



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Diseño de la práctica de perfil de velocidad

MATERIAL DIDÁCTICO

Que para obtener el título de

Ingeniero Mecatrónico

P R E S E N T A N

José Rafael Avilés Ledesma

Oswaldo Said Chanona Casas

ASESOR DE MATERIAL DIDÁCTICO

M.I. Serafín Castañeda Cedeño



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025

Índice

Introducción.....	2
1. Antecedentes.....	7
2. Objetivos.....	8
3. Desarrollo.....	9
a) Descripción del problema.....	9
b) Descripción del sistema.....	10
c) Prototipos y modelos tridimensionales.....	18
d) Método de elementos finitos y análisis de falla.....	24
e) Fabricación y ensamble.....	30
f) Parametrización de los servopacks.....	32
g) Programación del controlador.....	36
h) Uso de la Interfaz.....	46
i) Calculo del perfil y fórmulas para graficarlo.....	49
Resultados y conclusiones.....	52
Referencias.....	53
Índice de figuras.....	54
Anexos.....	56

Introducción.

A continuación, se presenta la elaboración de un sistema que busca servir de apoyo visual y conceptual en los temas relacionados con perfiles de movimiento y servomotores dentro de la asignatura de Diseño Mecatrónico de la carrera de Ingeniería Mecatrónica impartida en la Facultad de Ingeniería.

La carrera de Ingeniería en Mecatrónica y su impacto en la industria.

La mecatrónica se puede definir como una integración interdisciplinaria de un amplio conjunto de campos de la ingeniería como la mecánica, eléctrica y electrónica, computación, sistemas de control y tecnologías de la información para la creación de sistemas y entornos inteligentes. Esto hace que la ingeniería mecatrónica no solo sea útil, sino también indispensable para la industria moderna, debido a su amplia aplicación en la automatización, el desarrollo de tecnología y la optimización de procesos de producción.

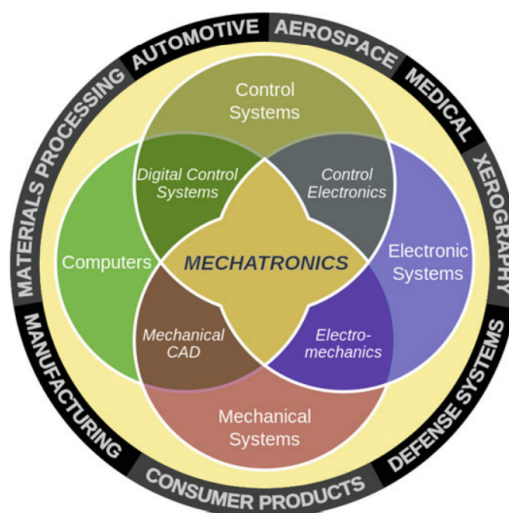


Figura 1 La mecatrónica como campo multidisciplinario [3]

Esta disciplina surgió debido a la necesidad de optimización y de la creación de tecnologías cada vez más inteligentes y eficientes tanto en la infraestructura como en el desarrollo de múltiples sectores industriales. El término 'mecatrónica' fue inventado en Japón a finales de los años 60, y Yaskawa Electric Company lo registró comercialmente, aunque ahora se usa libremente (Harashima, Tomizuka & Fukuda, 1996). Su intervención en la modernización del planeta ha sido vasta y significativa dejándonos hoy en día con la creación de muchos inventos que cada vez nos acercan más a la automatización completa de muchos procesos. Avances tecnológicos como los sensores, los actuadores, controladores, componentes electrónicos, microprocesadores y memorias son algunos inventos que han sido determinantes en esta modernización haciéndonos alcanzar un nivel superior de precisión, flexibilidad y capacidad en las creaciones del ser humano.

La mecatrónica seguirá siendo en el futuro un motor de innovación y adaptación tecnológica capaz de satisfacer con creces las necesidades cada vez mas crecientes de la economía moderna llevándonos de la mano a un futuro cada vez mas competitivo y productivo en todas las áreas de la vida posicionando al ser humano a la vanguardia del desarrollo tecnológico permitiendo que las industria avancen a un nivel acelerado, complejo y exigente.

Diseño Mecatrónico.

La fusión de las disciplinas antes mencionadas dieron paso a la creación de nuevas invenciones mas elaboradas como pasaron a ser los robots y sistemas inteligentes autónomos capaces de actuar en base a sus circunstancias de funcionamiento, el diseño de estos pasaron a crear una nueva área de la disciplina llamada diseño mecatrónico, en particular

esta área se dedica al diseño y creación de sistemas avanzados mecánicos los cuales comprenden el uso de circuitos electrónicos y sistemas de control para mejorar su funcionamiento.

El diseño mecatrónico no solo busca mejorar la precisión y funcionalidad de los sistemas, sino que también tiene como objetivo incrementar su automatización logrando que los sistemas puedan responder de forma autónoma dependiendo de sus condiciones operativas con cada vez menos necesidad de intervención humana. Este enfoque permite a los sistemas que tengan una capacidad de adaptación superior a diferentes escenarios y situaciones para la resolución de problemas, esto permite la creación de soluciones innovadoras e inteligentes que posicionan a esta disciplina como un pilar de la mecatrónica para el desarrollo tecnológico.

Servosistema.

Gran parte del objeto de estudio de la mecatrónica son los servosistemas que se definen como sistemas de control que tienen la capacidad de poder cambiar su salida dependiendo de la retroalimentación que este recibe, esto les permite tener un incremento de precisión y estabilidad en las funciones que estos desempeñan, ya sea con ayuda de sensores o diversos sistemas de referencia, esto hace que el movimiento o reacción de estos sistemas pueda estar fuertemente controlado en toda o casi toda la trayectoria que estos realizaran mediante el cambio de su velocidad y aceleración, esta retroalimentación constante nos permite que el sistema pueda amortiguar o amplificar su respuesta en tiempo real adaptándose a cambios precisos en su comportamiento. Con esto en mente podemos decir que el objetivo de estudio actual de este documento será un servosistema.

El presente diseño busca ser lo más amigable y entendible posible para el alumnado proporcionando una plataforma móvil que favorezca el aprendizaje de todos los conceptos, tanto teóricos y prácticos de los temas impartidos en la asignatura. Para la creación de este sistema se emplearon servomotores y controladores propios de la empresa de Yaskawa con una antigüedad de aproximadamente 20 años a partir de la fecha de publicación de este documento. Específicamente hablando más a detalle de los productos usados para este trabajo se utilizó el controlador SMC 4040, dos servopacks modelo SGD-V-R90A01A y dos servomotores modelo SGM-AV-01A3A61 de las Series Σ V de Yaskawa. Al conjunto de todos estos sistemas funcionando de manera integrada se le conoce como ***servosistema***, mientras que la combinación de los servomotores con sus respectivos servoamplificadores o servopacks se denomina ***servo drive***.

La integración de estos elementos busca ofrecer una solución práctica, precisa y controlada para el aprendizaje de los estudiantes, al mismo tiempo que les permite familiarizarse con tecnologías industriales avanzadas. Los servosistemas Yaskawa son conocidos por su alta precisión y fiabilidad, lo que permite obtener un rendimiento estable en aplicaciones que requieren movimientos rápidos y precisos. Gracias a la alta capacidad de respuesta y la facilidad de control, los servomotores proporcionan un entorno ideal para estudiar el comportamiento dinámico y la optimización de los sistemas mecatrónicos. Además, el uso de estos servosistemas aporta características como el control de velocidad y torque en tiempo real, lo que resulta fundamental para el aprendizaje práctico de la ingeniería mecatrónica.

El trabajo se elaboró de forma sistemática y lineal empezando primero por la elaboración del concepto del diseño y la resolución de la problemática, después se optó por la elaboración de un prototipo simple a computadora mediante su diseño en Inventor de Autodesk, después se estableció un análisis de falla mediante el cálculo de elementos finitos

para determinar la durabilidad y aguante del sistema al estrés, se hicieron pruebas de programación en los controladores previas al ensamble en platina, se ensambló el sistema ya calculado en la platina y se finalizó con las pruebas finales de funcionamiento.



Figura 2 Controlador SMC-4000 [6, 2007]



Figura 3 Servopack SGDVR90A01A [1, 2007]



Figura 4 Servomotor SGMAV-01A3A61 [5, 2007]

1. Antecedentes.

La carrera de Ingeniería Mecatrónica en la Facultad de Ingeniería tuvo como precursora la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, la cual fue dividida en 1994 en tres nuevas carreras: Ingeniero Mecánico, Ingeniero Industrial e Ingeniero Eléctrico Electrónico, bajo la administración del director José Manuel Covarrubias Solís. La carrera de Ingeniería Mecatrónica pasó a ser sucesora y fue creada como carrera derivada en 2003, obteniendo por primera vez su certificación oficial ante el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI) en 2005, año en el que fue clasificada como parte de la División de Ingeniería Mecánica e Industrial (DIMEI), durante la administración del director Gerardo Ferrando Bravo. [11, 2007]

La carrera de Ingeniería Mecatrónica, en su mapa curricular de 2016, cuenta con 10 semestres, donde la asignatura de Diseño Mecatrónico está seriada con las materias de Análisis de Circuitos, Electrónica Básica y Circuitos Digitales. Todas estas, junto con los fundamentos de la asignatura de Control Automático, resultan esenciales para el entendimiento de la asignatura de Diseño Mecatrónico, la cual se enfoca principalmente en el control aplicado a sistemas actuados. Este conjunto de conocimientos proporciona una base fundamental para realizar una contribución en dicha asignatura, específicamente en la elaboración de un servosistema.

Es indudable que la presencia de servomotores ha sido creciente conforme pasan los años dentro de un gran número de industrias como la industria automotriz, alimentaria, militar, aeronáutica, manufacturera, eléctrica, robótica, entre muchas otras. Todos estos productos y su capacidad para poder manejar de forma precisa y eficaz operaciones mecánicas los hacen muy útiles y necesarios para la elaboración de procesos productivos en largas cadenas de producción. Esta clase de

sistemas ayudan a mejorar la eficiencia y precisión dentro de la industria a niveles nunca vistos.

Partiendo de esta analogía y forma de pensamiento decidimos que entre una gran cantidad de ejemplos del uso de estos sistemas en las empresas la forma más visual y sencilla de la demostración de la precisión y de las capacidades de los servomotores sería mediante el uso de un sistema para embotellar compuesto por un tornillo sin fin que transportaría la botella y un sistema superior que pondría la tapadera en una posición predefinida por el alumno.

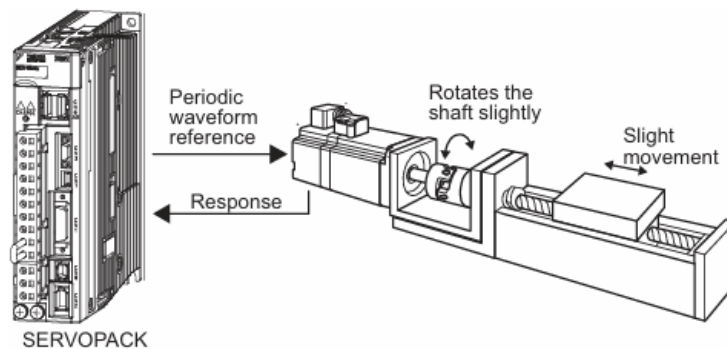


Figura 5 Sistema del tornillo sin fin [1, 2007]

2. Objetivos.

Objetivo general: Crear material didáctico que relacione la teoría y los fundamentos básicos del funcionamiento de los servomotores, así como su implementación práctica mediante un sistema de embotellado, en el contexto del aprendizaje del diseño mecatrónico.

Objetivos secundarios:

- Implementar un ejercicio práctico donde los alumnos experimenten el trabajar con servomotores industriales mediante el cálculo de su perfil de velocidad.
- Fomentar el aprendizaje de los alumnos sobre los temas de los perfiles de posición, velocidad y aceleración.
- Analizar el comportamiento y precisión de los servomotores en el contexto de su uso en un modelo.
- Fomentar el trabajo en equipo y colaboración de estudiantes en proyectos futuros semejantes a este, donde integren sus conocimientos adquiridos en diversas áreas de la ingeniería.

3. Desarrollo.

a) Descripción del problema.

A pesar de la creciente aparición de los servomotores en la industria un porcentaje considerablemente grande de la población no tiene idea de cómo es que funcionan o con que medios o fundamentos es que pueden llegar a tener esta clase de movimientos.

En el ámbito de la enseñanza se vuelve un poco complicado ilustrar de forma efectiva tanto la parte teórica como la práctica de su funcionamiento debido a que es necesario un conjunto de conocimientos complementarios de áreas de la ingeniería entre si como control, electromagnetismo, electrónica básica, ecuaciones diferenciales, mecánica, diseño mecánico, programación automatización y manufactura. El conocimiento de todas estas áreas de la ingeniería es necesario para entender de manera efectiva el funcionamiento de los servomotores y el rezago de al menos una de estas áreas afectara de

alguna manera en el aprendizaje del alumno y en cómo es que comprende el funcionamiento de estos. Todo esto da lugar a una necesidad de tiempo bastante grande que necesitara el alumno para comprender el tema por completo, la problemática yace en los periodos de duración corta de los semestres y en la abundancia de información sobre esta materia la cual no da tiempo suficiente al alumno ni a los profesores para procesar y enseñar toda esta información. Esto hace que muchas veces se de preferencia al aprendizaje ya sea de la parte teórica o la practica dejando una deficiencia en el proceso.

El proyecto presente busca ayudar a los alumnos a digerir ambas partes del aprendizaje mediante este ejemplo de la embotelladora para acelerar el entendimiento de los temas relacionados con la asignatura.

b) Descripción del sistema.

El producto consistirá en un sistema ensamblado dentro de una platina cuadrada de aproximadamente 76cm x 76cm metida dentro de un gabinete grande de acero inoxidable, el sistema debe tener espacio para las canaletas, el posicionamiento correcto del controlador SMC 4040, de sus servopacks y de los servomotores, además de mantener un espacio considerable para poder elaborar el sistema del servomotor con el tornillo sin fin y del mecanismo que pondrá la tapa. El proyecto además necesitara varios elementos manufacturados para asegurar la durabilidad del sistema y así poder alcanzar una mayor vida útil.

Hablando de la distribución del sistema se plantearon distintas alternativas donde todas tenían sus ventajas y desventajas, al final nos decidimos por el siguiente diseño donde se planteó colocar los controladores, la fuente de poder y las canaletas en la parte de abajo y el

sistema de embotellamiento en la parte media superior de la platina quedando de la siguiente forma.

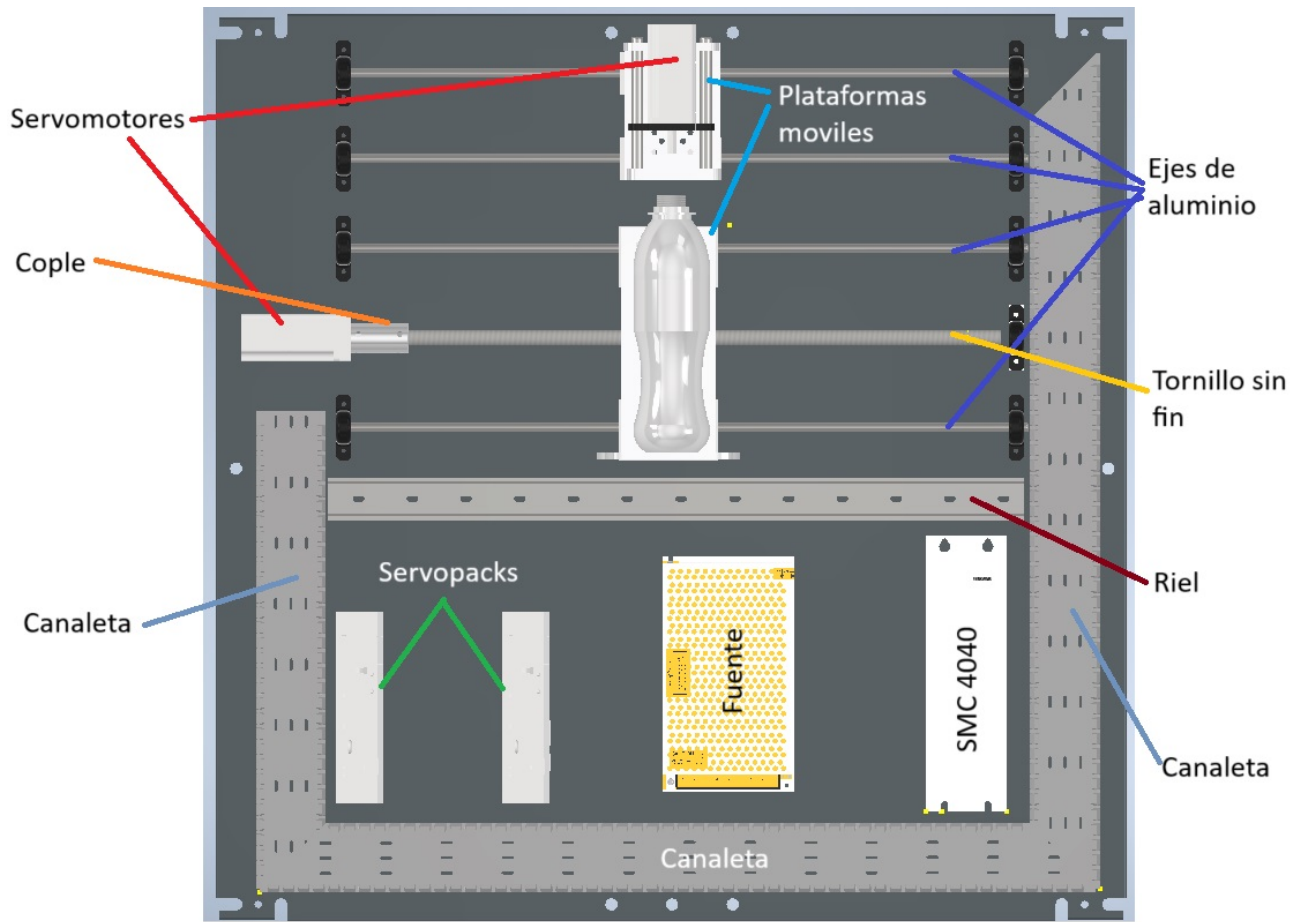


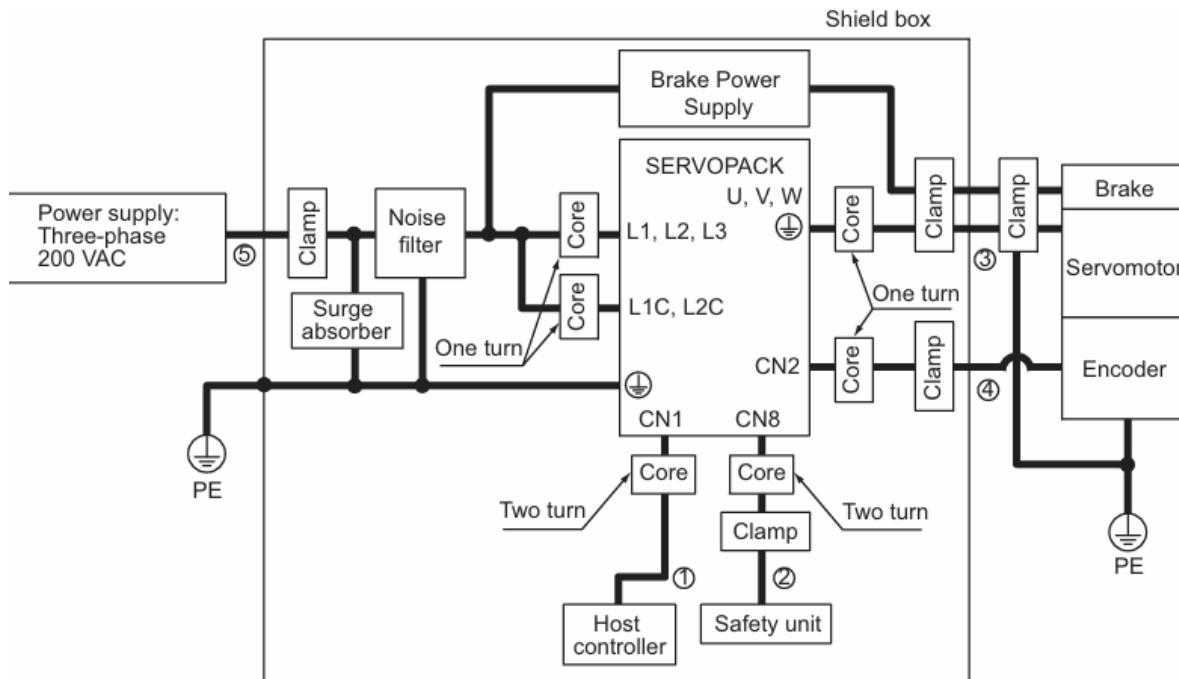
Figura 6 Distribución en platina

A medida se fué avanzando en el proyecto llegamos a esta conclusión debido a que las conexiones de todo este sistema eran muy largas y estorbosas por lo que las canaletas iban a cargar con la mayor parte del peso de las conexiones y era más conveniente tener el mayor peso posible en la parte inferior por cuestiones de estabilidad. Hablando de las conexiones eléctricas los servopacks debían estar conectados a una bajada a 220 Volts trifásica y el controlador SMC 4040 debía tener una

fuelle de 24 Volts constantes como se ve en el diagrama de abajo (Figura 11). Para la acción de los interruptores se decidió por termomagnéticos debido a que ya contábamos con ellos en el edificio. Al inicio decidimos trabajar con los controladores sin la platina para comprender mejor su funcionamiento y conexiones antes de ensamblarlos.

