



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**Construcción de un mecanismo robótico para la atención a los
visitantes del campus tecnológico de innovación y
emprendimiento de la Universidad Indoamérica**

Propuesta metodológica previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor

Cadena Bedoya Josue Sebastián

Tutor

PhD. Varela Aldas José Luis

AMBATO– ECUADOR
2024

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.**

Yo, Cadena Bedoya Josue Sebastian, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre de “Construcción de un mecanismo robótico para la atención a los visitantes del campus tecnológico de innovación y emprendimiento de la Universidad Indoamérica”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI). Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancias de esta autorización, en la ciudad de Ambato, 13 de Julio de 2025, firmo conforme:



Firma:

Número de cédula: 0550068365

Dirección: Cotopaxi, Latacunga, La matriz, Bethlemitas.

Correo electrónico: josuekad@hotmail.es

Teléfono: 0969775052

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “Construcción de un mecanismo robótico para la atención a los visitantes del campus tecnológico de innovación y emprendimiento de la Universidad Indoamérica” presentado por Cadena Bedoya Josue Sebastian para optar por el Título de Ingeniero Industrial.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Ambato, 13 de Julio de 2025



JOSE LUIS VARELA
ALDAS
Firmado electrónicamente
Ambato

2025-09-16.14:57-05:00

.....
PhD. Varela Aldas José Luis

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de INGENIERO INDUSTRIAL, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 13 de Julio de 2025



.....

Cadena Bedoya Josue Sebastian

0550068365

APROBACIÓN DE LECTORES.

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “Construcción de un mecanismo robótico para la atención a los visitantes del campus tecnológico de innovación y emprendimiento de la Universidad Indoamérica”. previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración

Ambato, 13 de Julio de 2025



Manuel Ignacio Ayala Chauvin



.....
Dr. Manuel Ignacio Ayala Chauvin
Lector



Firmado electrónicamente por:
**FERNANDO ALFONSO
CHICAIZA CLAUDIO**
Validar únicamente con FirmasEC

.....
Dr. Fernando Alfonso Chicaiza Claudio
Lector

Dedicatoria

A mi madre, por ser ejemplo de superación y trabajo constante. Por cada consejo, por su amor incondicional y por enseñarme a no rendirme nunca y trabajar siempre por lo que quiero.

A mi familia, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación. Gracias por estar siempre en los momentos más difíciles.

A mí mismo, por no rendirme, por confiar en mis capacidades y seguir adelante a pesar de los desafíos. Este logro es el reflejo de cada sacrificio, cada madrugada de estudio y cada paso dado con seguridad y convicción.

Agradecimiento

Agradezco profundamente a la Universidad Indoamérica por brindarme la formación académica, los recursos y el espacio necesario para desarrollar esta tesis. Esta institución ha sido fundamental en mi crecimiento profesional y personal.

También agradezco a cada docente que, a lo largo de mi carrera, compartió sus conocimientos con compromiso y vocación, contribuyendo a mi formación como futuro ingeniero.

Y a todas las personas que aportaron en este logro mi más profundo agradecimiento.

Índice de contenido	
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
Antecedentes	3
Justificación	5
OBJETIVOS	8
Objetivo general.....	8
Objetivos Específicos.....	8
Capitulo II	9
Diagnóstico de la situación actual	9
Área de estudio:	15
Modelo Operativo	16
CAPITULO III.....	20
Presentación de la propuesta:	20
Componentes	21
Diseño conceptual	26
Circuito electrónico	37
Programación.....	38
Resultados.....	41
Análisis de costos	46
Cronograma de implementación	48
Aplicaciones Futuras.....	50
CAPITULO IV	52
Conclusiones	52
Recomendaciones.....	53
Bibliografía	54
Anexos	56

Índice de tablas

<i>Tabla 1 Área de estudio</i>	15
Tabla 2 Características requeridas y soluciones aplicadas.	20
Tabla 3 Ventajas y desventajas de los diseños.	28
Tabla 4 Ventajas y desventajas de los diseños.	29
Tabla 5 Costos del robot.....	46
Tabla 6 Detalle de costos anuales de personal humano.....	48
Tabla 7 Cronograma de implementación y mantenimiento de componentes.....	48
Tabla 8 Costos de mantenimiento	49
Tabla 9 Cronograma de actividades pos implementación.	49

