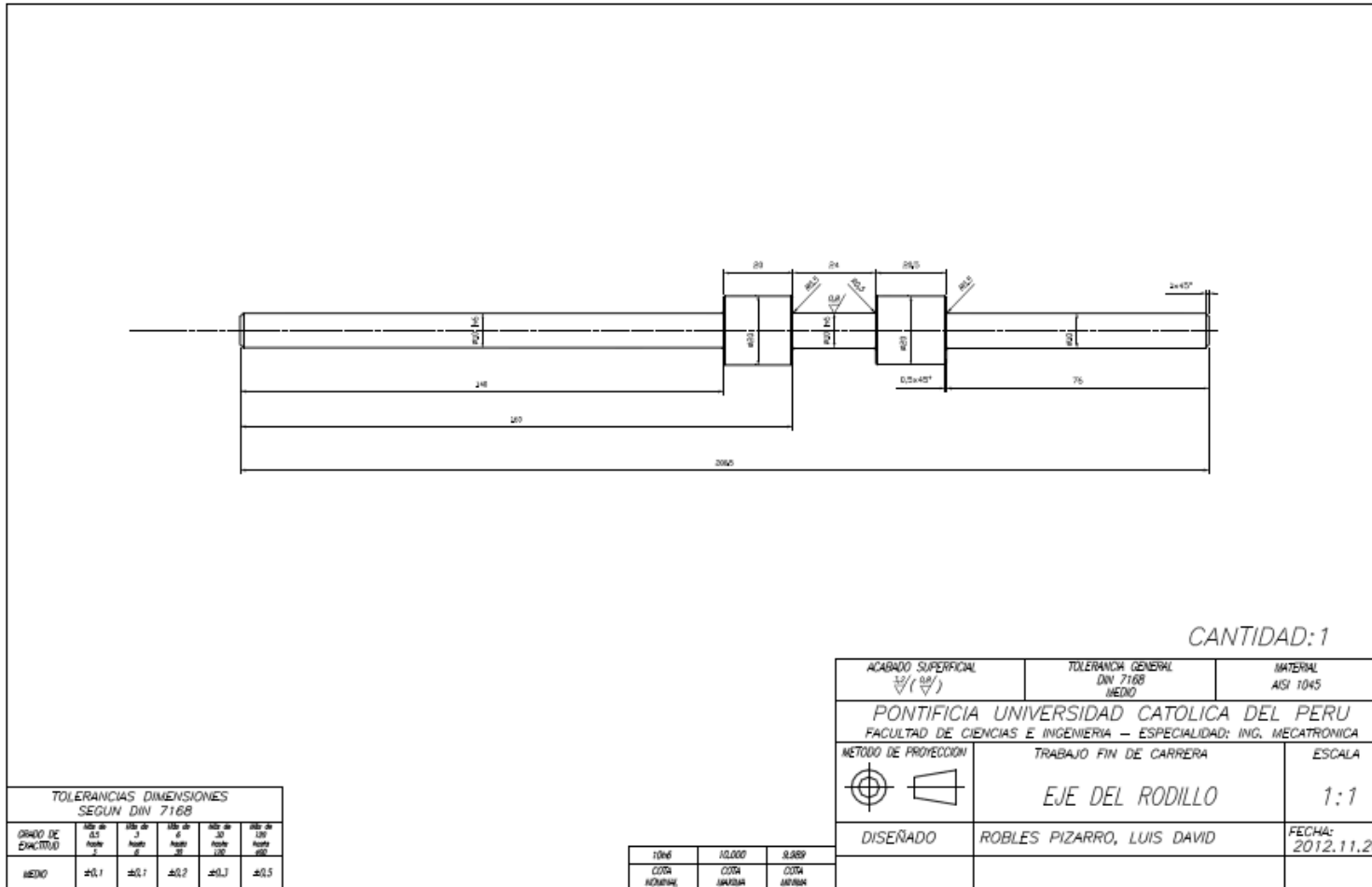


Fig. 3-15. Eje conductor del rodillo

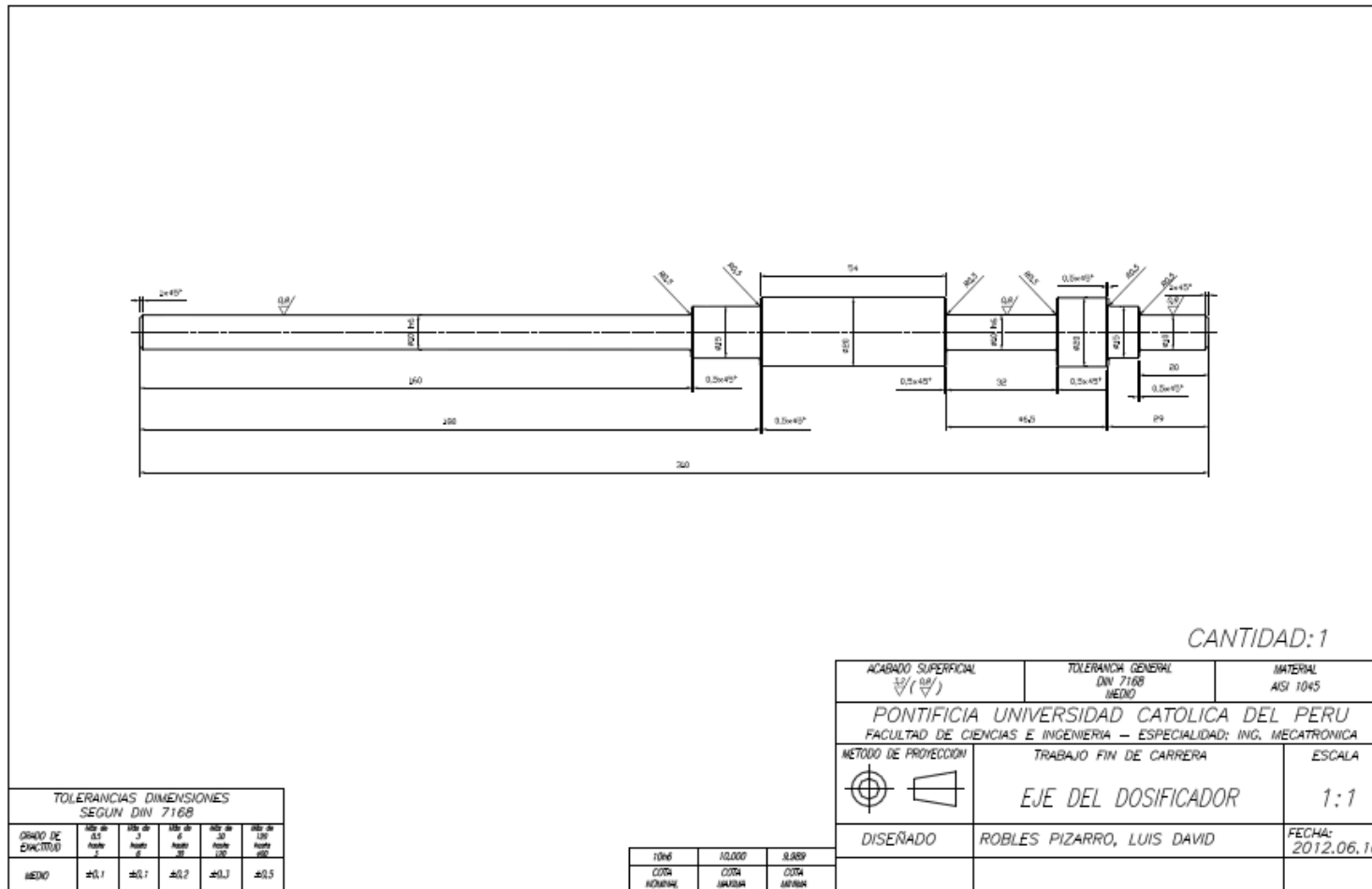


Fig. 3-16. Eje conductor del dosificador