■ Three-phase 200 V

- SGD V-□□□A01A (□□□ = R70, R90, 1R6, 2R8, 3R8, 5R5, 7R6)



Symbol	Cable Name	Specification
①	I/O signal cable	Shield cable
②	Safety signal cable	Shield cable
③	Motor main circuit cable	Shield cable
④	Encoder cable	Shield cable
⑤	Main circuit cable	Shield cable

Figura 7 Conexión unitaria del servopack [1, 2007]

■ SGDV-□□□A01□

• Using a Three-phase, 200-V Power Supply

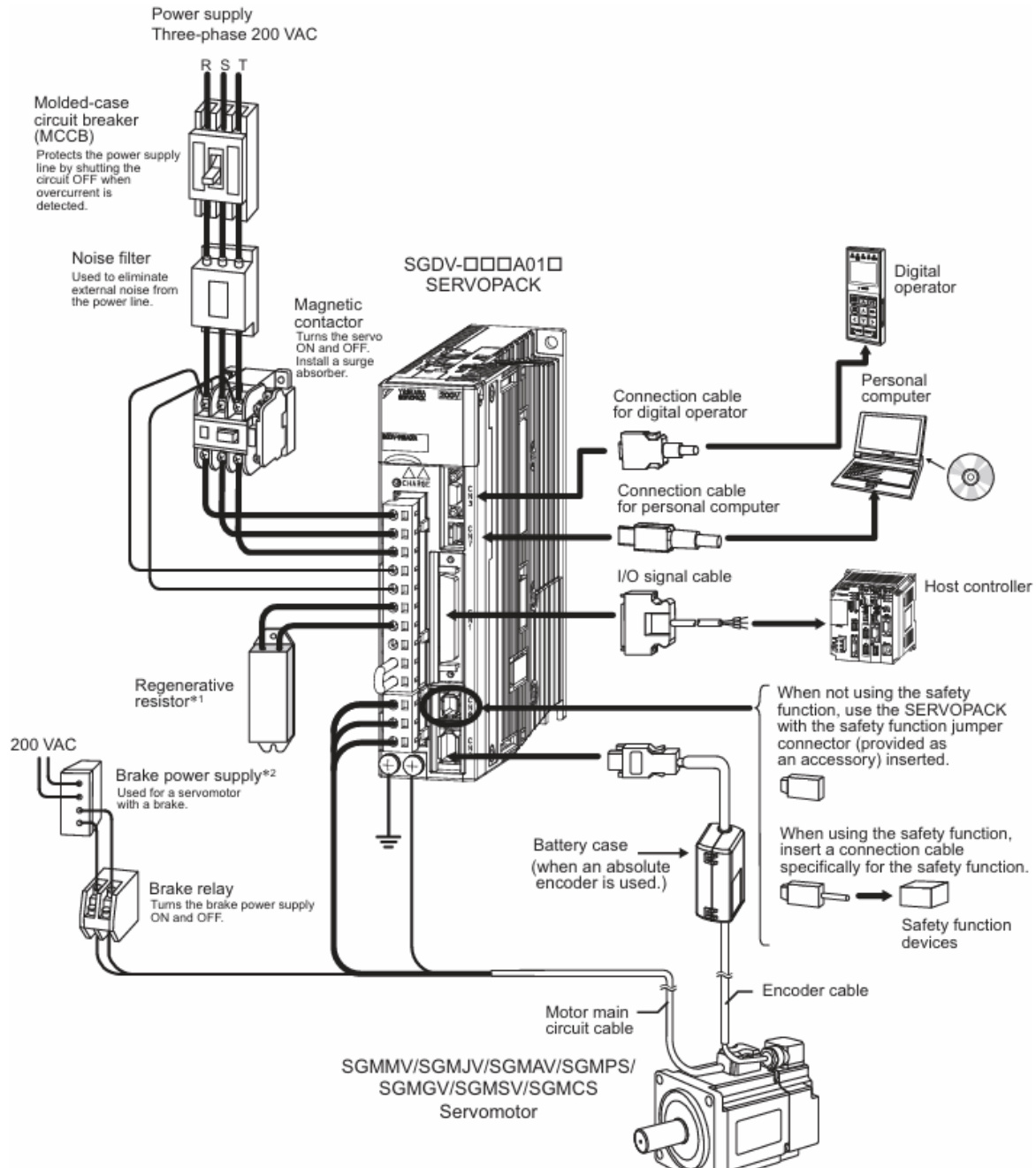


Figura 8 Diagrama de conexiones servopack [1, 2007]

1.4.4 Three-phase 200 V, SGD V-R70A01□, -R90A01□, -1R6A01□ Models

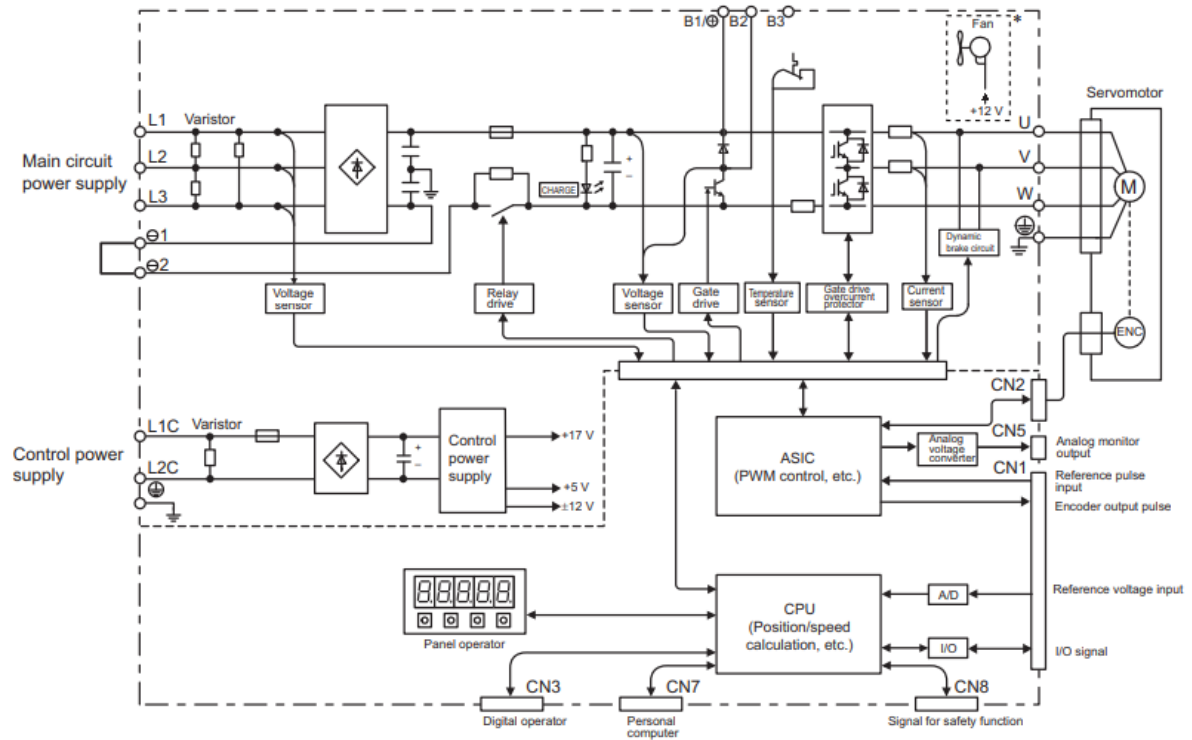


Figura 9 Conexiones internas del servopack [1, 2007]

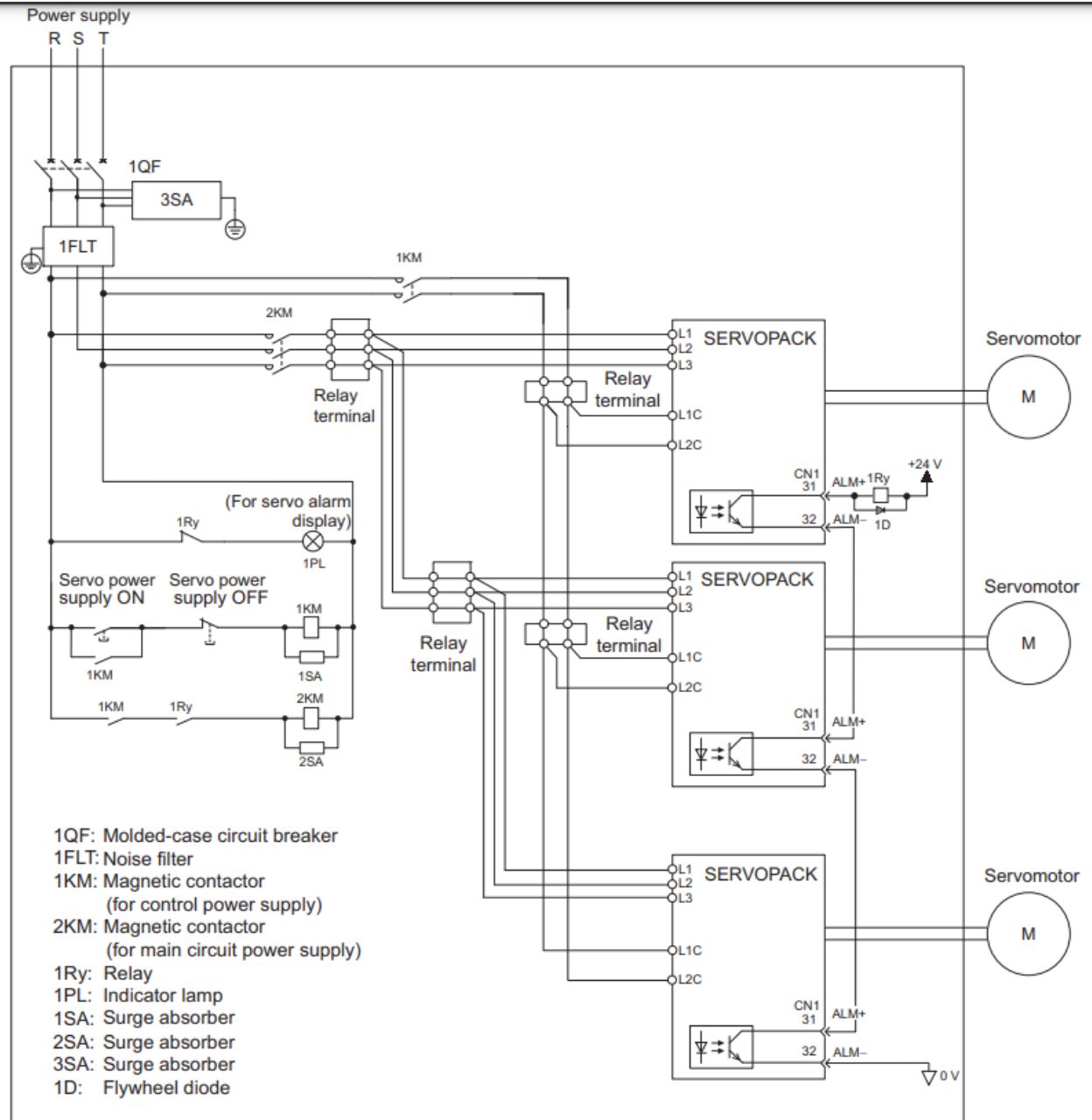


Figura 10 Conexión múltiple a varios servopacks [1, 2007]

No.	Name	Description
(1)	Power ON	A green LED that indicates power is being applied to the SMC-4000.
(2)	Alarm/Error	A red LED that will flash ON at power up and stay lit for approximately 2 seconds. After power up, the LED will illuminate for the following reasons: • An axis has a position error greater than the error limit. The error limit is set by using the ER command. • The reset input on the controller is held low or is being affected by noise. • There is a failure in the controller and the processor is resetting itself. • There is a failure in the output IC which drives the error signal.
(3)	CN6	9 pin male D-Sub serial port connector
(4)	CN5	3M 50 pin high density I/O connector
(5)	RST	Reset button. Causes the controller to reboot, and load the application program and parameters from flash. If the program contains an #AUTO label, it will automatically execute.
(6)	Ethernet status	A green LED that is lit when there is an Ethernet connection to the controller. This LED indicates physical connection, not active communication.
(7)	Ethernet status	The yellow LED indicates traffic across the Ethernet connection. This LED will show both transmit and receive activity across the connection. If there is no Ethernet connection or IP address assigned, the LED will flash at regular intervals to show that the BOOTP packets are being broadcast.
(8)	CN4	10 BaseT Ethernet RJ45 Connector
(9)		Power Connector (+24VDC, 0VDC, FG )

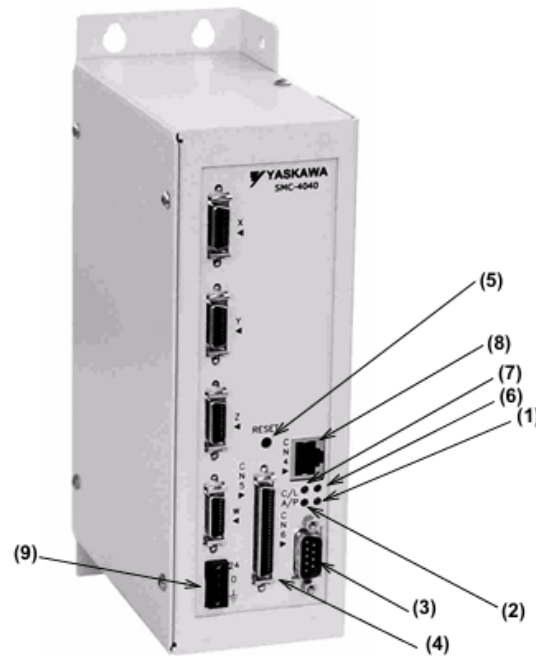


Figura 11 Conexiones SMC-4040 [6, 2007]

c) Prototipos y modelos tridimensionales.

A partir de tener una idea más clara de nuestra solución a la problemática decidimos que la mejor forma de tener un panorama realista de nuestro entorno de trabajo seria realizando modelos 3D de todos los componentes físicos que fuéramos a utilizar. El software elegido para tales fines fue Inventor de Autodesk® donde se obtuvieron los modelos y los planos con medidas de cada uno de los componentes. A continuación, se muestran los resultados de los modelos obtenidos.

- Servomotor SGMV-01A3A61

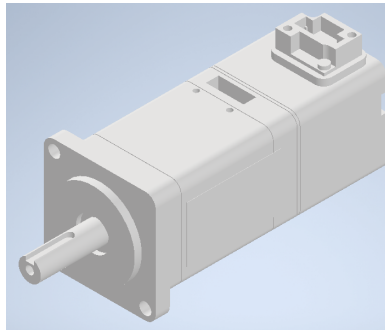


Figura 12 Modelo 3D servomotor SGMV-01A3A61 [5, 2007]

- Servopack SGDV-R90A01A

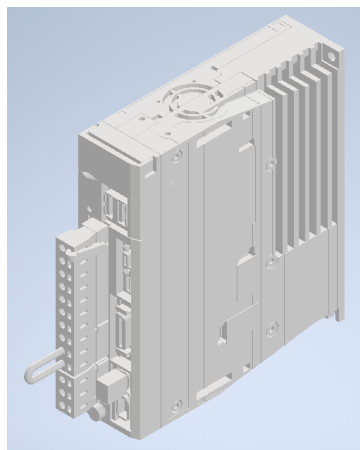


Figura 13 Modelo 3D servopack SGDV-R90A01A [1, 2007]

- Controlador SMC-4040

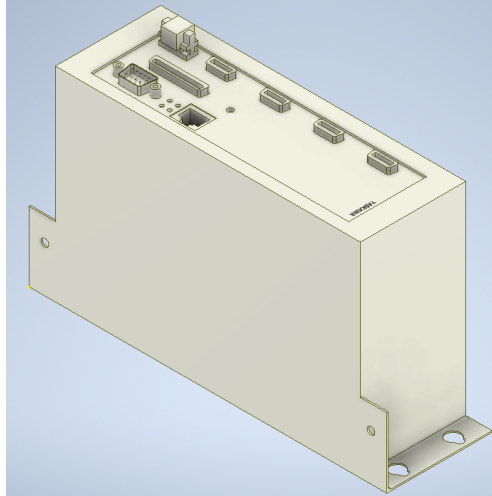


Figura 14 Modelo 3D controlador SMC-4040

- Platina

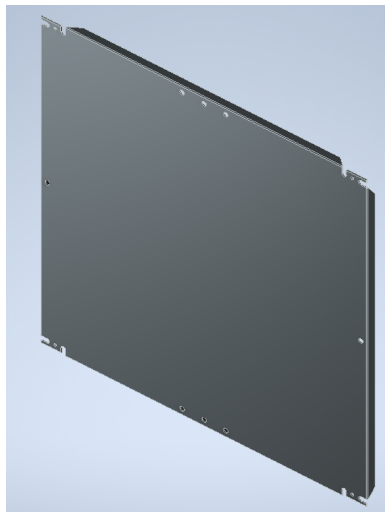


Figura 15 Modelo 3D platina

- Canaleta

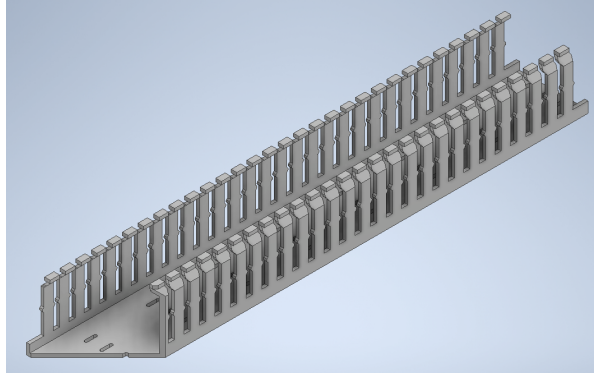


Figura 16 Modelo 3D canaleta

- Gabinete

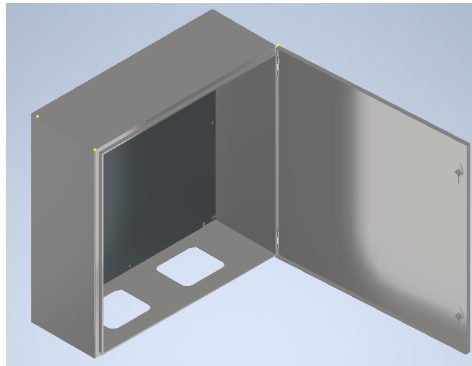


Figura 17 Modelo 3D gabinete vacío

- Chumacera

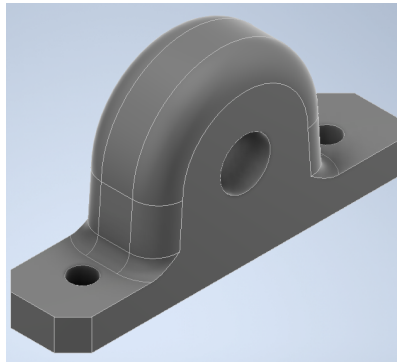


Figura 18 Modelo 3D chumacera

- Base inferior

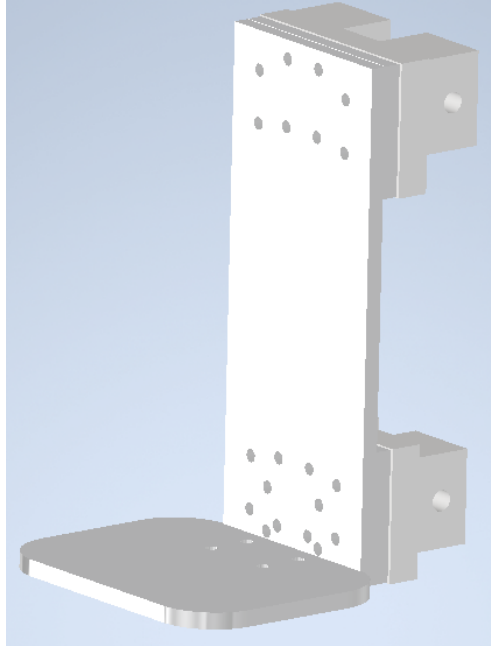


Figura 19 Modelo 3D base Inferior

- Base superior

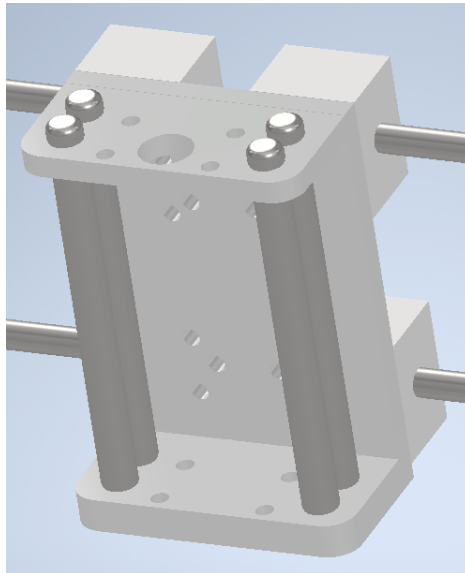


Figura 20 Modelo 3D base superior

- Fuente de poder 24V a 10A

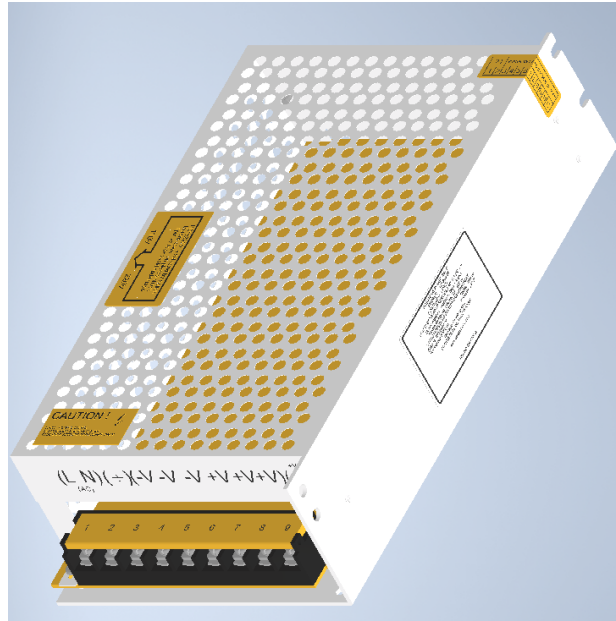


Figura 21 Modelo 3D fuente de poder [9]

Posterior a la creación de cada uno de los modelos tridimensionales se usó la distribución de la *Figura 5* para poder ensamblar todos los componentes dentro de la platina y que así pudieran formar un conjunto. Debido a las formas un poco irregulares de las bases superiores e inferiores se optó por ensamblarlas entre sí únicamente maquinando placas que se unirán con tornillería para formar cada parte específica. A continuación, se muestra el resultado obtenido del ensamble completo poniendo un modelo a escala también hecho en el software de una botella de 499ml como muestra base para poder usar en el sistema.