Índice de gráficos

Figura 1 Esquema general de distribución de laboratorios del Campus Tecnológico.	9
Figura 2 Resultados pregunta de encuesta sobre visitas al nuevo campus.	11
Figura 3 Resultados pregunta de encuesta sobre mejora de experiencia.	11
Figura 4 Resultados pregunta de encuesta sobre apariencia del robot.	12
Figura 5 Resultados pregunta de encuesta sobre movimiento de cabeza.	12
Figura 6 Resultados pregunta de encuesta sobre diseño del robot.	13
Figura 7 Resultados pregunta de encuesta sobre sistema de orugas.	13
Figura 8 Resultados pregunta de encuesta sobre uso de una pantalla.	14
Figura 9 Resultados pregunta de encuesta sobre cámara.	14
Figura 10 Resultados pregunta de encuesta sobre preferencia a recibir indicaciones del robot.	14
Figura 11 Matriz de la casa de la calidad.	15
Figura 12 Modelo Operativo.	17
Figura 13 Raspberry Pi Zero 2W.	21
Figura 14 Sistema de orugas.	22
Figura 15 Motor de 12 v.	23
Figura 16 Driver L298N.	23
Figura 17 Servomotor.	24
Figura 18 Pantalla ips 7 pulgadas.	25
Figura 19 Sensor LDS-01.	25
Figura 20 Diseño Conceptual 1.	26
Figura 21 Diseño conceptual 2.	27
Figura 22 Diseño conceptual 3.	27
Figura 23 Diseño conceptual 4.	28
Figura 24 Base del robot.	31
Figura 25 Torso del robot.	31
Figura 26 Robot completo.	32
Figura 27 Plano de corte para shop bot.	33
Figura 28 Corte en maquina Shop Bot.	33
Figura 29 Base del robot.	34
Figura 30 Torso del robot.	34
Figura 31 Cara del robot.	35
Figura 32 Brazo del robot.	36
Figura 33 Robot armado.	36
Figura 34 Conexiones.	37
Figura 35 Configuración inicial.	39
Figura 36 Parte lógica del código.	40
Figura 37 Diagrama de flujo de lógica de programación.	41
Figura 38 Prueba de funcionamiento de raspberry y L298N.	42
Figura 39 Prueba de funcionamiento de motores.	42
Figura 40 Prueba de conexión de RealVNC Viewer con raspberry.	43
Figura 41 Conexión con raspberry en pantalla.	43
Figura 42 Ensamble de base con conexiones.	44

Figura 43 Prueba Final	45
Figura 44 Costos de atención a visitantes del campus.	47

Índice de Anexos

Anexo 1 Base.	56
Anexo 2 Lateral base frontal.	57
Anexo 3. Lateral base trasera.	58
Anexo 4. Lateral base derecho.	59
Anexo 5. Lateral Base izquierdo.....	60
Anexo 6. Base torso.	61
Anexo 7. Conector tapa torso.	62
Anexo 8. Tapa baja torso.....	63
Anexo 9. Torso frente.	64
Anexo 10. Torso posterior.	65
Anexo 11. Lateral izquierdo.....	66
Anexo 12. Lateral derecho.....	67
Anexo 13. Lateral superior izquierdo.	68
Anexo 14. Lateral superior derecho.	69
Anexo 15. Tapa superior torso.	70
Anexo 16. Conector cabeza	71
Anexo 17. Cabeza posterior.....	72
Anexo 18. Cara.	73
Anexo 19. Lateral cabeza	74
Anexo 20. Brazo	75
Anexo 21. Dedo 1	76
Anexo 22. Dedo 2	77
Anexo 23. Dedo 3	78
Anexo 24. Conector dedos.....	79
Anexo 25. Robot final.....	80
Anexo 26. Manual de usuario del mecanismo robótico	81
Anexo 27 Código Final	87

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: Construcción de un mecanismo robótico para la atención a los visitantes del campus tecnológico de innovación y emprendimiento de la Universidad Indoamérica

Autor: Cadena Bedoya Josue Sebastián

Tutor: PhD. Varela Aldas José Luis

La presente tesis describe el desarrollo de un mecanismo robótico destinado a mejorar la atención a los visitantes del campus tecnológico de innovación y emprendimiento de la Universidad Indoamérica. El proyecto surge como respuesta a la necesidad de optimizar la experiencia de orientación dentro del campus, mediante un sistema funcional que sirva como base para futuras implementaciones más avanzadas. El trabajo se enfocó en la fabricación física del prototipo, integrando una estructura de MDF con componentes electrónicos y mecánicos esenciales. Se incorporó un sistema de orugas para la movilidad, una pantalla frontal como interfaz visual y un servomotor para el movimiento de la cabeza. La programación se realizó utilizando Python, permitiendo el control remoto del dispositivo mediante la plataforma RealVNC Viewer. Las pruebas realizadas confirmaron el funcionamiento del prototipo según lo previsto, validando su estabilidad, respuesta a comandos y facilidad de control. Si bien el robot aún no cuenta con funciones autónomas de navegación ni interacción por voz, representa una base operativa sólida para futuras mejoras. Su diseño modular y su viabilidad técnica permiten proyectarlo como una herramienta con alto potencial de crecimiento. La propuesta combina elementos prácticos de la ingeniería industrial con un enfoque hacia la automatización de servicios, aportando tanto a la experiencia del visitante como a la imagen tecnológica de la institución.