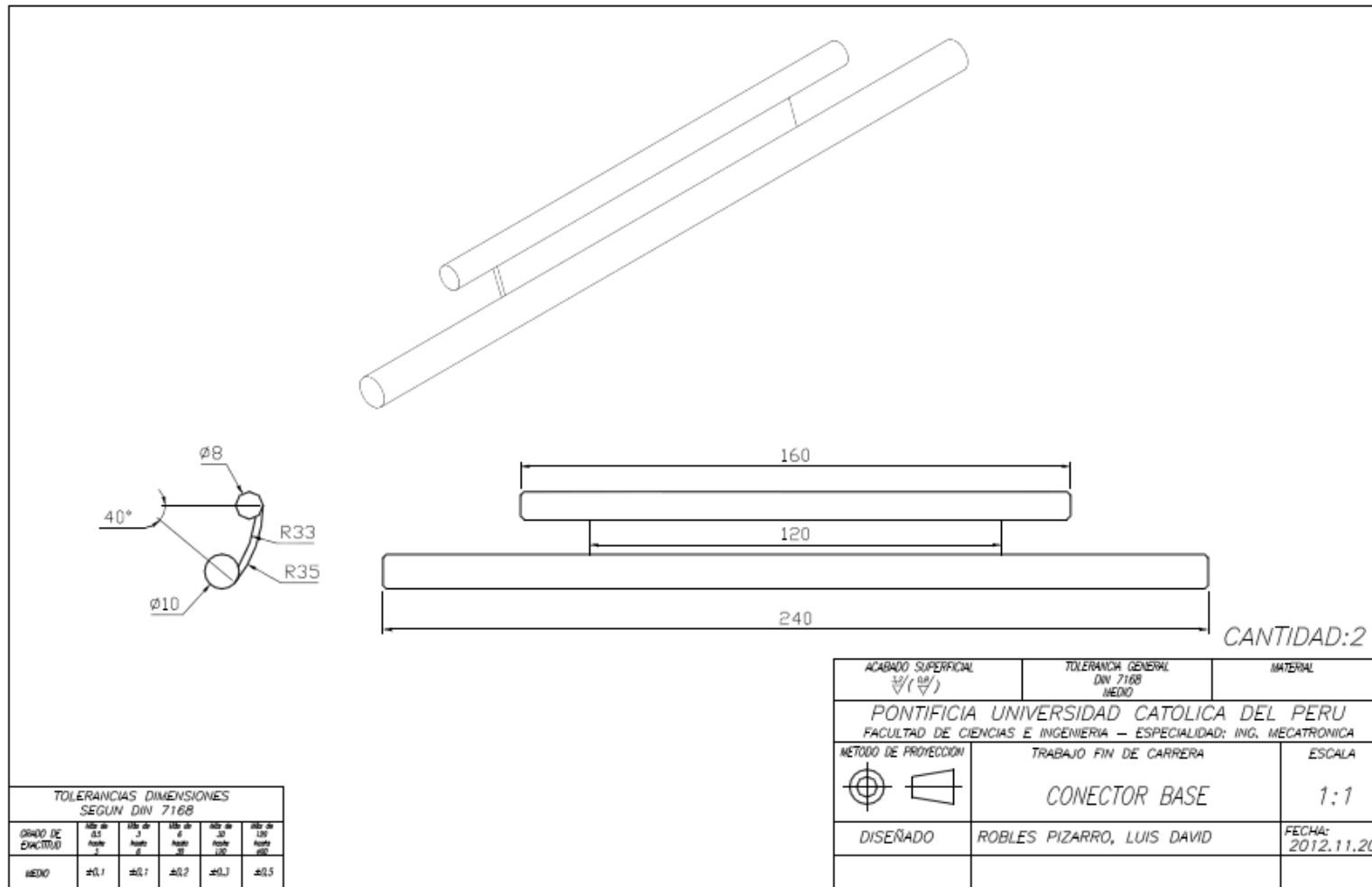


Fig. 3-17. Sujetador del cuerpo bisagra

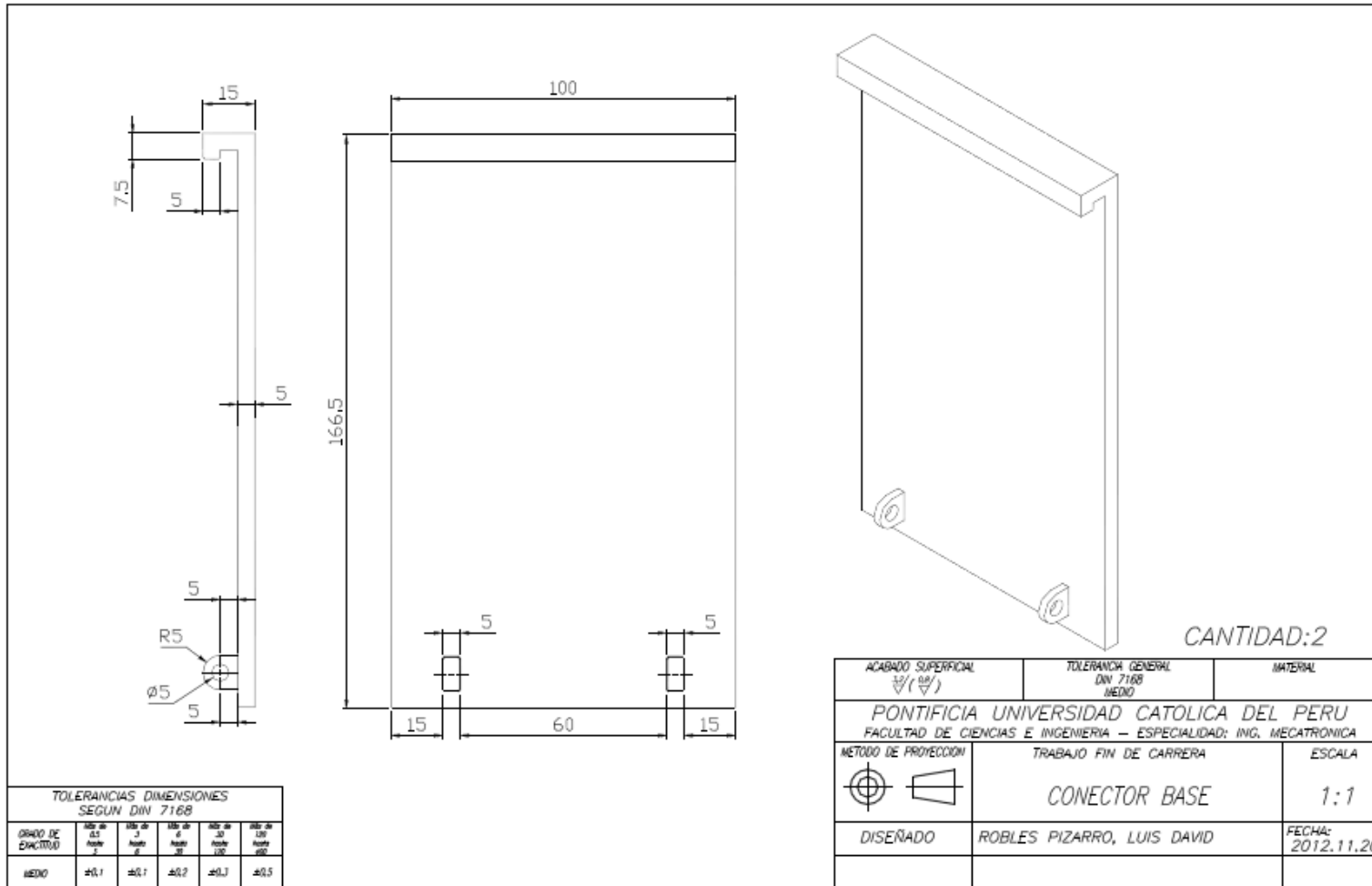


Fig. 3-18. Sujetador del cuerpo tapa

3