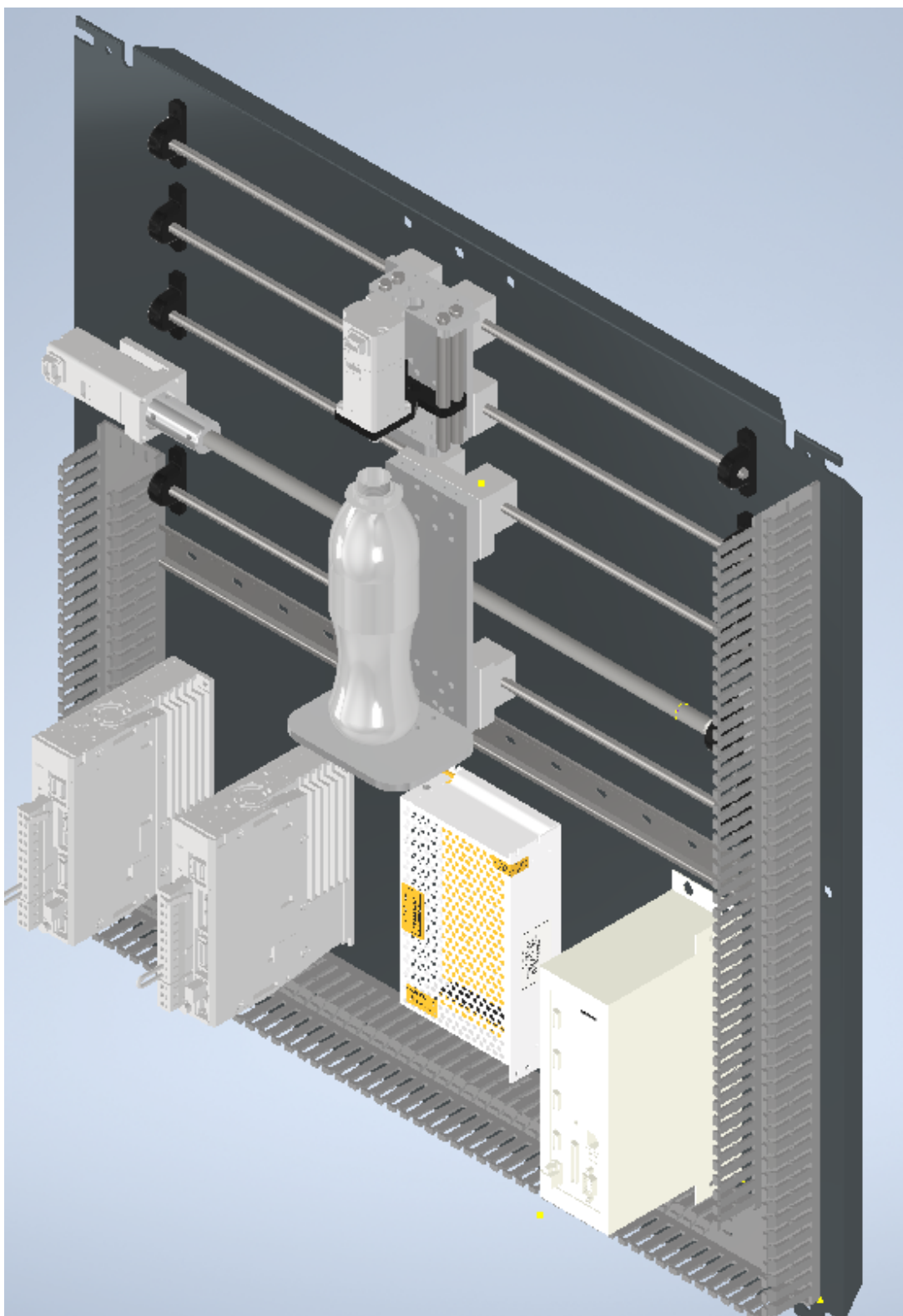


Figura 22 Modelo tridimensional de ensamble en platina

d) Método de elementos finitos y análisis de falla.

A través de la creación del sistema completo resulto pertinente hacer un análisis de esfuerzos para poder asegurar la durabilidad y calidad de los componentes más frágiles o susceptibles a falla, en este caso se determinó que la pieza más propensa al fallo sería los *shafts* de aluminio empleados como ejes de sujeción de las bases superiores e inferiores, esto debido a que los *shafts* tienen aproximadamente 8mm de diámetro y abarcan unos 60 cm de largo.

Haciendo los cálculos en base a las densidades del aluminio y utilizando las masas aproximadas que mostraba Inventor Autodesk®, se llegó a la conclusión de que el punto de mayor esfuerzo o estrés al que se sometería la pieza sería la parte media del *shaft*, sometido a una carga de aproximadamente kilo y medio, buscando evaluar cualquier posible defecto o deformación que pudiera presentarse con el tiempo. También se buscará obtener el factor de seguridad de la pieza, asegurando que este sea, como mínimo, superior a 1 para garantizar el adecuado funcionamiento del sistema.

Componentes sujetos a la carga

- *Shafts* de 8mm de diámetro y 58 cm de largo hechos de acero.



Figura 23 Modelo 3D shaft

- Chumaceras de 8mm de diámetro interno elaboradas de una aleación de zinc y aluminio ZA27.

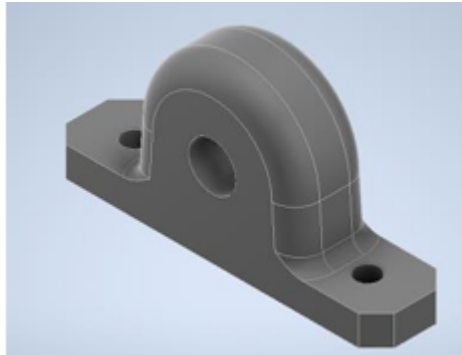


Figura 24 Chumaceras KP08 husillo 8mm

Cálculo de masas.

Para el cálculo de la masa total de los componentes que provocan la carga en el *shaft* se calcularán mediante su densidad del material y su volumen proporcionado mediante el software de Inventor Autodesk® por medio de la siguiente formula.

$$[1] \text{ Masa} = \text{Volumen} * \text{Densidad}$$

A continuación, se muestran los cálculos individuales de cada pieza de su respectiva masa, es importante aclarar que el servomotor se tomó con una medida de aproximadamente 400 gramos según su documentación.

➤ Base Móvil de aluminio 6061

Volumen

Volumen 157470.755 mm³

Densidad

Densidad

2.700 g/cm³

Masa

Masa 0.425 kg

➤ Shaft 8mm x 10cm de acero inoxidable

Volumen

Volumen 29115.651 mm³

Densidad

Densidad

8.000 g/cm³

Masa

Masa 0.233 kg

➤ Placa de aluminio 6061 de Servomotor

Volumen

Volumen 21061.116 mm³

Densidad

Densidad

2.700 g/cm³

Masa

Masa 0.057 kg

- Masa total.

$$[2] \text{ Masa } T = .425[kg] + (2 * .233[kg]) + .057[kg] + .4[kg]$$

$$\text{Masa } T = 1.348[kg]$$

- Calculo de fuerza.

Usando como valor de aceleración la gravedad tenemos el siguiente resultado.

$$[3] \text{ Fuerza} = 1.348 [kg] * 9.81 \left[\frac{m}{seg^2} \right]$$

$$\text{Fuerza} = 13.22[N]$$

- Análisis MEF.

Para obtener un momento máximo en nuestro sistema se tomará en cuenta la distancia máxima que pueda haber entre cada junta entre el número de juntas, para este caso será a la mitad del *shaft* dado que se encuentra a distancias exactas entre cada chumacera como se ve en la siguiente imagen.

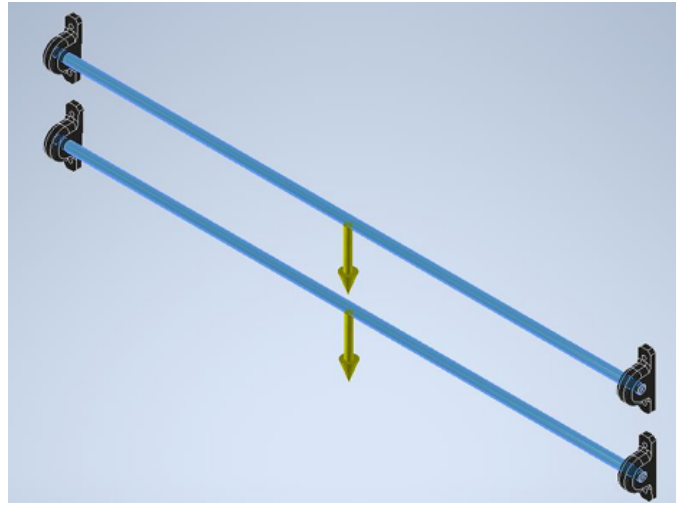


Figura 25 Distribución de esfuerzos superior

A continuación, se muestran los resultados del análisis del sistema sometido a una carga bien distribuida entre 2 ejes con la fuerza de 13.22 [N].

Tensión de Von Mises: Para este caso se observa que no existen esfuerzos que comprometan a la integridad de la pieza en ninguna parte del sistema por lo que podemos decir que el Shaft es viable para su implementación.

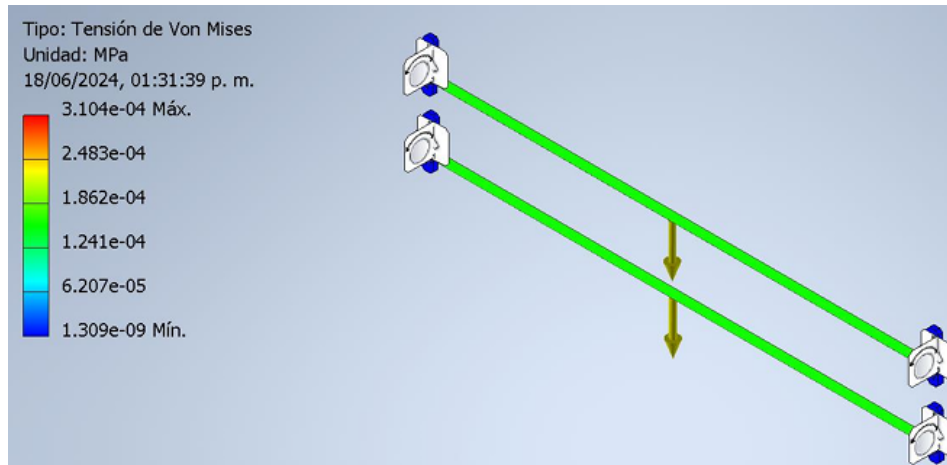


Figura 26 Tensión de Von Mises

Desplazamiento: Al no haber esfuerzos grandes a la estructura del sistema también podemos observar que la deformación para este caso es casi inexistente de 1.25×10^{-8} mm.

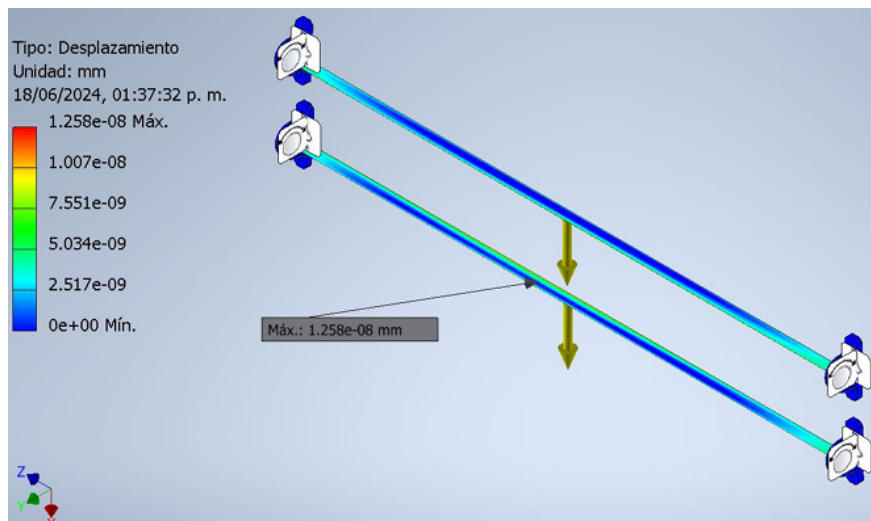


Figura 27 Desplazamiento

Coeficiente de seguridad: El análisis también mostro resultados muy favorables debido a que el factor de seguridad mínimo que marco en

todo el sistema fue de 15 lo que significa que es bastante robusto y no debería de sufrir ningún tipo de deformación o falla.

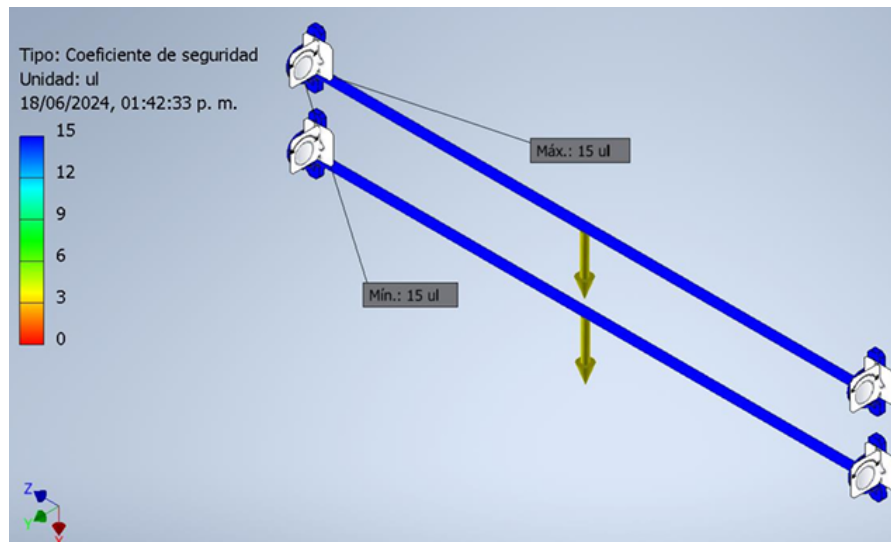


Figura 28 Coeficiente de seguridad

Después de realizar los Análisis podemos decir con total seguridad que las piezas que elegimos son suficientes para nuestra aplicación y no debería de haber ninguna deformación o falla en ninguno de los componentes por lo que podemos decir que la longevidad del sistema esta comprobada para las condiciones de trabajo propuestas.

e) Fabricación y ensamble.

La fabricación practica del sistema empezó usando la platina sobrante de un proyecto anterior la cual todavía tenía remaches y componentes por lo que lo primero que se hizo fue dejar a la platina sola sin nada puesto encima de ella. Posteriormente se utilizó un taladro para marcar los orificios necesarios para poder asegurar nuestros componentes en los lugares necesarios. Para asegurar la posición correcta de todos los componentes se midieron meticulosamente las distancias entre cada orificio usando de referencia el CAD que habíamos elaborado

anteriormente esto hizo que se evitaran errores al momento de taladrar. Después procedimos con la compra de todos los componentes necesarios que nos faltaban como las chumaceras, la fuente de poder, los cables para poder interconectar todo, la tornillería, los sensores de final de carrera y las herramientas necesarias para poder instalar las cosas. Al mismo tiempo se mandaron a maquinar las placas con sus geometrías propuestas para poder ensamblar todo de manera más sencilla al final. A continuación, se muestra el resultado del ensamblaje de las partes principales que hacían posible el movimiento de la estructura ya con los servomotores.