DESCRIPTORES: robotización, orientación, automatización, innovación.

Abstract

This thesis presents the development of a robotic mechanism aimed at enhancing visitor assistance within the Innovation and Entrepreneurship Technology Campus of Universidad Indoamérica. The project addresses the need to optimize orientation experiences through a functional system that lays the groundwork for more advanced future implementations. The work focused on the physical fabrication of the prototype, integrating an MDF structure with essential electronic and mechanical components. Mobility is achieved via a tracked system, complemented by a front-facing screen for visual interaction and a servo motor enabling head movement. Programming was carried out using Python, allowing remote control through the RealVNC Viewer platform. Testing confirmed the prototype's stability, command responsiveness, and ease of control as designed. Although the robot currently lacks autonomous navigation and voice interaction capabilities, it provides a solid operational foundation for future enhancements. Its modular design and technical feasibility position as a promising tool for growth. The proposal combines practical industrial engineering elements with an automation approach, contributing both to visitor experience and the institution's technological image.

KEYWORDS: robotization, guidance, automation, innovation.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la robótica ha tenido un crecimiento significativo en espacios que antes parecían reservados a la imaginación. Ya no es solo apoyo metálico de fábricas e industrias, si no que se está adentrando en las universidades contribuyendo con mejorar la eficiencia de actividades rutinarias. La automatización no solo puede reducir tiempos, sino que también mejora la interacción con el usuario y por ende de manera directa en su experiencia. En este contexto los robots en un campus universitario tienen un papel de innovación importante pues no solo facilitan la orientación, sino que aportan una imagen más moderna de la institución a la vez que son capaces de ofrecer información más precisa.

Diversos estudios han demostrados grandes avances en esta área. Por ejemplo, (Miranda Chiquito & Anrrango Tibanquiza, 2022) dieron vida a un robot autónomo que transportaba comida por un campus sorteando terrenos llenos de obstáculos. En sus propias palabras, este robot logró “transportar alimentos de forma autónoma, alrededor de un terreno con irregularidades, obstáculos y presencia de rampas” (p. II), demostrando que estas máquinas pueden ser viables en diversos entornos. De la misma manera, (Vargas Monge, 2021) diseñó un robot con una “cara” animada que simulaba expresiones, lo que permitió una interacción más cercana con los usuarios. Este robot no solo se desplazaba de forma autónoma, sino que también describía su entorno con claridad, actuando como un guía turístico (p. 1), estableciendo un puente directo entre la tecnología y la experiencia humana.

Por su parte, (Guillén Matos, 2020) imaginó un robot para logística, pero con un diseño tan versátil adaptable a los pasillos de una universidad. Él destacó la importancia de “diseñar un robot móvil que integre subsistemas de locomoción, manipulación y control” (p. 5), un enfoque que facilita la adaptación de dispositivos a diferentes espacios y funciones. En un enfoque más avanzado, (Pérez Martínez, 2023)) dio un paso más allá con un robot que, sigue a las personas usando cámaras cenitales y algoritmos de procesamiento de imágenes. En su proyecto, afirmó que el dispositivo fue capaz de “reconocer y seguir un objetivo móvil mediante algoritmos de detección y seguimiento”

(p. 23), lo cual podría ser de gran utilidad para asistir a visitantes en campus con estructuras complejas.

También la seguridad combinada con el monitoreo ha sido un tema abordado en investigaciones. (baque suarez, 2022)) diseñó un prototipo con visión nocturna, pensado para la seguridad. Según señala, su robot “permite el monitoreo en entornos con baja iluminación mediante cámara IR y sensores ultrasónicos” (p. 7), ofreciendo una solución a la vigilancia durante la noche. Por otro lado, (mendieta molina & quichimbo plaza, 2022) aportaron un enfoque centrado en la atención remota, creando un robot de telepresencia que posibilita la comunicación audiovisual con usuarios a distancia y se desplaza por el entorno sin necesidad de presencia humana directa. En su estudio, destacaron que el robot “logró establecer comunicación audiovisual con usuarios remotos y desplazarse por el entorno” (p. 38), ampliando así las posibilidades para la atención y apoyo en el ámbito académico.