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico

Regulador de Voltaje de 220V AC a 5V DC:

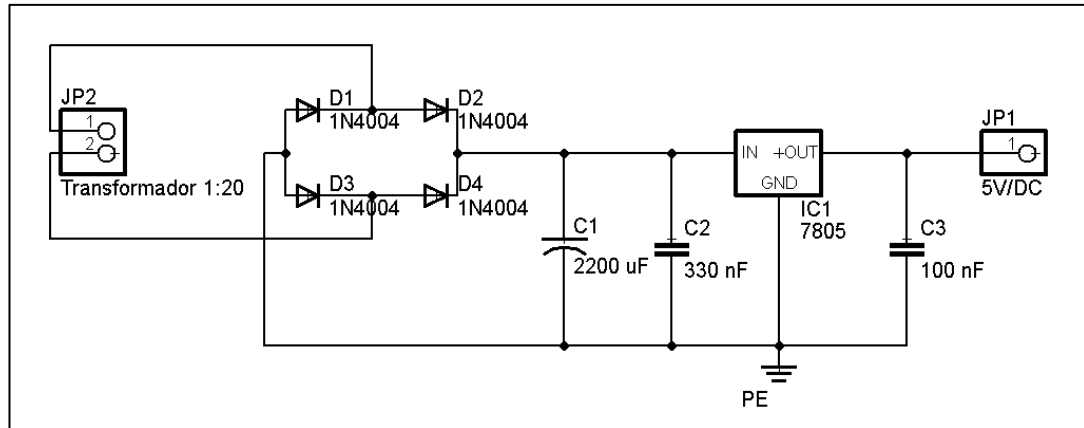


Fig. 3-19. Circuito del Regulador de voltaje a 5V

La fuente de alimentación principal es de 220V AC a 60HZ. A partir de ello obtendremos 5V de corriente continua para el funcionamiento del microcontrolador Atmega8 y del sensor ultrasónico.