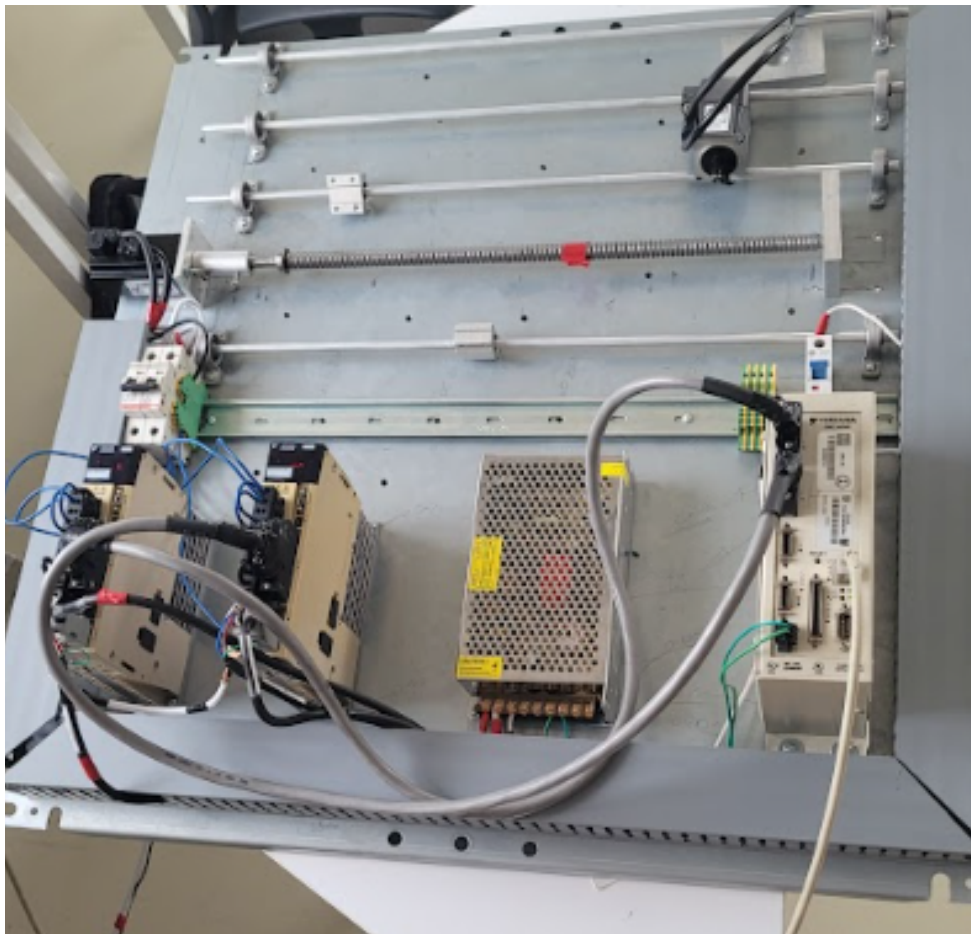


Figura 29 Sistema ensamblado en platina 1

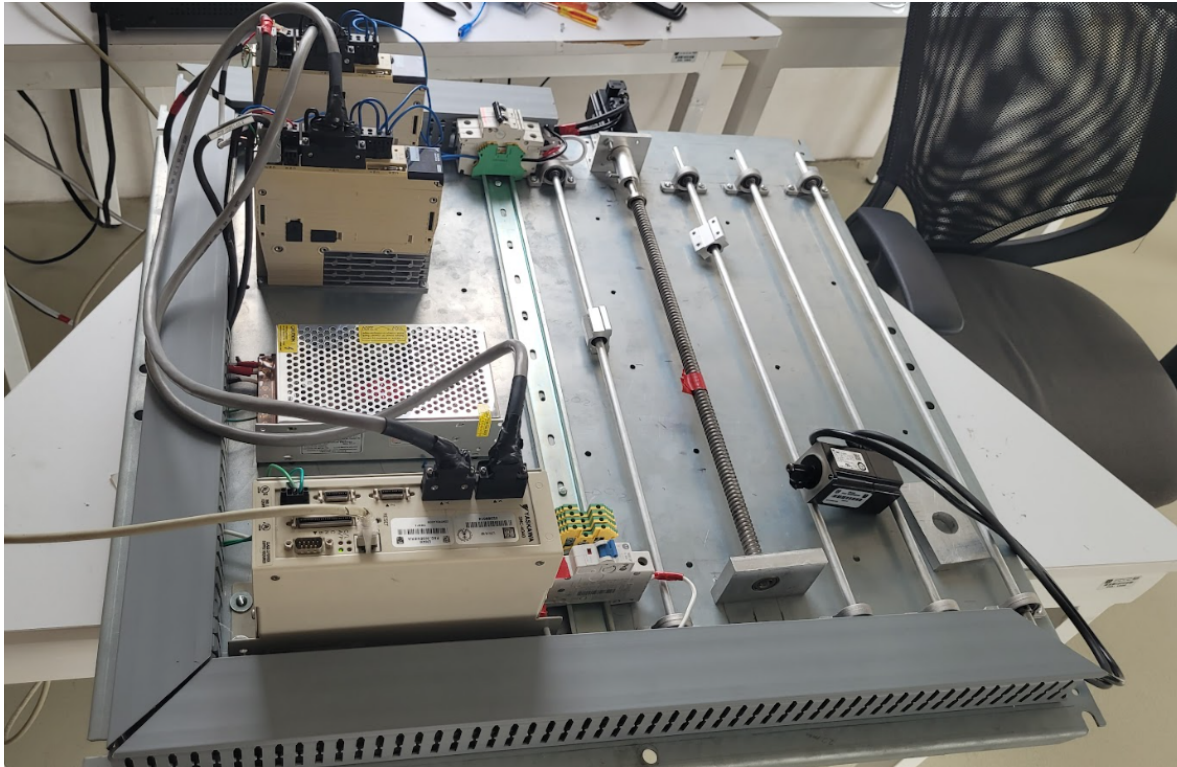


Figura 30 Sistema ensamblado en platina 2

Este paso nos permitió ya poder empezar con la programación de los servomotores en un ambiente más realista debido a que ya con las distancias fijas y el tornillo sin fin puesto era posible empezar con la realización de los cálculos necesarios para poder determinar una interfaz que trabajara herméticamente bajo las condiciones del sistema sin el riesgo de un excedente del movimiento de los servomotores que podría romper las chumaceras y los ejes.

f) Parametrización de los servopacks.

Empezando con la parte de la programación es importante recalcar que no solo es necesario el código del controlador principal para poder mover los servomotores sino que también es necesario parametrizar primero los servopacks para poder predefinir bajo qué condiciones es

que se moverán los servomotores, dentro de esta parametrización se manejan valores como el sistema de referencia de posición de los servomotores, el límite de torque que manejan, la activación de alarmas de movimiento, el POT y NOT, el método de comunicación que establecerá con los demás sistemas, entre muchos otros parámetros que son necesarios.

Para efectuar dicha parametrización existen dos formas de hacerlo una forma en el servopack mismo mediante los botones que tiene el componente y otra haciendo uso del software propio de Yaskawa llamado Sigma Win + Versión 7.45 que maneja esta parametrización de una forma más sencilla y mejor organizada, por este mismo motivo elegimos la segunda opción para hacer la parametrización.



Figura 31 Programa Sigma Win+ Ver 7.45 [8]

Manteniendo comunicación con el personal de la empresa para asesorarnos sobre como configurarlos y obteniendo ayuda adicional, a continuación, se muestra la configuración de los parámetros más importantes del servopack con la que fue posible efectuar el movimiento de los servomotores. Los valores restantes se pueden obtener del reinicio de fábrica de los servopacks y vienen predeterminados después del reinicio.

No.	Name	Unit	0001-SGDV-R90A01A
			Axis A
Pn000.0	Direction Selection	—	0 : Sets CCW as forward direction.
Pn000.1	Control Method Selection	—	9 : Torque control (analog reference) <-> Speed control (analog reference)
Pn000.2	Reserved (Do not change.)	—	0 : Reserved (Do not use.)
Pn000.3	Reserved (Do not change.)	—	0 : Reserved (Do not use.)
Pn001.0	Servo OFF or Alarm G1 Stop Mode	—	0 : Stops the motor by applying DB (dynamic brake).
Pn001.1	Overtravel (OT) Stop Mode	—	0 : Same setting as Pn001.0 (Stops the motor by applying DB or by coasting).
Pn001.2	AC/DC Power Input Selection	—	1 : Applicable to DC power input: Input DC power supply between B1/ + and -, or input DC po...
Pn001.3	Warning Code Output Selection	—	0 : ALO1, ALO2, and ALO3 output only alarm codes.
Pn002.0	Speed Control Option (T-REF Terminal)	—	0 : None
Pn002.1	Torque Control Option (V-REF Terminal)	—	0 : None
Pn002.2	Absolute Encoder Usage	—	1 : Uses absolute encoder as an incremental encoder.
Pn002.3	External Encoder Usage	—	0 : Do not use external encoder.
Pn006.0-1	Analog Monitor 1 Signal Selection	—	02 : Torque reference (1 V/100%)
Pn006.2	Reserved (Do not change.)	—	0 : Reserved (Do not use.)
Pn006.3	Reserved (Do not change.)	—	0 : Reserved (Do not use.)
Pn007.0-1	Analog Monitor 2 Signal Selection	—	00 : Motor speed (1 V/1000 min-1)
Pn007.2	Reserved (Do not change.)	—	0 : Reserved (Do not use.)
Pn007.3	Reserved (Do not change.)	—	0 : Reserved (Do not use.)
Pn008.0	Lowered Battery Voltage Alarm/Warning	—	0 : Outputs alarm (A.830) for lowered battery voltage.
Pn008.1	Function Selection at Main Circuit Voltage Drop	—	0 : Disables detection of the main circuit voltage drop.
Pn008.2	Warning Detection Selection	—	0 : Detects warning.

Figura 32 Parametrización de servopack 1

Pn008.3	Reserved (Do not change.)	—	0 : Reserved (Do not use.)
Pn009.0	Reserved (Do not change.)	—	0 : Reserved (Do not use.)
Pn009.1	Current Control Method Selection	—	1 : Current control method 2
Pn009.2	Speed Detection Method Selection	—	0 : Speed detection 1
Pn009.3	Reserved (Do not change.)	—	0 : Reserved (Do not use.)
Pn008.0	Parameter Display Selection	—	0 : Setup parameters
Pn008.1	Alarm G2 Stop Method Selection	—	0 : Stops the motor by setting the speed reference to "0".
Pn008.2	Power Supply Method for Three-phase	—	1 : Single-phase power supply
Pn008.3	Reserved (Do not change.)	—	0 : Reserved (Do not use.)
Pn00C.0	Selection of Test without Motor	—	0 : Test without motor disabled
Pn00C.1	Encoder Resolution for Test without Motor	—	0 : 13 bits
Pn00C.2	Encoder Type for Test without Motor	—	0 : Incremental Encoder
Pn00C.3	Reserved (Do not change.)	—	0 : Reserved (Do not use.)
Pn00D.0	Reserved (Do not change.)	—	0 : Reserved (Do not use.)
Pn00D.1	Reserved (Do not change.)	—	0 : Reserved (Do not use.)
Pn00D.2	Reserved (Do not change.)	—	0 : Reserved (Do not use.)
Pn00D.3	Overtravel Warning Detection Function	—	0 : Disabled
Pn010	Axis Address Selection (for UART/USB)	—	0001 H
Pn080.0	Reserved (Do not change.)	—	0 : Reserved (Do not use.)

Figura 33 Parametrización de servopack 2

Resulta ser bastante importante mantener esta configuración en todo momento y en ambos servopacks debido a que un cambio en un parámetro o cambio en los valores aquí mostrados puede ocasionar alarmas y errores cuando se encienda el equipo no siendo posible mover

los servomotores en caso de presentarse una alarma por el equipo. Otro factor importante al tomar en cuenta es que el límite de torque en este caso en la parametrización se toma con un valor bastante bajo que hace imposible mover el tornillo sin fin debido a su peso por lo que deberá cambiarse en la programación dentro del SMC-4040, este valor puede tomar una magnitud de entre 0.1 a 9.99 donde aumentar este número sin conocimiento y sin aplicar una carga real al servomotor provocará vibración excesiva en los motores y un sobrecalentamiento del equipo.

Cabe recalcar que es muy importante antes del uso de los servomotores identificar bien con lo que se está trabajando y el tipo de encoder que maneja ya que usar un servomotor diferente o un modelo con un freno dinámico por ejemplo necesitara de un cambio de la parametrización del servopack es ampliamente necesario consultar con la empresa directamente para cualquier configuración diferente o cambio.

Para la parte relacionada con el control del sistema del servomotor el manual del SMC-4040 muestra la función de transferencia y el procedimiento para el cálculo de cada constante, pero el software de programación con el que cuenta Yazkawa cuenta con una función de Auto tune automática del servomotor lo que facilito mucho el trabajo, muy importante añadir que introducir valores incorrectos o incongruentes ocasionaran vibraciones excesivas en el mecanismo que pueden dañar al equipo.

g) Programación del controlador.

El software predeterminado necesario que utiliza el SMC-4040 como controlador principal de ambos servopacks es YTerm7 una interfaz que utiliza un lenguaje de programación propio de Yazkawa que es diferente tanto en estructura básica de programación como en uso de funciones principales del controlador, es necesaria la lectura del manual propio del controlador debido a la basta cantidad de información que existe sobre la programación de este. Mas adelante se explicarán las funciones principales con las cuales se elaboró el actual código para simplificar la explicación.

El método de comunicación que puede emplear el SMC-4040 es por protocolo serial RS232 a 19200 baudios como velocidad máxima y 9600 baudios de velocidad predeterminada con un bit de inicio y uno de parada, información de 8 bits, full dúplex y sin paridad o por comunicación por Ethernet donde puede comunicarse por protocolo TCP/IP o UD/IP donde ambos son los más usados por la industria y el controlador detectara automáticamente el protocolo, debido a que contábamos con la Dirección IP del controlador 172.168.10.54 optamos por la comunicación por Ethernet.

La forma de programación de este lenguaje es un poco extraña y fuera de lo común ya que funciona de forma lineal pero todo el código parece estar dentro de un ciclo recursivo que se repite una y otra vez, también dentro las estructuras más básicas no existe como tal un ciclo for, un ciclo while, o una selección switch, pero es posible crearlas mediante una función llamada JP o jump en ingles que funciona como un salto hacia una posición específica del programa, con esta es posible hacer algunos ciclos comunes junto con el uso de subrutinas, estas se introducen al inicio de un gato seguido del nombre de la subrutina, por

ejemplo #MOV donde la rutina se llama MOV, es importante recalcar que al inicio de todo el programa se debe nombrar #AUTO que sería por así decirlo la rutina principal que engloba todo el programa, además cabe señalar que una vez que se entra dentro de una subrutina el código se quedara ahí repitiendo la secuencia de acciones una y otra vez hasta que se salga de la rutina mediante un JP.

Al intentar introducir valores por medio del puerto serial nos dimos cuenta que no reacciona como en otros lenguajes de programación que esperan a la introducción de una variable con un cierto valor para operar con ella y después continúan depurando el código, en este caso al siempre estar en ciclos recursivos parece ser que el programa más bien reacciona en tiempo real donde si la variable no es declarada con su valor antes de que el programa llegue a la secuencia de operar con ella entonces la predefinirá como cero e ignorara la secuencia lógica. Para arreglar este problema decidimos que la mejor forma seria mediante otra función llamada WT o wait que hace esperar el programa una cierta cantidad de milisegundos, esto ayudo a que el alumno pueda tener un cierto tiempo para declarar la variable en el monitor serial, juntando esto con el uso de las subrutinas fue posible trabajar en la elaboración del código de prueba para poder explicar de forma más sencilla el funcionamiento del sistema.

Dentro de la definición de ejes cada una de las funciones en la programación puede estar únicamente referenciada a un cierto eje específico declarándolo después con su letra respectiva. Por ejemplo, STX donde detendrá únicamente el motor X y lo apagará.

Funciones adicionales necesarias para la comprensión del código.

- BG (begin): Función utilizada para comenzar con el movimiento de los servomotores después de la definición del perfil con sus parámetros, en caso de no haber un perfil preestablecido o anterior los servomotores no harán nada o efectuarán el ultimo perfil guardado en la memoria.
- DC (deceleration): Utilizado como contraparte junto con AC (acceleration) y marca la magnitud de la desaceleración del perfil en vueltas sobre segundo al cuadrado. Al igual que AC no permite valores negativos por el mismo hecho de existir su contraparte en el perfil.
- AC (acceleration): Marca la magnitud de los valores de aceleración del perfil en vueltas sobre segundo al cuadrado y al igual que DC puede ser utilizado con comandos relacionados como JG (jog), SP (speed), PR (position relative) y BG (begin).
- SP (speed): Marca la velocidad del perfil en vueltas sobre segundo, en caso de introducir valores negativos serán considerados como absolutos por la lógica del programa.
- JG (jog): El comando JG establece una velocidad en el modo jog. Los parámetros que siguen al JG establecen la velocidad de giro y dirección del movimiento. El uso del signo de interrogación devuelve el valor introducido anteriormente o el valor predeterminado. Las unidades de esto son conteos/segundo. Los comandos AC (Aceleración) y DC (Desaceleración) funcionan en este modo.

- AM (after motion): Hace esperar al programa hasta que termine el movimiento que está ejecutando el servomotor al momento.
- ST (stop): Interrumpe el movimiento de los motores en todos los ejes si se pone solo y apaga los motores, también puede funcionar sobre un solo eje si se agrega al final la letra del eje.
- MO (motor off): Apaga todos los motores o un eje específico si es que se especifica dicho eje.
- MG (message): Introduce un mensaje dentro del monitor serial
- JS (jump to subroutine): Permite ir a una cierta subrutina dentro del código del programa.
- @IN (input): Introduce una entrada por medio del cable de entradas digitales como un botón físico o un interruptor donde detectara un 1 lógico o un 0 lógico dentro de la lógica del programa. También puede usarse en conjunto con un MG para mostrar en el monitor el estado de la entrada.
- TL (torque limit): El comando TL establece el límite en la salida del comando del motor. Por ejemplo, TL de 5 limita la salida del motor de comando a 5 voltios. La salida máxima del comando del motor es de 9.998 voltios. El par positivo y negativo no se pueden ajustar individualmente.

También se puede pedir el valor que tiene cada servomotor por medio de `_TL n` donde `n` es el eje específico dentro del monitor serial.

Definir variables a través de la terminal serial.

Para poder operar en la terminal serial, manejar el funcionamiento de los servomotores y para la familiarización del funcionamiento con el ejemplo del código de la práctica es necesario que se introduzcan y declaren variables con ciertos valores numéricos. Dentro de la estructura del ejemplo del código se optó por el uso de nombres sencillos y cortos para tener una rápida escritura debido a que como se mencionó anteriormente el usuario tendrá un tiempo limitado para escribir y declarar la variable en la terminal. El nombre de las variables es muy sencillo como V1, V2, V3, V4, V5 Y VUELTA donde cada una se deberá poner en un orden específico como dice la terminal para poder hacer una elección en el código, por otra parte, VUELTA es el número de vueltas que efectuara el servomotor con su base inferior. Es bastante sencillo definir variables ya que solo se necesitará poner la siguiente nomenclatura. Poner el nombre de la variable seguido de un signo igual seguido del valor numérico, ejemplo "V1=125<cr>" donde <cr> se refiere a carriage return o el enter del teclado en ASCII.

Dentro de la terminal existe una forma que tiene la interfaz de determinar si un parámetro es válido o no, esto lo podemos saber si después de escribir la orden aparece el signo ":" esto es un signo de que la orden fue comprendida por el controlador y actuar en base a la orden dada, por otro lado si el controlador devuelve el signo "?" significa que el controlador no reconoció la orden dada y debe volver a usarse de manera correcta esta vez, esto puede ser provocado por ingresar ordenes incorrectas o inexistentes del manual, por un valor numérico exagerado o una serie de datos en orden incorrecto.

Ejemplo de código de la práctica:

```
#AUTO

VF 6.4

V1 = 1

TRUE = 1

FALSE = 0

MO

#MAIN

V1=100

MG "....."

MG "....."

MG "BIENVENIDO A LA PRACTICA DE DISENO MECATRONICO"

MG "TORQUE EN X", _TLX

MG "TORQUE EN Y", _TLY

MG "POR FAVOR ELIJA EL MODO QUE DESEA REALIZAR"

MG "0 CALIBRACION"

MG "1 INICIAR LA PRACTICA (PRIMERO CALIBRAR)"

MG "SE ESTAN ESPERANDO 20 SEG A QUE SE INTRODUZCA SU SELECCION"

MG "ESCRIBA LA VARIABLE V1"

WT 20000

MG "....."

IF (V1<=1)

MG "SE RECIBIO SU OPCION"

JP#CAL, (V1=FALSE)

JP#PRAC, (V1=TRUE)

ELSE
```

```

        JP #MAIN
    ENDIF

EN

#CAL
V2=100
MG "-----"
MG "BIENVENIDO A LA CALIBRACION"
MG "POR FAVOR DIGA A QUE DIRECCION SE MOVERA EL SERVOMOTOR"
MG "----"
MG " 0 IZQUIERDA"
MG " 1 DERECHA"
MG " 2 IR A MAIN"
MG "TIENE 20 SEGUNDOS PARA ELEGIR"
MG "VARIABLE V2"

WT 20000

IF (V2=2) //MAIN
MG"----"
MG"REDIRIGIENDO A MAIN"
JP #MAIN
ENDIF

IF (V2=0) //IZQUIERDA
MG "MOVIENDO IZQUIERDA"
JP #IZQ
ENDIF

IF (V2=1) //DERECHA
MG"MOVIENDO DERECHA"
JP#DER

```

ELSE

JP #CAL

ENDIF

EN

#IZQ //IZQUIERDA

MG "PRESIONA ST PARA DETENERTE"

MG "LUEGO VUELVE A EJECUTAR EL PROGRAMA PARA ENTRAR EN MAIN"

SHX

JGX=1000

BGX

AM

JP #CAL

EN

#DER //DERECHA

MG "PRESIONA ST PARA DETENERTE"

MG "LUEGO VUELVE A EJECUTAR EL PROGRAMA PARA ENTRAR EN MAIN"

SHX

JGX=-1000

BGX

AM

JP #CAL

EN

#PRAC //PRACTICA

VUELTA=0

TMP=0

MG "*****"

MG "-----"

MG "BIENVENIDO A LA PRACTICA CALCULO DE PERFIL DE VELOCIDAD"

MG "POR FAVOR MUEVE EL CARRITO SUPERIOR A UNA POSICION DE TU GUSTO"

MG "DESPUES TRATA DE MEDIR CON UNA REGLA LA DISTANCIA APROXIMADA"

MG "ESA SERA TU DISTANCIA DEL PERFIL"

MG "SIENDO $VELMAX=3 \cdot PPOS / (2 \cdot TF)$ LA ECUACION DE LA VELOCIDAD MAXIMA"

MG "SIENDO $AC=(3 \cdot VELMAX)/TF$ LA ECUACION DE LA ACELERACION"

MG "Y USANDO UN ENCODER CON UNA RESOLUCION DE 8192 PULSOS POR VUELTA"

MG "CALCULA EL TIEMPO Y LAS VUELTAS NECESARIAS"

MG "-----"

MG "-----"

MG "POR FAVOR INDICA EL VALOR DE VUELTAS APROXIMADA TIENE 15 SEG"

MG "VARIABLE VUELTA"

WT 15000

MG "AHORA INDIQUE EL TIEMPO QUE DURA EL MOVIMIENTO TIENE 15 SEG"

MG "VARIABLE TMP"

WT 15000

IF (VUELTA = 0)

JP #PRAC

ENDIF

IF (TMP = 0)

JP #PRAC

ELSE

MG "REALIZANDO MOVIMIENTO"

TF=TMP

POS=VUELTA * 360

POS2= 5 * 360

$G=8192/360$

$PPOS=POS * G$

$PPOS2=POS2 * G$

$VELMAX=3 * PPOS / (2 * TF)$

$VELMAX2=3 * PPOS2 / (2 * 5)$

$ACX=(3 * VELMAX) / TF$

$ACY=(3 * VELMAX2) / 5$

$SPX=VELMAX$

$SPY=VELMAX2$

$DCX=(3 * VELMAX) / TF$

$DCY=(3 * VELMAX2) / 5$

$PRX=PPOS$

$PRY=PPOS2$

SH XY

BGX

AM X

WT 2000

BGY

AM Y

MO

$V5=100$

MG "DESEA VOLVER A REPETIR LA PRACTICA?"