En Ecuador, la robótica móvil se alza como un pilar estratégico. (Vergara Herrera, 2021a)) lo expresó con claridad: “la robótica puede ser una herramienta clave para apoyar actividades rutinarias y proyectar una imagen de modernización institucional”. De igual manera, (rizzo ortega & macias valarezo, 2024) aseguran que “La implementación de robots móviles radiocontrolados en la recolección de residuos sólidos ofrece una solución innovadora”, lo que demuestra la relevancia local de estos desarrollos. Paralelamente, la robótica social también ha encontrado su lugar. En la Universidad Politécnica Salesiana, integraron un robot móvil con pantalla interactiva, tejiendo un lazo entre la tecnología y los sistemas administrativos del campus.

La estructura física no se queda atrás. (Romero Marmolejo, 2022) diseñaron un mueble robótico con materiales humildes como el MDF, pensado para ser funcional y fácil de mantener. Por su parte, Álvarez y Narvárez (2021) crearon un robot móvil con sensores ultrasónicos, enfatizando el “diseño de trayectorias seguras en entornos interiores”. En el ámbito del Internet de las Cosas (celeita hernandez & gutierrez celeita, 2021), conectaron soluciones robóticas para educación técnica remota, mientras que (Agudo Ube & Gómez

Zambrano, 2022) propusieron un robot multitarea con funciones de guía, asistencia y monitoreo, lo que amplía el potencial de estos dispositivos en ambientes universitarios.

Finalmente, (Rodas Córdova, 2021) llevo la inteligencia artificial al siguiente nivel con la “generación dinámica de trayectorias”, dotando a los robots de una autonomía que parece casi mágica en entornos siempre cambiantes. Considerando estos antecedentes, esta tesis propone el diseño de un mecanismo robótico funcional orientado a satisfacer las necesidades de los visitantes del campus tecnológico de la Universidad Indoamérica, contribuyendo así a la innovación y mejora de la experiencia universitaria.

Antecedentes

En los últimos años, la robótica a un crecimiento notable, convirtiéndose en un faro de innovación en diversos sectores, incluido el mundo educativo. Las instituciones de educación superior han comenzado a implementar tecnologías robóticas buscando mejorar la atención al usuario, optimizar recursos y ofrecer una experiencia más interactiva. En este contexto, la Universidad Indoamérica ha identificado la necesidad de innovar en sus servicios de atención al visitante, mediante un mecanismo robótico que a futuro se integre de más componentes que lo permitan encajar con la dinámica del campus tecnológico de innovación.

Por su parte, en el ámbito académico, los asistentes robóticos han ganado terreno, alzándose como aliados indispensables gracias a su capacidad para transformar lo cotidiano en extraordinario. Al automatizar tareas rutinarias, estos no solo optimizan procesos, sino que también pintan una experiencia más amigable y accesible para quienes interactúan con ellos. Un ejemplo es el trabajo de (Gonzales Arias, 2022), quien dio vida a un asistente virtual en la Universidad Politécnica Salesiana. Este sistema, según el autor, “optimiza el flujo de consultas académicas, ofreciendo respuestas inmediatas y mejorando la satisfacción del usuario” (Gonzales Arias, 2022). De manera similar, un enfoque así en Indoamérica podría convertir las consultas de los visitantes en un diálogo dinámico haciendo que cada interacción sea fluida. De igual forma, el trabajo de Mendieta (Mendieta Molina & Quichimbo Plaza, 2022) desarrolló un robot de telepresencia que interactúa de forma remota con los usuarios, eliminando la necesidad de presencia física

en ciertos espacios educativos. "Este robot redujo significativamente los tiempos de respuesta y mejoró la experiencia de los usuarios" ((Mendieta Molina & Quichimbo Plaza, 2022) La Universidad Indoamérica podría aplicar esta tecnología para brindar asistencia inmediata a sus visitantes y optimizar su experiencia.

Por su parte, (Vergara Herrera, 2021b) creó un asistente educativo inteligente para la enseñanza en Colombia. Este asistente "mejoró las competencias de razonamiento lógico de los estudiantes mediante el uso de tecnologías IOT" (Vergara Herrera, 2021a) Esta tecnología podría implementarse en la Universidad Indoamérica para ofrecer a los visitantes una interacción más personalizada y en tiempo real. El uso de sistemas robóticos no solo optimiza la atención a los usuarios, sino que también facilita la organización de tareas. (Vergara Herrera, 2021a) resalta que "el asistente robótico puede guiar al usuario de manera autónoma, brindando información precisa y adaptada a sus necesidades" (Vergara Herrera, 2021a). Con una herramienta similar, la Universidad Indoamérica podría ofrecer una experiencia más interactiva y eficiente para sus visitantes.