En el bloque JP2, conectaremos la salida de un transformador de 1:20. Luego por medio del circuito Puente de Diodos y el condensador C1 a 220 uF, rectificaremos la imagen. Finalmente el diodo Zener 7806 convertirá el voltaje a 5V y la enviará hacia el pin de salida JP1.

Regulador de Voltaje de 220V AC a 12V DC:

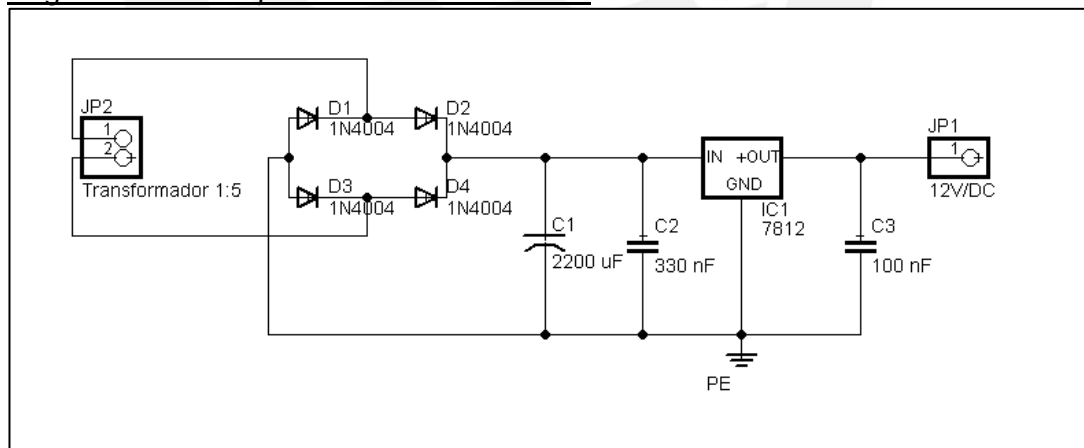


Fig. 3-20. Circuito del Regulador de voltaje a 12V

Se emplea un circuito para regular el voltaje de 220V de corriente alterna a 12V de corriente continua. Este voltaje alimentará la señal de control en el contactor y por ende dominará el funcionamiento del motor. En el bloque JP2, conectaremos la salida de un transformador de 1:5. Luego por medio del circuito Puente de Diodos y el condensador C1 enviaremos el voltaje rectificado hacia el diodo Zener 7812. De este modo obtendremos 12V en la salida y hacia el pin JP1.

Circuito del Control General – ATmega8:

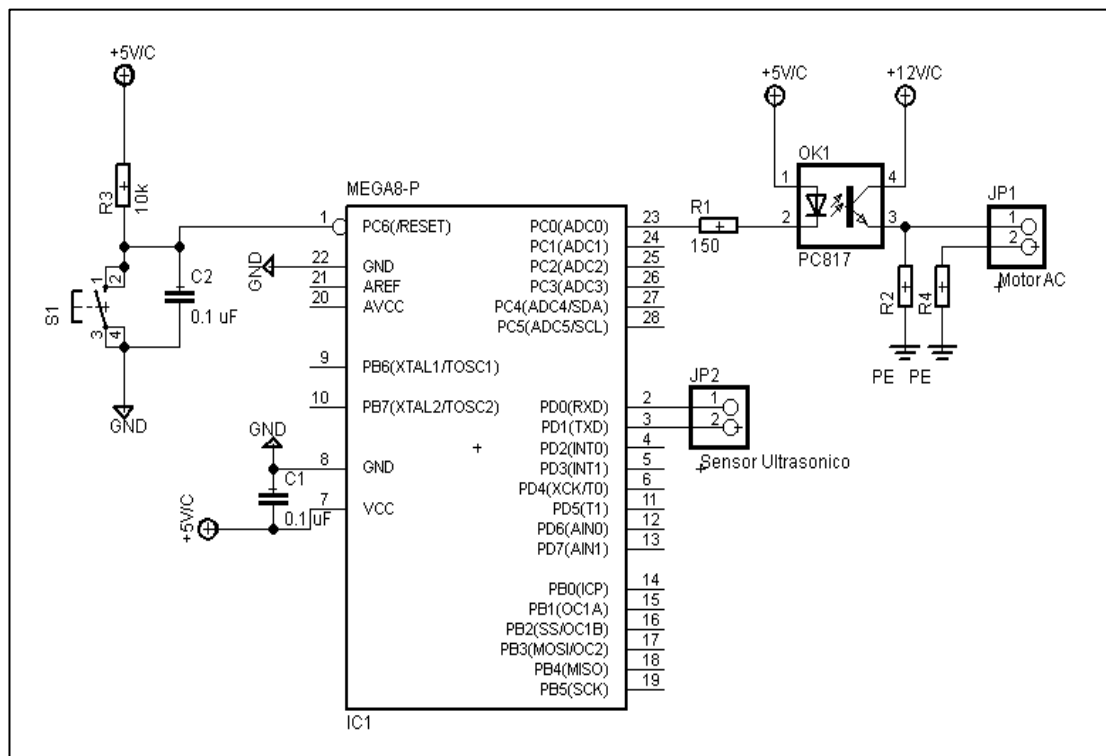


Fig. 3-21. Conexión del Atmega8 y componentes

El Circuito de Control está compuesto por un ATmega8 y otros componentes. Éstos últimos forman otras dos etapas de funcionamiento: Sensor ultrasónico y Motor AC.

El Sensor ultrasónico JP2 muestra 2 pines:

El pin número 1 está destinado para el Trigger del sensor, y se encargará de recibir la señal que controla el momento en que el sensor debe realizar la medición de la cantidad de zumo de limón en el envase.

El pin número 2 se conecta al pin Out del sensor. A través de éste, el ATmega8, recibe la información de la cantidad de zumo en forma de pulsos. Luego que procesa los datos, el microcontrolador ejecuta su control sobre el motor.

El Motor AC está representado por JP1. Este consta de dos pines que irán hacia el control del Contactor para el Motor. La señal entrará por el Pin 1 y saldrá hacia el pin 2.

De este modo el circuito se encarga de determinar si el motor está funcionando o no en función a la cantidad de zumo de limón que hay en el envase.

3.5 Diagrama de flujo del programa de control

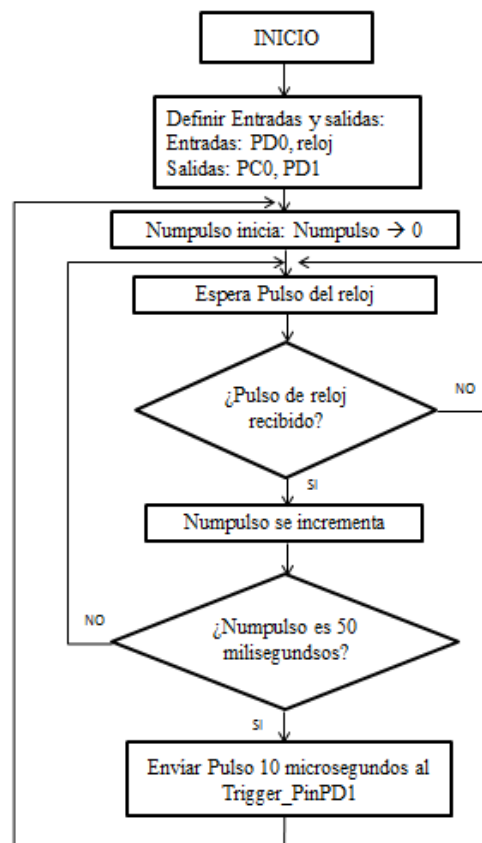


Fig. 3-22. Diagrama de flujo del programa principal del ATmega8

Una vez que se ha encendido la máquina el regulador de voltaje envía 5V hacia el Atmega8 e inicia su funcionamiento.

El micro controlador envía un pulso de 10 us de ancho hacia el disparador del ultrasonido.

El sensor ultrasónico entonces iniciará la medición: Envía ocho señales de 40 KHz, luego detecta el eco convirtiéndola en una señal eléctrica en forma de un tren de impulsos de voltaje; estos últimos son enviados por el pin de Salida al Atmega8.