MG "0 SI"

MG "1 NO"

MG "VARIABLE V5 TIENE 15 SEG"

WT 15000

IF (V5=0)

JP #PRAC

ELSE

JP #MAIN

ENDIF

EN

ENDIF

EN

h) Uso de la Interfaz.

Como se mencionó anteriormente el controlador trabajara con datos proporcionados en tiempo real mientras se depura la secuencia una y otra vez, al inicio cuando se depura el código se puede observar como se muestra un mensaje en la interfaz con una bienvenida y una serie de pasos de como avanzar mas adelante esta primera subrutina es algo parecido a un ciclo case ya que será la base principal del programa donde desencadenaran a 2 posibles subrutinas diferentes dependiendo de la selección del usuario. Es importante recalcar que debido a la naturaleza del comportamiento del código y de la interfaz el usuario solo tendrá un tiempo determinado para ingresar la variable antes de que la subrutina se vuelva a ejecutar nuevamente por lo que se recomienda rapidez al declararla, de igual forma el controlador es capaz de sobrescribir variables por lo que es posible cambiarlas en todo momento.

```

.....
BIENVENIDO A LA PRACTICA DE DISENO MECATRONICO
TORQUE EN X 0.1002
TORQUE EN Y 0.1002
POR FAVOR ELIJA EL MODO QUE DESEA REALIZAR
0 CALIBRACION
1 INICIAR LA PRACTICA (PRIMERO CALIBRAR)
SE ESTAN ESPERANDO 20 SEG A QUE INTRODUZCA SU SELECCION
ESCRIBA LA VARIABLE V1
V1=1
SE RECIBIO SU OPCION
*****
BIENVENIDO A LA PRACTICA CALCULO DE PERFIL DE VELOCIDAD
POR FAVOR MUEVE EL CARRITO SUPERIOR A UNA POSICION DE TU GUSTO
DESPUES TRATA DE MEDIR CON UNA REGLA LA DISTANCIA APROXIMADA
ESA SERA TU DISTANCIA DEL PERFIL
SIENDO VELMAX=3*PPOS/(2*TF) LA ECUACION DE LA VELOCIDAD MAXIMA
SIENDO AC=(3*VELMAX)/TF LA ECUACION DE LA ACELERACION
Y USANDO UN ENCODER CON RESOLUCION DE 8192 PULSOS POR VUELTA
CALCULA EL TIEMPO Y LAS VUELTAS NECESARIAS
-----

```

Figura 34 Interfaz de usuario 1

```

-----
POR FAVOR INDICA EL VALOR DE VUELTAS APROXIMADA TIENE 15 SEG
VARIABLE VUELTA
VUELTA=10
:AHORA INDIQUE EL TIEMPO QUE DURA EL MOVIMIENTO TIENE 15 SEG
VARIABLE TMP
TMP=10
:REALIZANDO MOVIMIENTO
DESEA VOLVER A REPETIR LA PRACTICA?
0 SI
1 NO
VARIABLE V5 TIENE 15 SEG
.....

```

Figura 35 Interfaz de usuario 2

- Calibración.

Esta sección se centrará en poder girar el servomotor en un sentido u otro a una velocidad bastante baja dependiendo de la posición de la base para poder moverla a un punto de inicio que será el punto de partida del movimiento para el cálculo del perfil. Al iniciar el movimiento mediante la orden el usuario podrá detener el giro del servomotor escribiendo el siguiente comando "ST" o stop según el manual que detendrá el movimiento instantáneamente al oprimir el enter del teclado. Después el usuario deberá detener el programa y reiniciarlo para poder volver a la interfaz.

```

.....
BIENVENIDO A LA PRACTICA DE DISENO MECATRONICO
TORQUE EN X 0.1002
TORQUE EN Y 0.1002
POR FAVOR ELIJA EL MODO QUE DESEA REALIZAR
0 CALIBRACION
1 INICIAR LA PRACTICA (PRIMERO CALIBRAR)
SE ESTAN ESPERANDO 20 SEG A QUE INTRODUZCA SU SELECCION
ESCRIBA LA VARIABLE V1
V1=0
SE RECIBIO SU OPCION
-----
BIENVENIDO A LA CALIBRACION
POR FAVOR DIGA A QUE DIRECCION SE MOVERA EL SERVOMOTOR
-----
0 IZQUIERDA
1 DERECHA
2 IR A MAIN
TIENE 20 SEGUNDOS PARA ELEGIR
VARIABLE V2
V2=0

```

Figura 36 Interfaz de calibración de sistema 1

```

BIENVENIDO A LA UNLIBRACION
POR FAVOR DIGA A QUE DIRECCION SE MOVERA EL SERVOMOTOR
-----
0 IZQUIERDA
1 DERECHA
2 IR A MAIN
TIENE 20 SEGUNDOS PARA ELEGIR
VARIABLE V2
V2=0
:MOVIENDO IZQUIERDA
PRESIONA ST PARA DETENERTE
LUEGO VUELVE A EJECUTAR EL PROGRAMA PARA ENTRAR EN MAIN
ST
:

```

Figura 37 Interfaz de calibración de sistema 2

- Inicio de práctica.

Al seleccionar esta opción en la interfaz, se le proporcionarán instrucciones al usuario sobre cómo declarar la variable, con qué nombre y el tiempo que tendrá para ingresarla según su orden. La interfaz solicitará al usuario dos valores esenciales para poder operar: el número de vueltas que ejecutará el servomotor y el tiempo en el que realizará el

movimiento. Estos valores son necesarios, ya que permitirán al alumno calcular el desplazamiento lineal y el perfil de movimiento de la base con la botella, para luego compararlo con el resultado real en la estructura.

Una vez ingresados estos datos, el controlador esperará un tiempo determinado antes de realizar el movimiento y solo se ejecutará si los valores ingresados son realistas. Tras completar el movimiento, el usuario podrá elegir entre realizar otro movimiento o volver al menú principal para recalibrar el sistema.

i) Cálculo del perfil y fórmulas para graficarlo.

Para que el alumno determine la distancia aproximada de desplazamiento lineal de la base, es necesario conocer la resolución del encoder de los servomotores, la cual en este caso es de 8192 pulsos por vuelta. Además, se considerará que los valores de aceleración y desaceleración son iguales, y se propondrá el uso de un perfil trapezoidal de velocidad para el cálculo.

Tomando en cuenta estos factores, se pueden definir las siguientes fórmulas para calcular el número de pulsos de la posición angular total del servomotor según su resolución y el número de vueltas proporcionado por el usuario.

$$[4] \text{ Pos} = N_{vueltas} * G$$

Donde

$$G = \text{resolucion del encoder}$$

$$N_{vueltas} = \text{Número de vueltas en grados}$$

$$\text{Pos} = \text{Posición o desplazamiento angular del servomotor en pulsos}$$

Usando estas fórmulas, podemos definir la velocidad máxima, la aceleración y la desaceleración respetando ciertas reglas para cumplir con la siguiente fórmula propuesta para perfiles trapezoidales. El término para $k = 1.5$ y $k = 3$ se utilizó como factor de seguridad para la velocidad y la aceleración máximas, ya que, si fuera menor, el motor podría no alcanzar su velocidad máxima en el tiempo estipulado. Esto provocaría una aceleración excesiva, lo que podría generar problemas de control y daños en el sistema.

$$[5] \text{ Vel}_{max} = \frac{(1.5 * Pos)}{t_{final}}$$

Siempre que

$$[6] t_{final} \geq 2 * t_{aceleracion}$$

$$[7] 0 < \text{Vel}_{max} \leq \text{Vel}_{max,motor}$$

$$[8] t_{aceleracion} = t_{desaceleracion}$$

$$[9] \text{ Acel} = \frac{(3 * \text{Vel}_{max})}{t_{final}}$$

$$[10] t_{aceleracion} = \text{Vel}_{max} * \text{Acel}$$

$$[11] t_{aceleracion} = \frac{1}{3} t_{final}$$

Siempre que

$$[12] \text{ Acel}_{max,motor} \geq \text{Acel} > 0$$

$$[13] t_{final} > 0$$

Con estos datos ya calculados, el alumno debería ser capaz de graficar su propio código y el perfil trapezoidal de velocidad. Además, mediante el cálculo del área, podrá obtener el desplazamiento angular total del servomotor. Para convertir estas medidas en el desplazamiento lineal del tornillo sin fin y compararlo físicamente, solo es necesario establecer una relación entre el desplazamiento angular y el desplazamiento lineal utilizando el paso del tornillo, aplicando la siguiente fórmula.

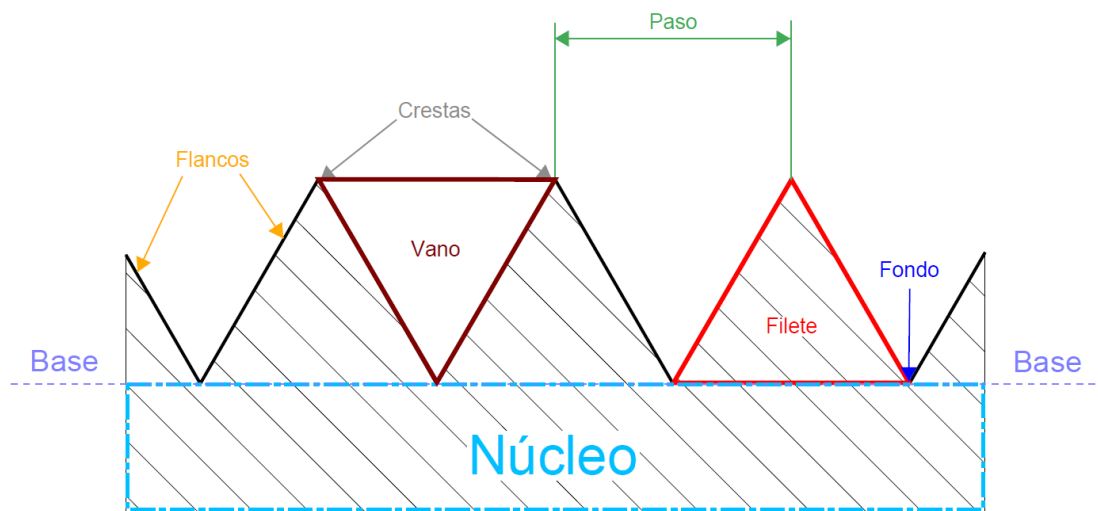


Figura 38 Paso de tornillo sin fin [7]

$$[14] \quad d = \theta * P$$

donde

d = desplazamiento lineal

P = paso del tornillo

θ = desplazamiento angular total o numero de vueltas en revoluciones

Resultados y conclusiones.

Al final fuimos capaces de desarrollar el gabinete ensamblado con la mayoría de sus componentes principales como los servomotores, las bases de los ejes, los controladores y la tornillería. Tras el ensamblaje del sistema lo probamos para observar cómo trabajaba a través de diferentes valores de los perfiles de velocidad introducidos por la interfaz y observamos que los servomotores son capaces de soportar velocidades y aceleraciones bastante altas sin llegar a ser exageradas inclusive por largos periodos de tiempo, el inconveniente que observamos al final es que el funcionamiento del equipo estaba muy limitado debido a la longitud del tornillo sin fin y la falta de sensores de carrera hacia al sistema muy susceptible a romperse en caso de que un alumno ingresara valores elevados de numero de vueltas, aunque se trato de resolver mediante la interfaz y la programación del controlador no era la manera mas optima para poder garantizar la seguridad y durabilidad del equipo a largo plazo.

El proyecto ha cumplido el propósito de servir como una buena demostración amigable, practica y comprensible de la enseñanza de subtemas relacionados con los servomotores y sus perfiles de movimiento. Sin embargo, la implementación de más sensores, una planeación mejor elaborada de los costos, presupuesto, mejoras en el área de diseño del tornillo y las placas podrían aumentar la robustez y seguridad del sistema, haciendo al proyecto mas adecuado y similar a una experiencia estudiantil industrial compleja.

Referencias.

- [1, 2007] Yaskawa Electric Corporation. (2007). *AC Servo Drives Σ -V Series User's Manual Design and Maintenance Rotational Motor Analog Voltage and Pulse Train Reference MANUAL NO. SIEP S800000 450*. Recuperado el 24 de febrero de 2025, de <https://www.yaskawa.com/products/motion/sigma-5-servo-products/servopacks/sgdv-analog>.
- [2, 2023] Saha, B. (2023). *Introduction to mechatronics: An integrated approach*. Springer.
- [3] Wikimedia Commons. (s.f.). *Mecha workaround.svg* [Archivo SVG]. Recuperado el 24 de febrero de 2025, de <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18314501>.
- [4] Onwubolu, G. C. (2005). *Mechatronics: Principles and Applications*. Elsevier. Recuperado el 24 de febrero de 2025.
- [5, 2007] Yaskawa Electric Corporation. (2007). *AC Servo Drives Σ -V Series User's Manual Setup Rotational Motor (Manual No. SIEP S800000 43I)*. Recuperado el 24 de febrero de 2025, de <https://www.yaskawa.com/products/motion/sigma-5-servo-products/rotary-servo-motors/sgmav>.
- [6, 2007] Yaskawa Electric Corporation. (2007). *SMC 4040 User Manual*. Recuperado el 24 de febrero de 2025, de <https://www.yaskawa.com/products/motion/machine-controllers/mpiec-series/smc-4000>.
- [7] Colaboradores de Wikipedia. (2024, 9 de octubre). *Rosca (mecánica)*. Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado el 24 de febrero de 2025, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Rosca_\(mecánica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Rosca_(mecánica)).
- [8] Netweb. (s.f.). *Servomotores y Motion | Software y Herramientas Yaskawa | SigmaWin Ver. 7 | SigmaWin Plus Ver. 7 | Pillar Mexicana S.A. de C.V. | Variadores-Yaskawa | Pantallas Beijer | Pantallas HMI*. Recuperado el 24 de febrero de 2025, de https://www.yaskawa-pillar.mx/producto/servomotores-y-motion_software-y-herramientas-yaskawa_sigmawin-ver-7_sigmawin-plus-ver-7.
- [9] Unit Electronics. (s.f.). *Fuente Conmutada 24V 10A Diseño 3D*. Recuperado el 24 de febrero de 2025, de <https://uelectronics.com/producto/fuente-conmutada-24v-10a/>.
- [10] Harashima, F., Tomizuka, M., & Fukuda, T. (1996). Mechatronics - "What Is It, Why, and How?" An editorial. *IEEE/ASME Transactions*

on Mechatronics, 1(1), 1–4.

<https://doi.org/10.1109/tmech.1996.7827930>

- [11] Coordinación de Planeación y Desarrollo. (2007). *Plan de desarrollo 2007-2011*. Facultad de Ingeniería. Recuperado el 24 de febrero de 2025, de https://www.ingenieria.unam.mx/planeacion/documentos/documentos07_11/documentobase.pdf.

Índice de figuras.

Figura 1 La mecatrónica como campo multidisciplinario [3].....	2
Figura 2 Controlador SMC-4000 [6, 2007].....	6
Figura 3 Servopack SGD-V-R90A01A [1, 2007].....	6
Figura 4 Servomotor SGM-AV-01A3A61 [5, 2007].....	6
Figura 5 Sistema del tornillo sin fin [1, 2007].....	8
Figura 6 Distribución en platina.....	11
Figura 7 Conexión unitaria del servopack [1, 2007].....	13
Figura 8 Diagrama de conexiones servopack [1, 2007].....	14
Figura 9 Conexiones internas del servopack [1, 2007].....	15
Figura 10 Conexión múltiple a varios servopacks [1, 2007].....	16
Figura 11 Conexiones SMC-4040 [6, 2007].....	17
Figura 12 Modelo 3D servomotor SGM-AV-01A3A61 [5, 2007]..	18
Figura 13 Modelo 3D servopack SGD-V-R90A01A [1, 2007].....	18
Figura 14 Modelo 3D controlador SMC-4040.....	19
Figura 15 Modelo 3D platina.....	19
Figura 16 Modelo 3D canaleta.....	20
Figura 17 Modelo 3D gabinete vacío.....	20
Figura 18 Modelo 3D chumacera.....	20
Figura 19 Modelo 3D base Inferior.....	21
Figura 20 Modelo 3D base superior.....	21
Figura 21 Modelo 3D fuente de poder [9].....	22
Figura 22 Modelo tridimensional de ensamble en platina.....	23

Figura 23 Modelo 3D shaft.....	24
Figura 24 Chumaceras KP08 husillo 8mm.....	25
Figura 25 Distribución de esfuerzos superior.....	28
Figura 26 Tensión de Von Mises.....	29
Figura 27 Desplazamiento.....	29
Figura 28 Coeficiente de seguridad.....	30
Figura 29 Sistema ensamblado en platina 1.....	31
Figura 30 Sistema ensamblado en platina 2.....	32
Figura 31 Programa Sigma Win+ Ver 7.45 [8].....	33
Figura 32 Parametrización de servopack 1.....	34
Figura 33 Parametrización de servopack 2.....	34
Figura 34 Interfaz de usuario 1.....	47
Figura 35 Interfaz de usuario 2.....	47
Figura 36 Interfaz de calibración de sistema 1.....	48
Figura 37 Interfaz de calibración de sistema 2.....	48
Figura 38 Paso de tornillo sin fin [7].....	51

Anexos.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño Mecatrónico	Código:	
		Versión:	01
		Pagina:	1/6
		Sección ISO:	
		Fecha de Emisión:	12 de noviembre de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Diseño Mecatrónico	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Practica #1

Perfil de Velocidad

1. Seguridad en la Ejecución

	Peligro o Fuente de Energía	Riesgo Asociado
1	Tensión Alterna	Electrocución

2. Objetivos de Aprendizaje

OBJETIVO GENERAL: El alumno aplicara sus principios de programación y mecánica para la programación de un perfil de velocidad con controladores industriales.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- El alumno aprenderá a crear su propio perfil de velocidad y a implementarlo en una aplicación real.
- El alumno aprendera los fundamentos básicos de programación de un controlador industrial.

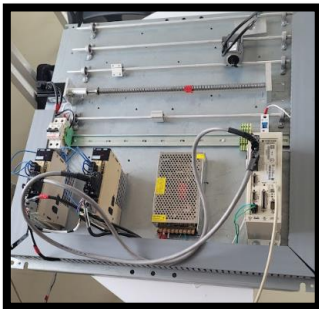
	Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño Mecatrónico	Código:	
		Versión:	01
		Pagina:	2/6
		Sección ISO:	
		Fecha de Emisión:	12 de noviembre de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Diseño Mecatrónico	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Introducción

En la industria moderna se ha vuelto bastante común el equipo de automatización y control para el desarrollo de actividades industriales gracias a su precisión, rapidez y estabilidad en las actividades que desempeñan elevando la calidad de los productos producidos en la industria.

Gran parte de esta evolución tecnológica se debió al uso de invenciones como los controladores, microprocesadores y actuadores. Estos dispositivos, al ser implementados con métodos de control avanzado, permiten regular la respuesta de un sistema en base a su retroalimentación. Los perfiles de velocidad permiten definir trayectorias de aceleración, velocidad constante y desaceleración dentro de un intervalo definido para poder controlar la respuesta de un sistema o un actuador.