El Atmega8 compara la distancia con un valor de referencia y ejecuta el resultado: Si se ha sobrepasado la distancia; es decir, detecta que el zumo de limón ha alcanzado la altura permitida; entonces se detendrá el motor. En caso no ocurra esto, el motor seguirá funcionando normalmente.

Este proceso se repetirá continuamente cada 50ms hasta que se terminen de exprimir los limones o el usuario decida apagar la máquina.

Capítulo 4

Presupuesto

COMPONENTES	PRECIO
HC-SR04 Ultrasonic	USD 4.00
MOTORREDUCTOR SIN FIN DE 0.34 HP VEL SAL	USD 110.00
VARIADOR 1HP VFD007L21B DELTA	USD 155.00
BARRA DE ACERO INOXIDABLE 1.1/4 -1 metro	USD 39.00
PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE 0.5 mm x 1220 x 2400	USD 48.90
ENGRANAJE MODULO 3 – DIAMETRO 35mm	USD 286.24
ENGRANAJE MODULO 4 – DIAMETRO 20mm	USD 43.42
ENGRANAJE MODULO 4 – DIAMETRO 30mm	USD 62.18
MATRIZ DE LOS MOLDES DE PLASTICOS: BASE, SOPORTE, TAPA, RECIPIENTE, CONTENEDOR Y DOSIFICADOR	USD 4100.00
ROTOMOLDEO DE LOS MODLES DE PLASTICO	USD 10.00
MANO DE OBRA FABRICACION - Mecanizado	USD 53.80
TOTAL	USD\$ 4912.54

Tabla 4-1: Presupuesto del sistema mecatrónico

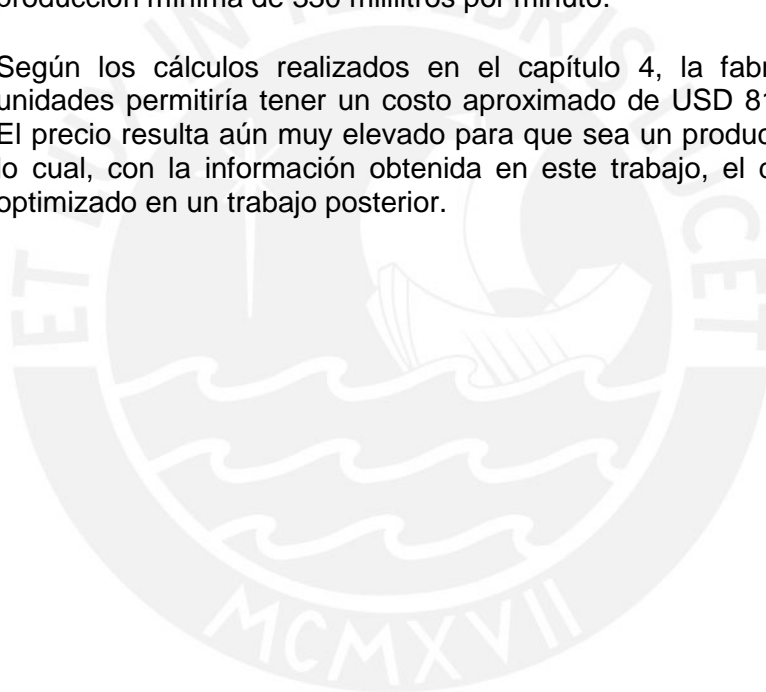
Si se decidiera fabricar más de una máquina el costo por cada uno disminuye conforme la cantidad de producción aumenta. Esto se debe a que el precio de las matrices para los moldes de plástico es un costo fijo que puede dividirse entre todos los productos.

Cantidad de máquinas	1	100	1000
Precio Unitario	USD 4912.54	USD 835.54	USD 816.64

Capítulo 5

Conclusiones

- Basado en los cálculos realizados en el anexo 5, el diseño del sistema mecatrónico para la extracción de zumo de limón garantizaría una producción mínima de 330 mililitros por minuto.
- Según los cálculos realizados en el capítulo 4, la fabricación de 1000 unidades permitiría tener un costo aproximado de USD 816.64 por unidad. El precio resulta aún muy elevado para que sea un producto comercial. Por lo cual, con la información obtenida en este trabajo, el diseño podría ser optimizado en un trabajo posterior.



Bibliografía

- [1] Frayle Mora, Jesús, “Máquinas Eléctricas”
- [2] MOTT Robert, “Diseño de Elementos de Máquinas”, México, 2006.