4. Material y Equipo



Maletín de Controladores



Botella de 400ml



Yaskawa YTerm Ver 7

5. Previo

- ¿Qué es un servosistema y que tipos hay?
- ¿Qué es un perfil de velocidad?
- ¿Qué es un perfil de aceleración?
- ¿Qué componentes comprende un servosistema?

	Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño Mecatrónico	Código:	
		Versión:	01
		Pagina:	3/6
		Sección ISO:	
		Fecha de Emisión:	12 de noviembre de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Diseño Mecatrónico	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- ¿Qué métodos de control son los mas usados en la industria?
- Menciona 5 marcas de controladores industriales y haz una breve descripción de ellas

6. Preparativos previos

Para la realización de esta práctica es necesario:

- Encender los 2 switch de corriente del gabinete
- Enchufar el puerto Ethernet del controlador a la computadora.
- Abrir YTerm 7, seleccionar la comunicación por Ethernet e introducir la IP del controlador 172.168.10.54.

7. Desarrollo

Utilizando el material y el equipo indicado, elabore, grafique y calcule un perfil trapezoidal de velocidad adecuado a la longitud y paso del tornillo sin fin del sistema que sea capaz de mover la botella a la posición propuesta por el alumno del servomotor superior para poder poner la tapa de la botella en su lugar. Después mediante el uso del programa de YTerm7 realice un código con programación para efectuar dicho perfil en el servomotor inferior, de igual forma realice en el mismo código un apartado con la programación del servomotor superior que sea capaz de girar el actuador con el suficiente torque para poder enroscar la tapa con la botella, finalmente compruebe el desplazamiento y el tiempo del movimiento del motor.

El profesor podrá ser capaz de ya sea poner condiciones mas especificas o de proporcionar funciones adicionales con respecto al movimiento del actuador que tengan valores de aceleración, velocidad y desaceleración específicos.

Para ello el alumno deberá de leer el manual de funcionamiento del controlador SMC4040 de Yaskawa proporcionado en su sitio oficial llamado **SMC-4000 User Manual** (https://www.yaskawa.com/products/motion/machine-controllers/mpiec-series/smc-4000/-/content/7ac09687-1857-4412-8afd-89c2477dd238_Manuals).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño Mecatrónico	Código:	
		Versión:	01
		Pagina:	4/6
		Sección ISO:	
		Fecha de Emisión:	12 de noviembre de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Diseño Mecatrónico	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Para la programación del controlador se recomienda el uso de las siguientes funciones principales del controlador. Es importante recalcar que la función #AUTO sirve como un ciclo principal recursivo en donde todo el programa debe estar dentro:

- BG (begin): Función utilizada para comenzar con el movimiento de los servomotores después de la definición del perfil con sus parámetros, en caso de no haber un perfil preestablecido o anterior los servomotores no harán nada o efectuarán el ultimo perfil guardado en la memoria.
- DC (deceleration): Utilizado como contraparte junto con AC (acceleration) y marca la magnitud de la desaceleración del perfil en vueltas sobre segundo al cuadrado. Al igual que AC no permite valores negativos por el mismo hecho de existir su contraparte en el perfil.
- AC (acceleration): Marca la magnitud de los valores de aceleración del perfil en vueltas sobre segundo al cuadrado y al igual que DC puede ser utilizado con comandos relacionados como JG (jog), SP (speed), PR (position relative) y BG (begin).
- SP (speed): Marca la velocidad del perfil en vueltas sobre segundo, en caso de introducir valores negativos serán considerados como absolutos por la lógica del programa.
- JG (jog): El comando JG establece una velocidad en el modo jog. Los parámetros que siguen al JG establecen la velocidad de giro y dirección del movimiento. El uso del signo de interrogación devuelve el valor introducido anteriormente o el valor predeterminado. Las unidades de esto son conteos/segundo. Los comandos AC (Aceleración) y DC (Desaceleración) funcionan en este modo.
- AM (after motion): Hace esperar al programa hasta que termine de moverse el movimiento que está ejecutando el servomotor al momento.
- ST (stop): Interrumpe el movimiento de los motores en todos los ejes si se pone solo y apaga los motores, también puede funcionar sobre un solo eje si se agrega al final la letra del eje.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño Mecatrónico	Código:	
		Versión:	01
		Página:	5/6
		Sección ISO:	
		Fecha de Emisión:	12 de noviembre de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Diseño Mecatrónico	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- MO (motor off): Apaga todos los motores o en un eje específico si es que se especifica dicho eje.
- MG (message): Introduce un mensaje dentro del monitor serial
- JS (jump to subroutine): Permite ir a una cierta subrutina dentro del código del programa.
- @IN (input): Introduce una entrada por medio del cable de entradas digitales como un botón físico o un interruptor donde detectara un 1 lógico o un 0 lógico dentro de la lógica del programa. También puede usarse en conjunto con un MG para mostrar en el monitor el estado de la entrada.
- EN (end): Debe estar al final de cada rutina o subrutina como #AUTO al fin de código
- TL (torque limit): El comando TL establece el límite en la salida del comando del motor. Por ejemplo, TL de 5 limita la salida del motor de comando a 5 voltios. La salida máxima del comando del motor es de 9.998 voltios. El par positivo y negativo no se pueden ajustar individualmente.

También se puede pedir el valor que tiene cada servomotor por medio de _TL n donde n es el eje específico dentro del monitor serial.

IMPORTANTE: No subir los valores del Torque limit a un número mayor a 4 ya que podrían provocar sobrecalentamiento y vibraciones excesivas en el servomotor. En caso de que se prenda la alarma en el controlador (led rojo) es suficiente con apagar y encender el switch de corriente, quitar el error de la programación, reiniciar las comunicaciones con el controlador en YTerm y volver a correr el código.

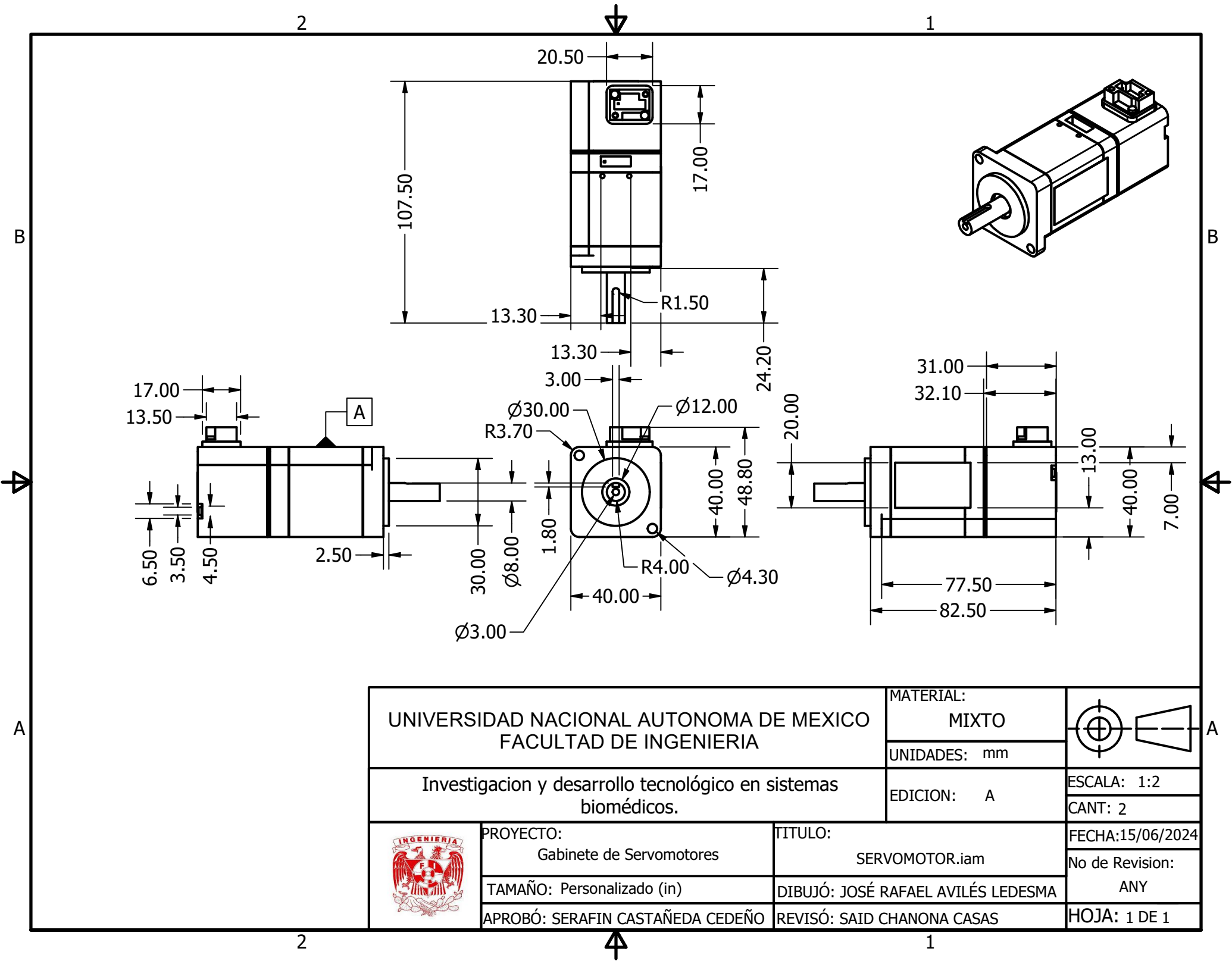
8. Bibliografía

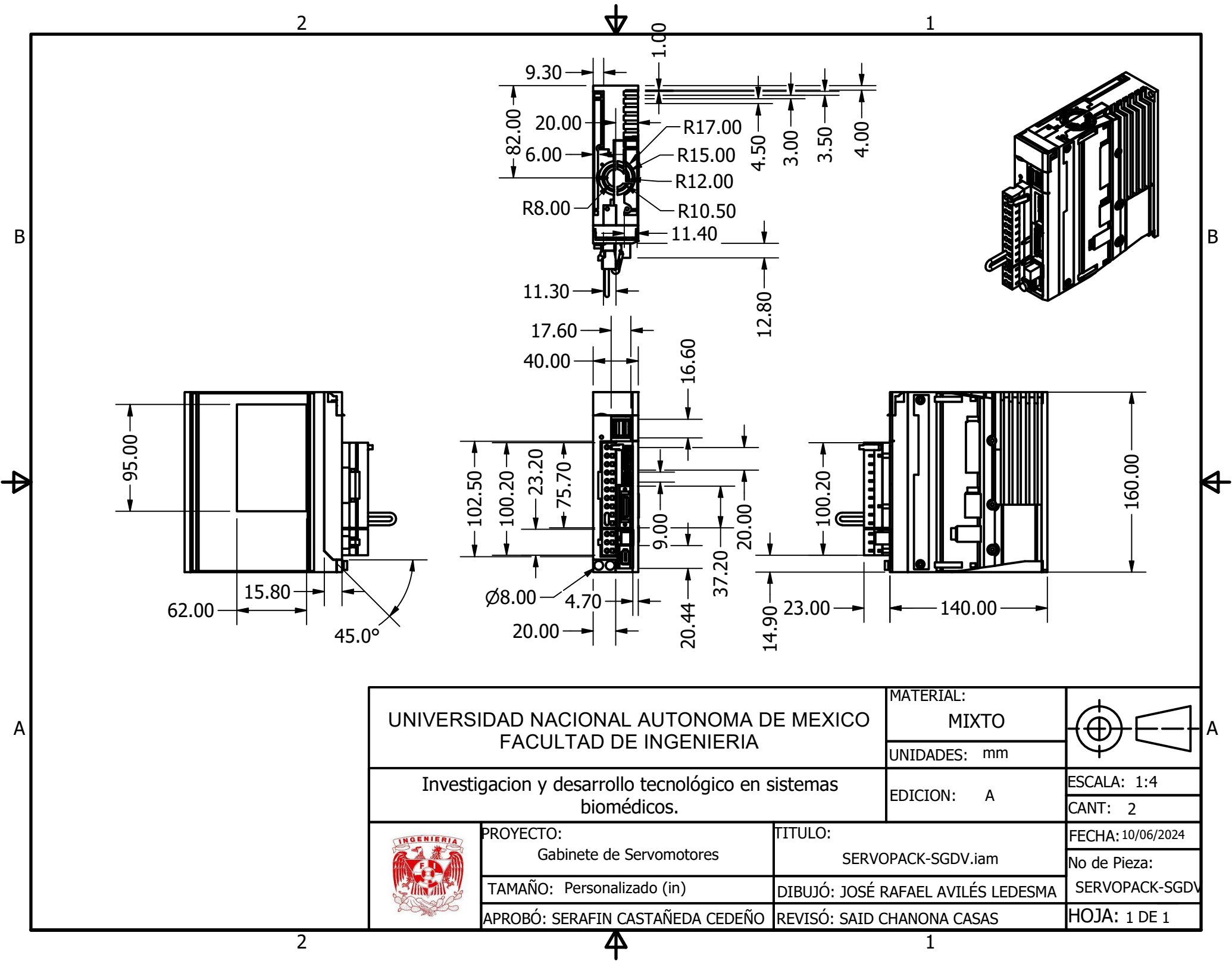
- [1, 2007] Yaskawa Electric Corporation. (2007). *AC Servo Drives Σ -V Series User's Manual Design and Maintenance Rotational Motor Analog Voltage and Pulse Train Reference MANUAL NO. SIEP S800000 450.*

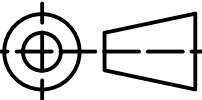
	Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño Mecatrónico	Código:	
		Versión:	01
		Página:	6/6
		Sección ISO:	
		Fecha de Emisión:	12 de noviembre de 2024
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Diseño Mecatrónico	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

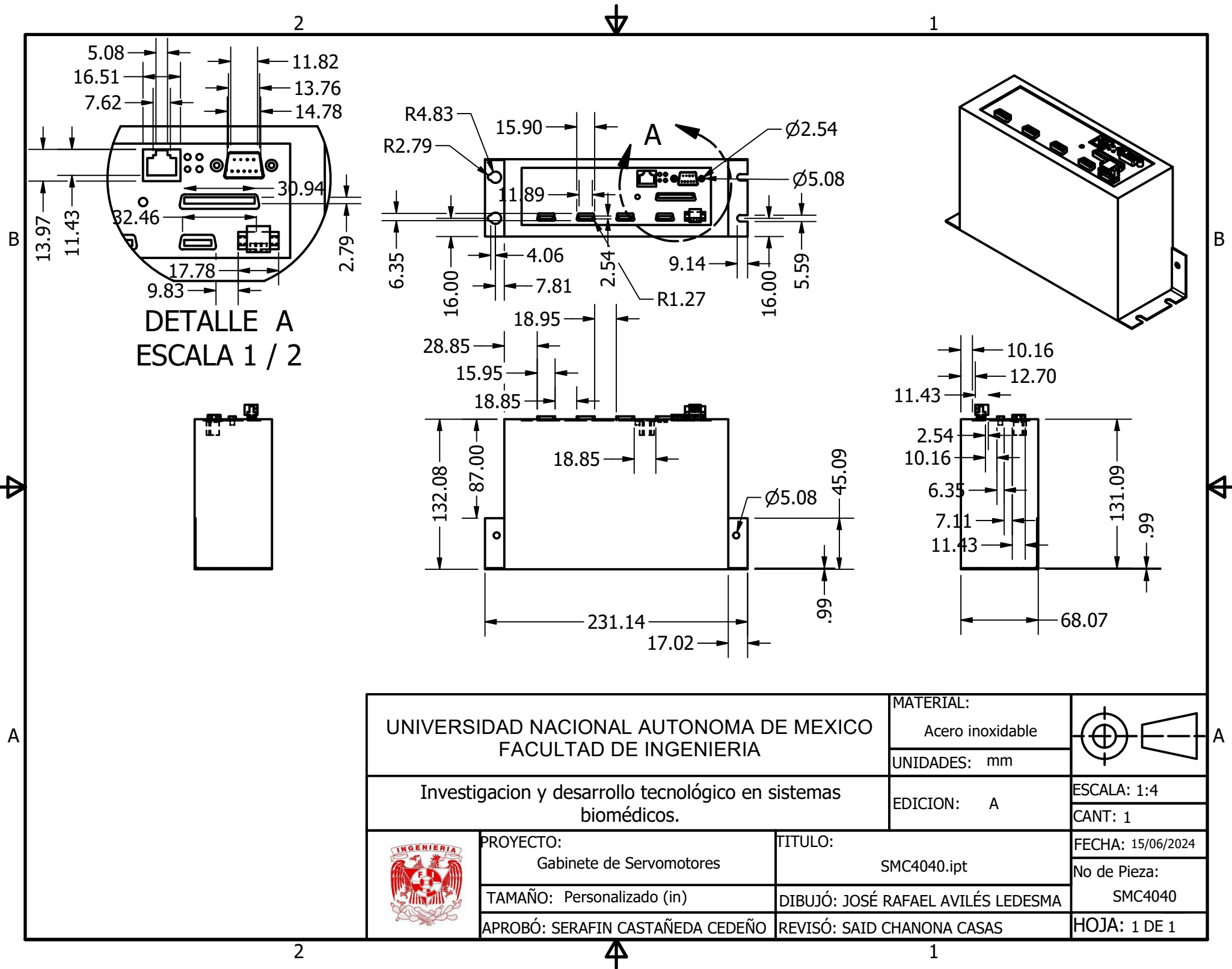
Recuperado de <https://www.yaskawa.com/products/motion/sigma-5-servo-products/servopacks/sgdv-analog> el 24/02/2025.

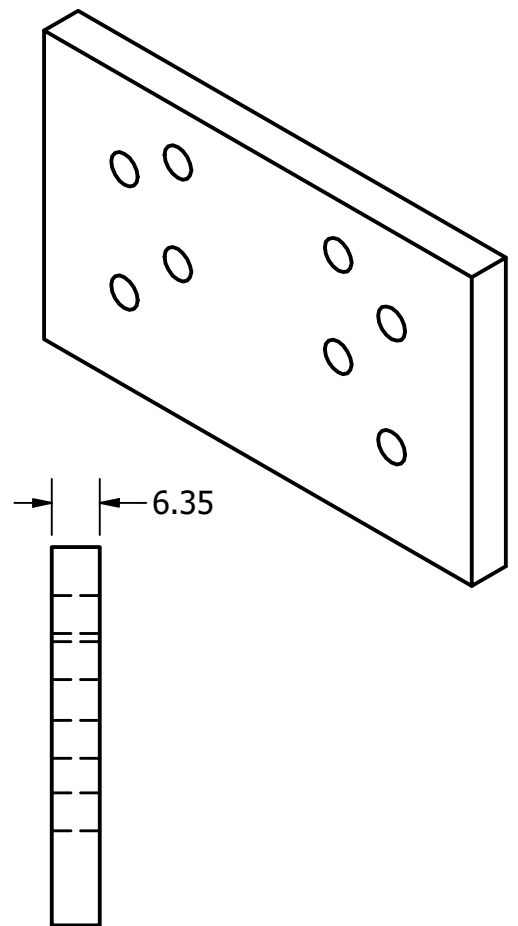
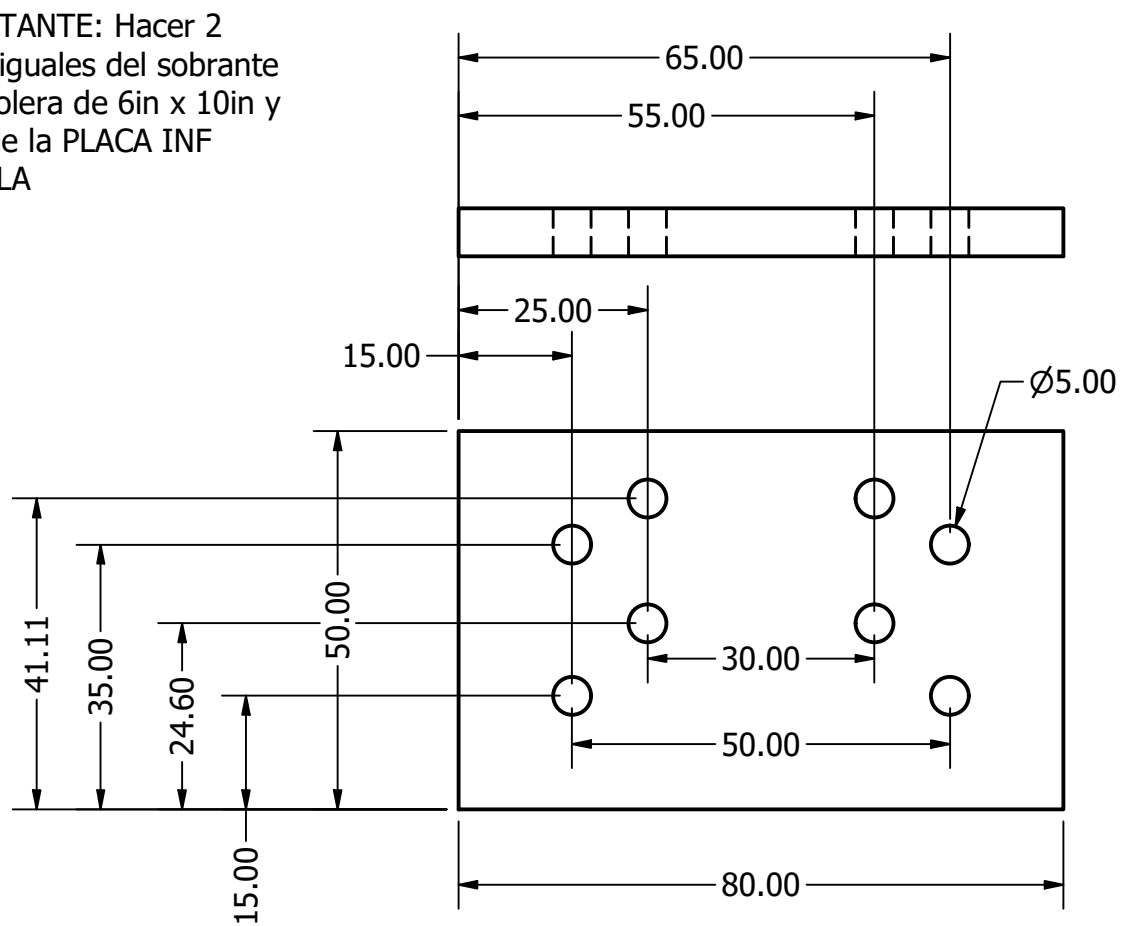
- [2, 2023] Biswanath S. *Introduction to Mechatronics an Integrated approach*. Springer; 2023. Recuperado el 24/02/2025.
- [3, 2007] Yaskawa Electric Corporation. (2007). *AC Servo Drives Σ -V Series User's Manual Setup Rotational Motor MANUAL NO. SIEP S800000 43I*. Recuperado de <https://www.yaskawa.com/products/motion/sigma-5-servo-products/rotary-servo-motors/sgmav> el 24/02/2025.
- [4, 2007] Yaskawa Electric Corporation. (2007). *SMC 4040 User Manual*. Recuperado de <https://www.yaskawa.com/products/motion/machine-controllers/mpiec-series/smc-4000> el 24/02/2025.





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE INGENIERIA		MATERIAL: MIXTO	
		UNIDADES: mm	
Investigacion y desarrollo tecnológico en sistemas biomédicos.		EDICION: A	ESCALA: 1:4
			CANT: 2
	PROYECTO: Gabinete de Servomotores	TITULO: SERVOPACK-SGDV.iam	FECHA: 10/06/2024
	TAMAÑO: Personalizado (in)	DIBUJÓ: JOSÉ RAFAEL AVILÉS LEDESMA	No de Pieza: SERVOPACK-SGDV
	APROBÓ: SERAFIN CASTAÑEDA CEDEÑO	REVISÓ: SAID CHANONA CASAS	HOJA: 1 DE 1

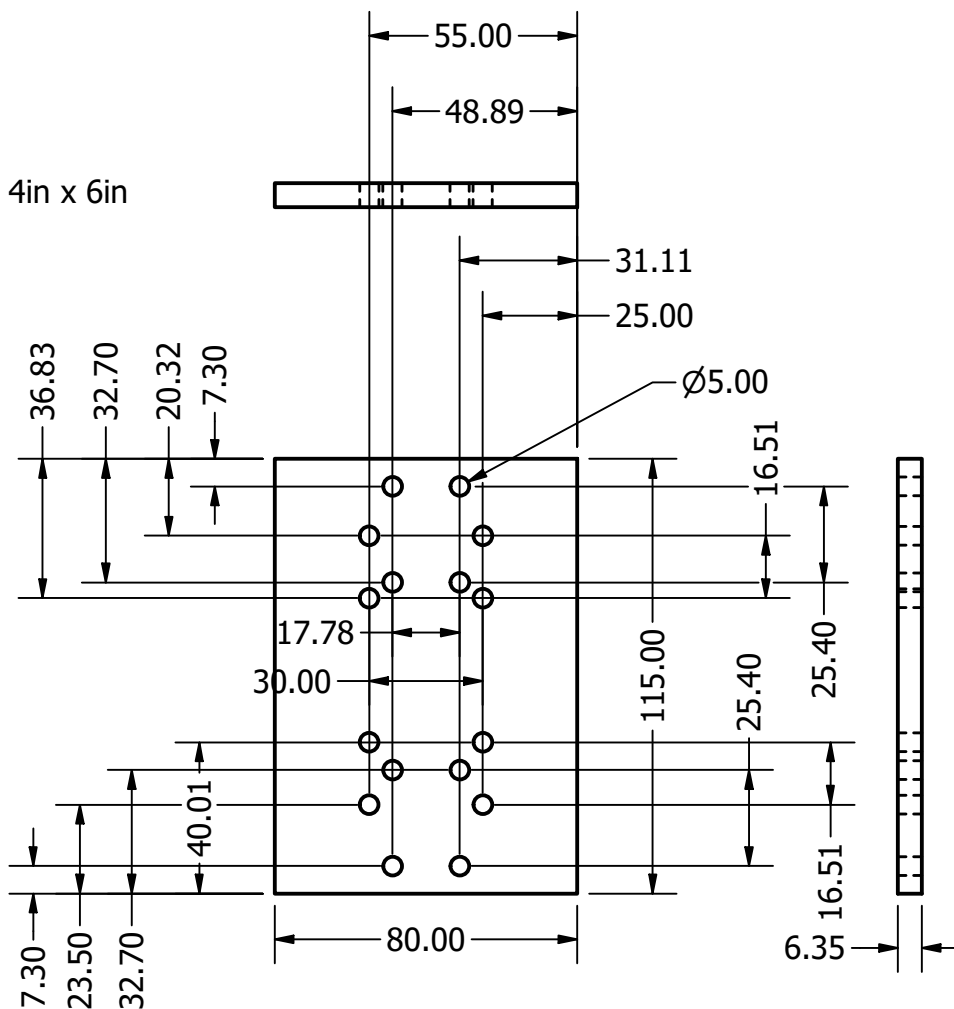




IMPORTANTE: Hacer 2
Piezas iguales del sobrante
de la solera de 6in x 10in y
1/4in de la PLACA INF
BOTELLA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE INGENIERIA		MATERIAL: Aluminio 6061	
		UNIDADES: mm	
Investigacion y desarrollo tecnológico en sistemas biomédicos.		EDICION: A	ESCALA:
			CANT:
	PROYECTO: Gabinete de Servomotores	TITULO:	FECHA:
	TAMAÑO: Personalizado (in)	DIBUJÓ: JOSÉ RAFAEL AVILÉS LEDESMA	No de Pieza: ELEVADORA BOTELLA
	APROBÓ: SERAFIN CASTAÑEDA CEDEÑO	REVISÓ: SAID CHANONA CASAS	HOJA: 1 DE 1

Hacer esta pieza de la solera de 4in x 6in
x 1/4in

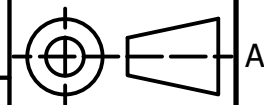


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

MATERIAL:

Aluminio 6061

UNIDADES: mm



Investigacion y desarrollo tecnológico en sistemas
biomédicos.

EDICION:

A

ESCALA:

CANT:



PROYECTO:

Gabinete de Servomotores

TITULO:

TAMAÑO: Personalizado (in)

DIBUJÓ: JOSÉ RAFAEL AVILÉS LEDESMA

APROBÓ: SERAFIN CASTAÑEDA CEDEÑO

REVISÓ: SAID CHANONA CASAS

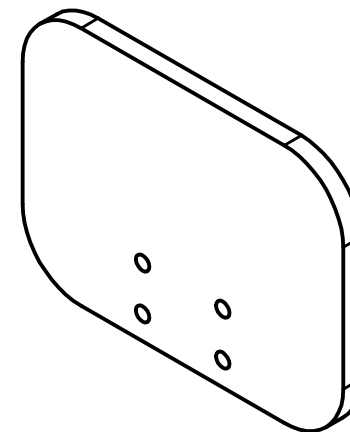
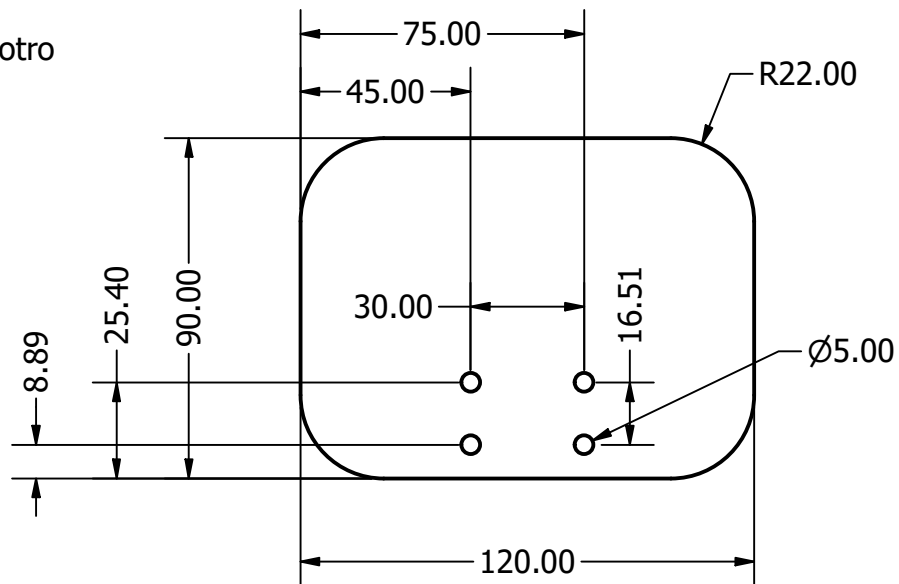
FECHA:

No de Pieza:
CUERPO BASE
SUJ SERVO

HOJA: 1 DE 1

Hacer esta pieza de otra de las soleras de 6in x 10in y 1/4in .

IMPORTANTE: Dejar el mayor sobrante posible de la solera para crear otras 2 placas del otro plano.

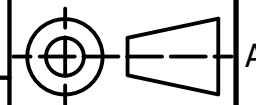


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

MATERIAL:

Aluminio 6061

UNIDADES: mm



Investigacion y desarrollo tecnológico en sistemas
biomédicos.

EDICION:

A

ESCALA:

CANT:



PROYECTO:

Gabinete de Servomotores

TITULO:

TAMAÑO: Personalizado (in)

DIBUJÓ: JOSÉ RAFAEL AVILÉS LEDESMA

APROBÓ: SERAFIN CASTAÑEDA CEDEÑO

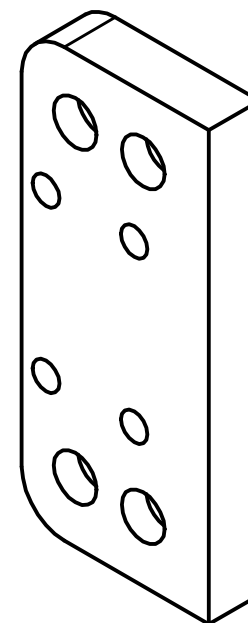
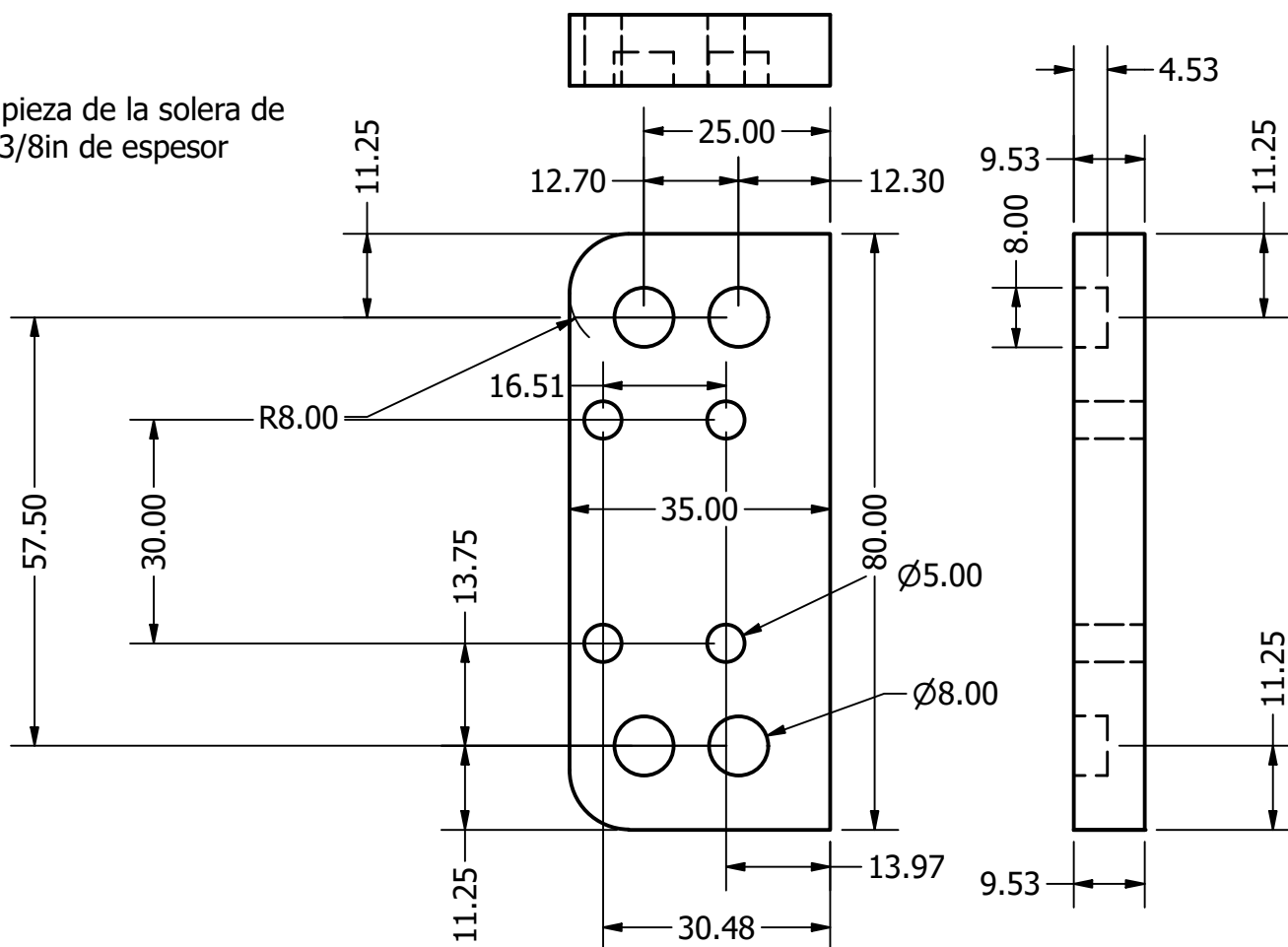
REVISÓ: SAID CHANONA CASAS

FECHA:

No de Pieza:
PLCA BASE
BOTELLA INF

HOJA: 1 DE 1

Hacer esta pieza de la solera de
3in x 4in y 3/8in de espesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

MATERIAL:

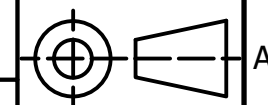
Aluminio 6061

UNIDADES: mm

Investigacion y desarrollo tecnológico en sistemas
biomédicos.

EDICION:

A



ESCALA:

CANT:



PROYECTO:

Gabinete de Servomotores

TITULO:

TAMAÑO: Personalizado (in)

DIBUJÓ: JOSÉ RAFAEL AVILÉS LEDESMA

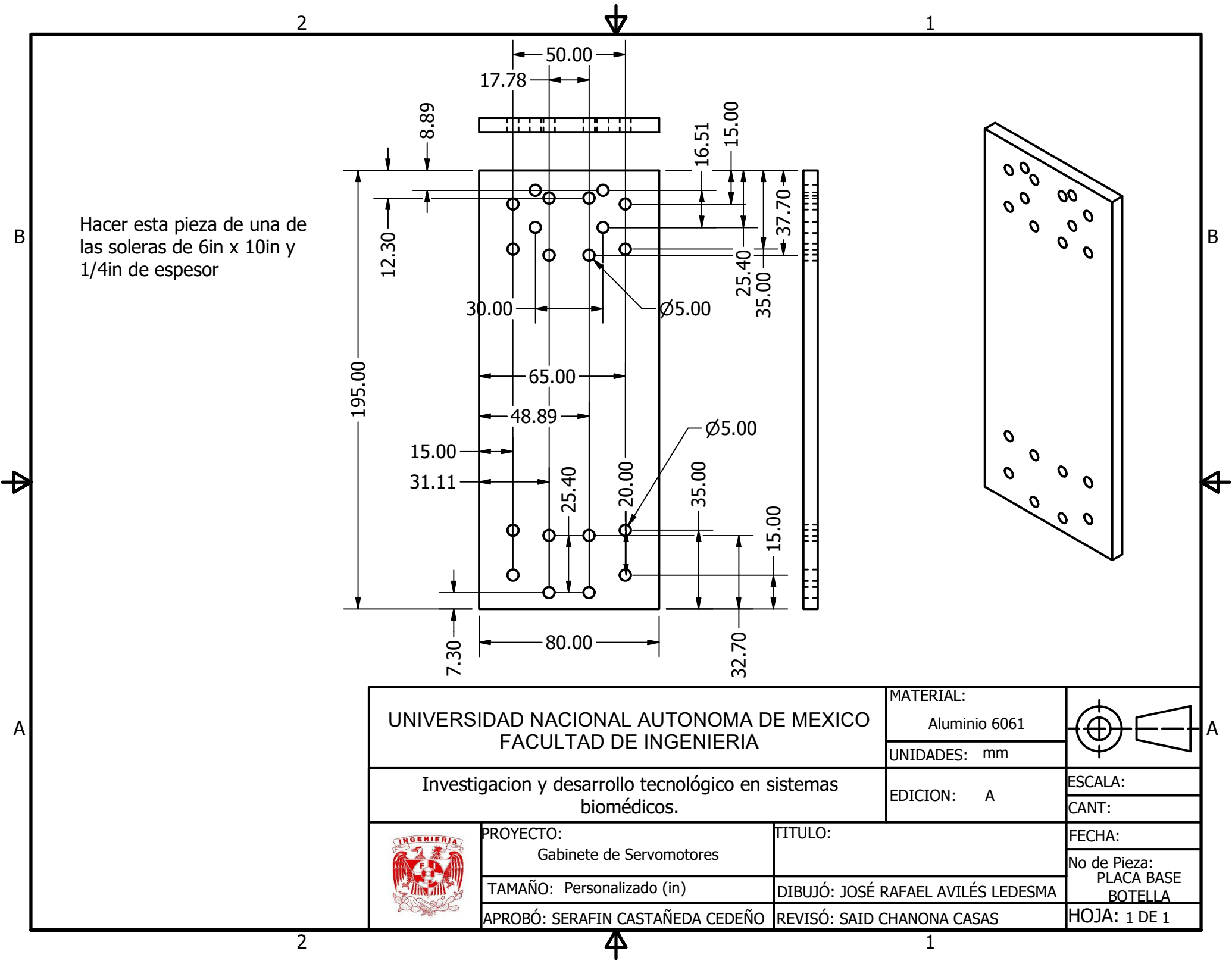
APROBÓ: SERAFIN CASTAÑEDA CEDEÑO

REVISÓ: SAID CHANONA CASAS

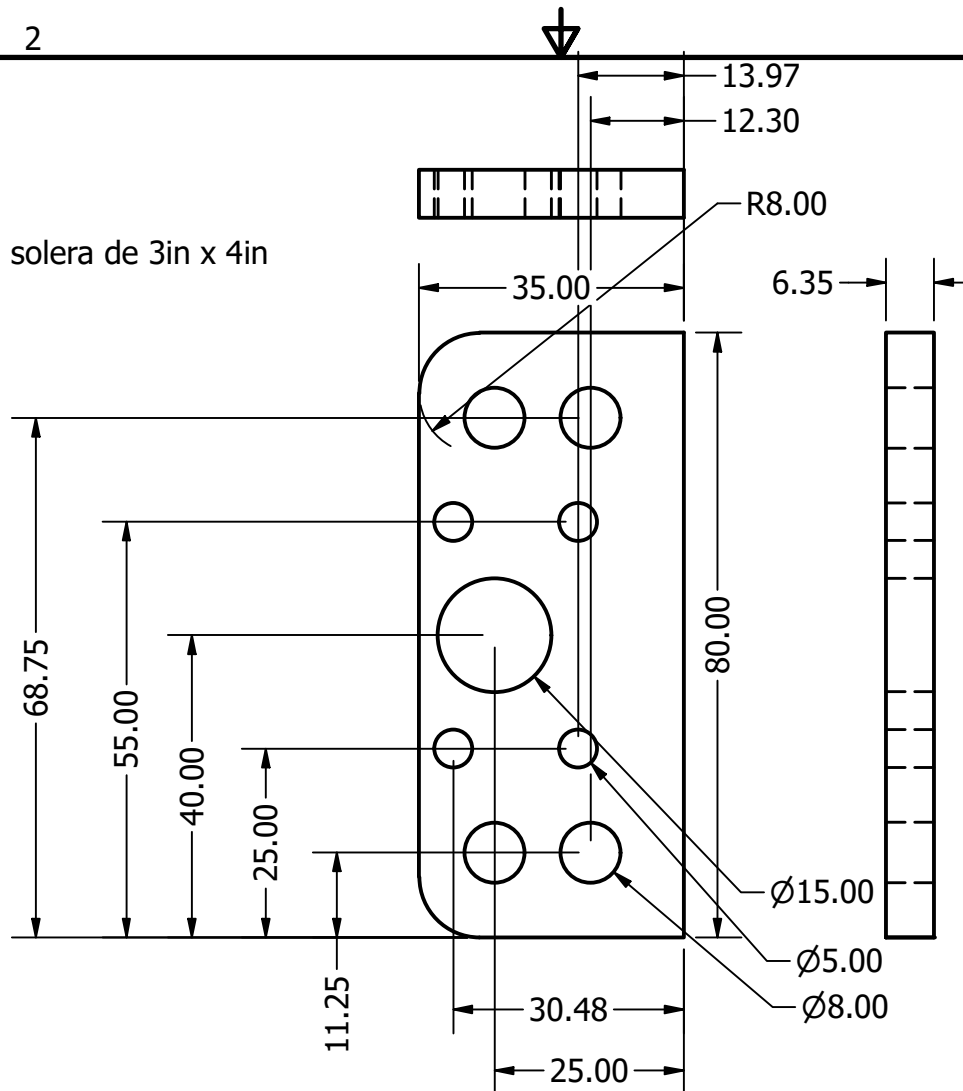
FECHA:

No de Pieza:
PLACA INF
SERVO

HOJA: 1 DE 1



Hacer esta pieza de la solera de 3in x 4in
x 1/4in de espesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

MATERIAL:

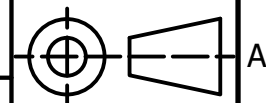
Aluminio 6061

UNIDADES: mm

Investigacion y desarrollo tecnológico en sistemas
biomédicos.

EDICION:

A



ESCALA:

CANT:



PROYECTO:

Gabinete de Servomotores

TITULO:

TAMAÑO: Personalizado (in)

DIBUJÓ: JOSÉ RAFAEL AVILÉS LEDESMA

APROBÓ: SERAFIN CASTAÑEDA CEDEÑO

REVISÓ: SAID CHANONA CASAS

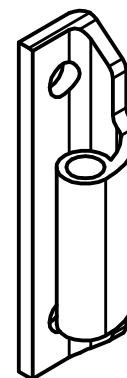
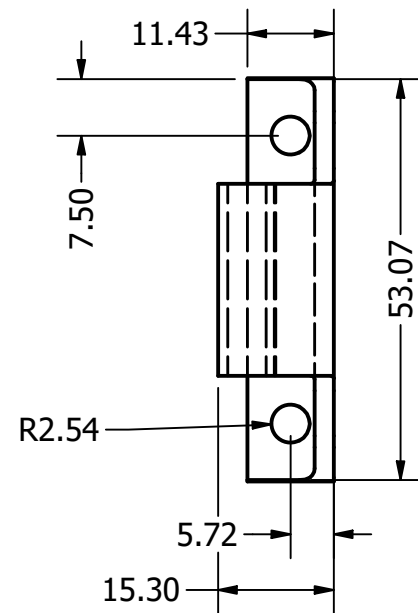
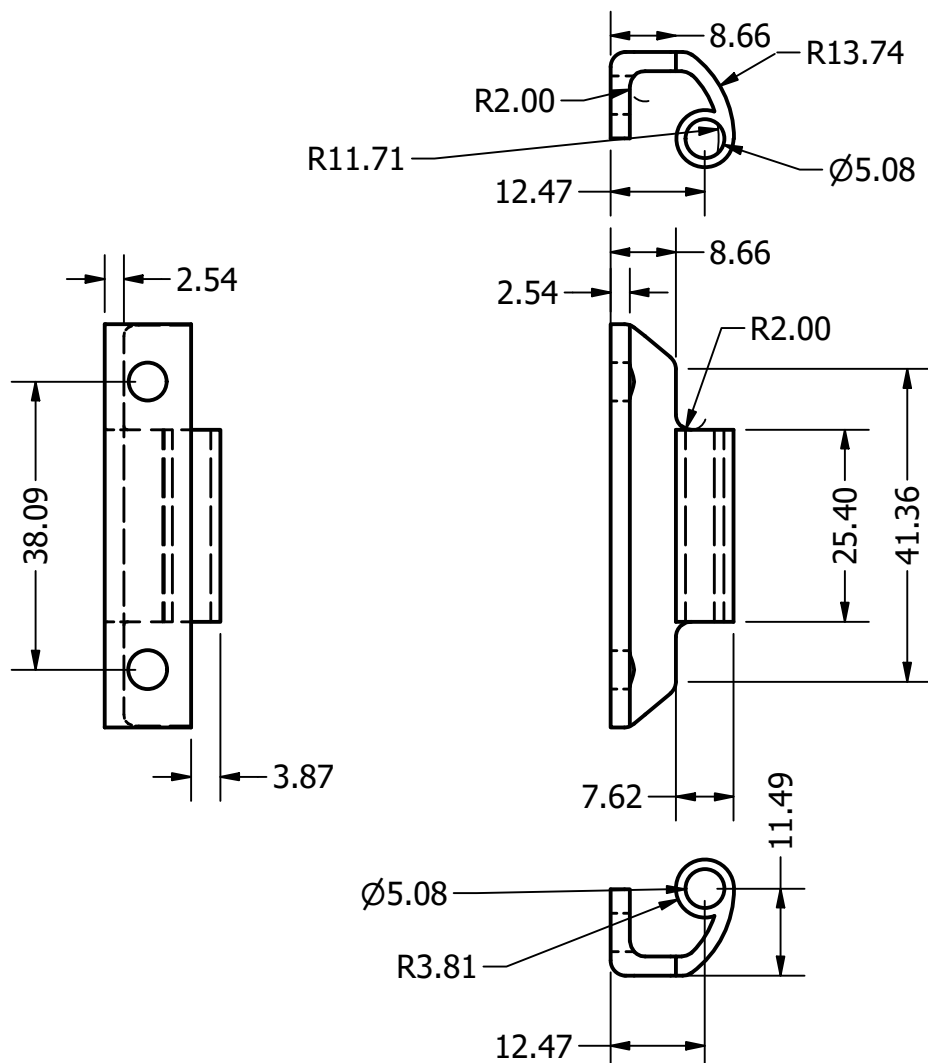
FECHA:

No de Pieza:

PLACA

SUPERIOR BASE

HOJA: 1 DE 1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

MATERIAL:

Aluminio 6061

UNIDADES: mm

Investigacion y desarrollo tecnológico en sistemas
biomédicos.

EDICION:

A

ESCALA: 1:1

CANT: 2



PROYECTO:

Gabinete de Servomotores

TITULO:

BISAGRA.ipt

TAMAÑO: Personalizado (in)

DIBUJÓ: JOSÉ RAFAEL AVILÉS LEDESMA

APROBÓ: SERAFIN CASTAÑEDA CEDEÑO

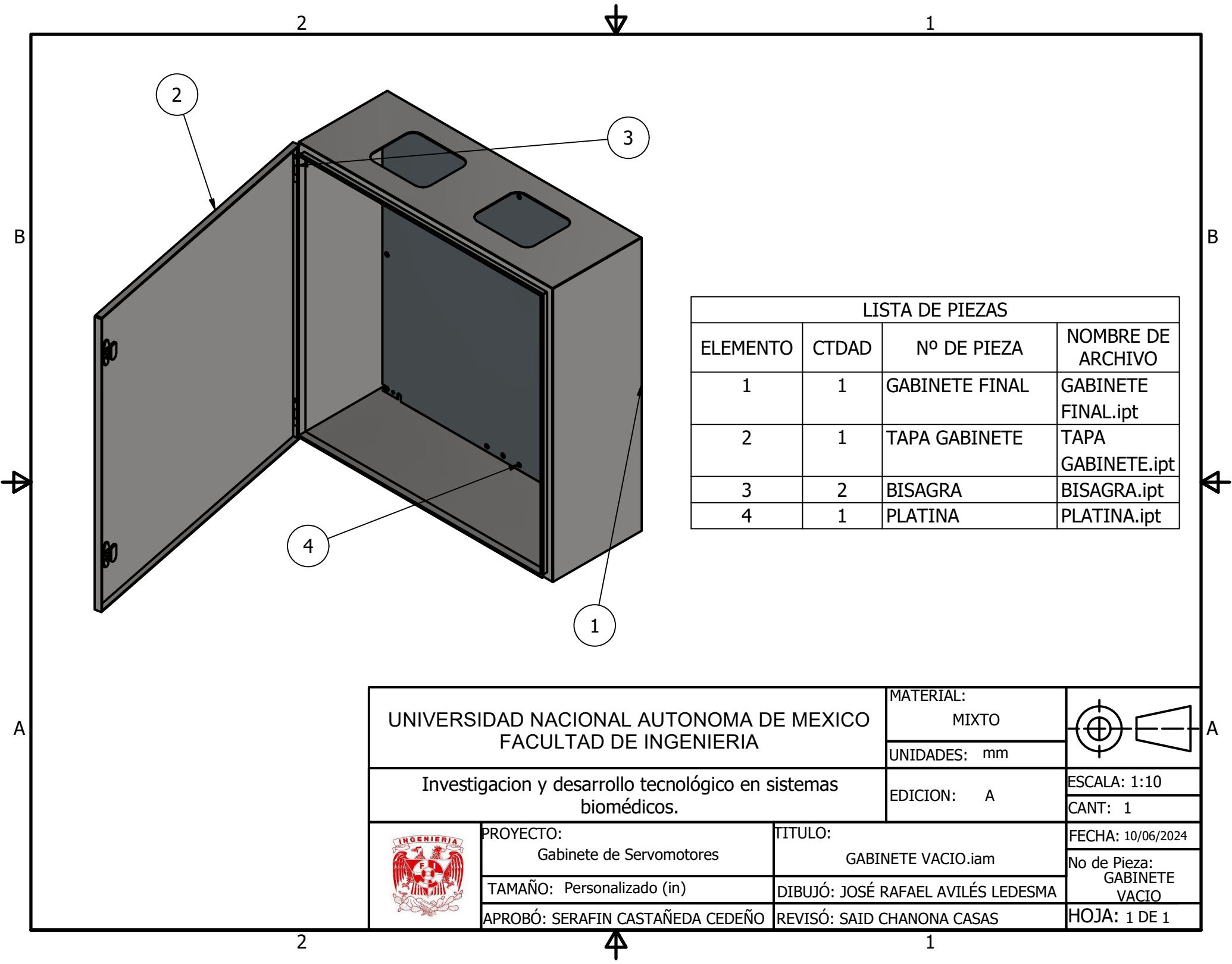
REVISÓ: SAID CHANONA CASAS

FECHA: 10/06/2024

No de Pieza:

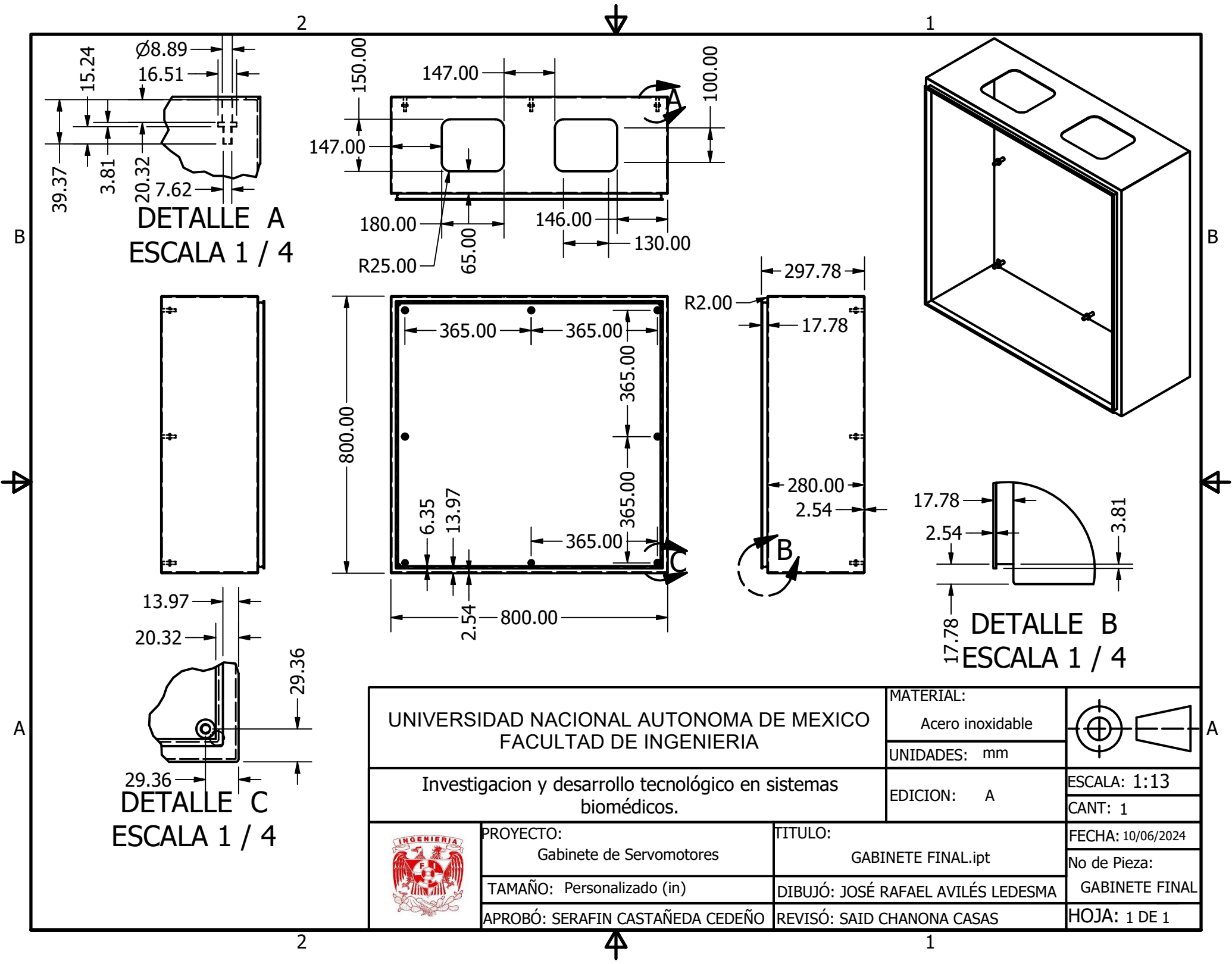
BISAGRA

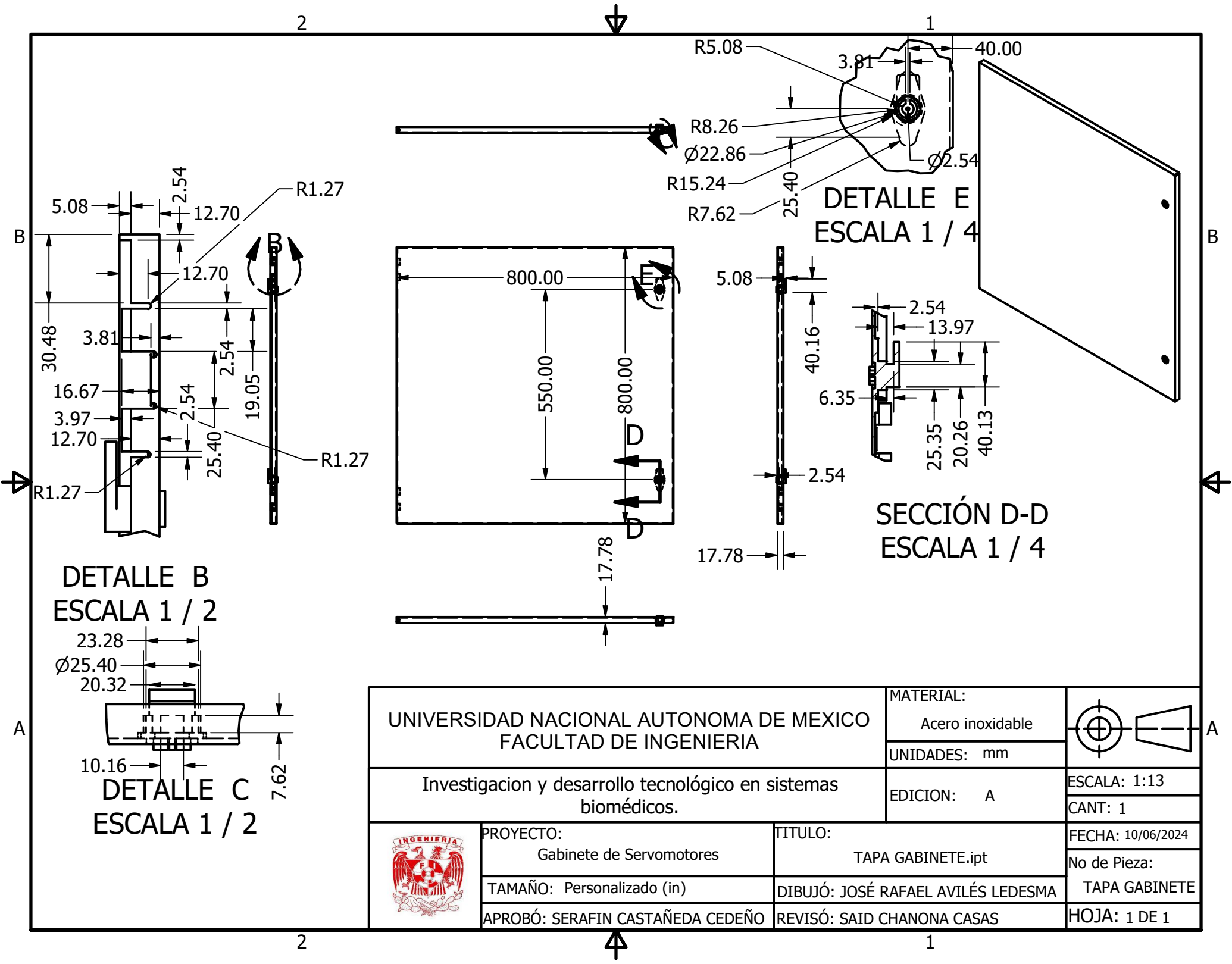
HOJA: 1 DE 1

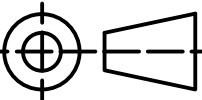


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	NOMBRE DE ARCHIVO
1	1	GABINETE FINAL	GABINETE FINAL.ipt
2	1	TAPA GABINETE	TAPA GABINETE.ipt
3	2	BISAGRA	BISAGRA.ipt
4	1	PLATINA	PLATINA.ipt

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE INGENIERIA		MATERIAL: MIXTO	
		UNIDADES: mm	
Investigacion y desarrollo tecnológico en sistemas biomédicos.		EDICION: A	ESCALA: 1:10
			CANT: 1
	PROYECTO: Gabinete de Servomotores	TITULO: GABINETE VACIO.iam	FECHA: 10/06/2024
	TAMAÑO: Personalizado (in)	DIBUJÓ: JOSÉ RAFAEL AVILÉS LEDESMA	No de Pieza: GABINETE VACIO
	APROBÓ: SERAFIN CASTAÑEDA CEDEÑO	REVISÓ: SAID CHANONA CASAS	HOJA: 1 DE 1





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE INGENIERIA		MATERIAL:	
		Acero inoxidable	
Investigacion y desarrollo tecnológico en sistemas biomédicos.		UNIDADES: mm	ESCALA: 1:13 CANT: 1
		EDICION: A	
	PROYECTO:	TITULO:	FECHA: 10/06/2024
	Gabinete de Servomotores	TAPA GABINETE.ipt	No de Pieza:
	TAMAÑO: Personalizado (in)	DIBUJÓ: JOSÉ RAFAEL AVILÉS LEDESMA	TAPA GABINETE
APROBÓ: SERAFIN CASTAÑEDA CEDEÑO		REVISÓ: SAID CHANONA CASAS	HOJA: 1 DE 1