(León Cardona et al., 2021) también subraya que "la distribución de tareas mediante robots móviles aumenta la eficiencia operativa, minimizando los tiempos de espera y mejorando la coordinación" (León Cardona et al., 2021). Esto sería particularmente útil en la organización de flujos de visitantes en el campus, mejorando su experiencia general. Otro caso interesante es el de (miranda chiquito & anrrango tibanquiza, 2022), quienes desarrollaron un robot autónomo para la entrega de alimentos en campus universitarios. "El uso de robots móviles para la atención a los visitantes replicaría los mismos beneficios, brindando asistencia inmediata y mejorando la experiencia del usuario" (miranda chiquito & anrrango tibanquiza, 2022). Aplicar esta tecnología en la Universidad Indoamérica facilitaría una atención más rápida y personalizada.

Los avances en robótica aplicada a la educación han mostrado un impacto significativo en la personalización y automatización de servicios. (Pérez Martínez, 2023) destacó que los robots, a través de la detección y seguimiento automatizados mediante procesamiento de imágenes, pueden identificar a los usuarios y guiarlos por distintos espacios, mejorando la personalización del servicio (Pérez Martínez, 2023). Este enfoque

tecnológico resulta prometedor para instituciones como la Universidad Indoamérica, ya que permitiría ofrecer una atención eficaz y automatizada a sus visitantes. Por otro lado, (Guillén Matos, 2020) diseñó un robot guía para espacios públicos capaz de orientar a los usuarios sin intervención humana, una tecnología especialmente adecuada para un campus universitario donde los visitantes necesitan desplazarse de manera autónoma y acceder a información clave (Guillén Matos, 2020). De forma similar, (Vargas Monge, 2021) desarrolló un robot guía para laboratorios educativos que ofrece recorridos autónomos y acompañamiento en tiempo real, facilitando tanto el aprendizaje como la experiencia del usuario (Vargas Monge, 2021).

Finalmente, en el ámbito de robots multitarea, (agudo ube & gómez zambrano, 2022) diseñaron un prototipo para la Universidad Politécnica Salesiana que detecta objetos y realiza tareas autónomas mediante sensores ópticos y algoritmos avanzados de visión artificial. Este tipo de tecnología optimiza la interacción con los usuarios y podría aplicarse de manera efectiva en la Universidad Indoamérica para automatizar la entrega de información a los visitantes (Agudo Ube & Gómez Zambrano, 2022).

Las aplicaciones de la robótica en el sector educativo no sólo optimizan los procesos rutinarios, sino que también mejoran la interacción entre las instituciones y sus usuarios, modernizando los servicios y fortaleciendo su imagen. En este contexto, la Universidad Indoamérica se posiciona como una institución comprometida con la innovación tecnológica al desarrollar un proyecto que incorpora un mecanismo robótico que sirva a futuro para atender a los visitantes en su campus. Esta iniciativa busca no sólo mejorar la experiencia del público, sino también ofrecer a los estudiantes oportunidades de aprendizaje práctico en robótica y automatización.

Justificación

En la actualidad, la robótica se ha consolidado como una herramienta clave para optimizar procesos y mejorar la experiencia de los usuarios en diversos sectores, incluido el educativo. El desarrollo acelerado de tecnologías robóticas ha permitido a las instituciones académicas adoptar soluciones innovadoras que automatizan tareas rutinarias, incrementan la eficiencia operativa y fortalecen la interacción con sus usuarios. En este contexto, la implementación de un asistente robótico en la Universidad

Indoamérica surge como una respuesta estratégica para abordar las necesidades de sus visitantes y modernizar los servicios ofrecidos en su campus tecnológico.

La falta de personal asignado para guiar a los visitantes en el campus constituye una problemática que impacta negativamente en la experiencia del usuario. Este proyecto propone la creación de un robot asistente capaz de proporcionar información clave, guiar a los visitantes y automatizar procesos, liberando así recursos humanos para tareas más estratégicas. Inspirado en casos de éxito como el robot guía de (Guillén Matos, 2020) y los asistentes multitarea de (Agudo Ube & Gómez Zambrano, 2022), este desarrollo busca replicar beneficios como la reducción de tiempos de espera y la mejora en la calidad del servicio.

Además, esta iniciativa no solo responde a las necesidades del público externo, sino que también genera un impacto significativo en la comunidad estudiantil. El proyecto ofrece a los estudiantes de la Universidad Indoamérica oportunidades de aprendizaje práctico en áreas como robótica, inteligencia artificial y automatización, posicionando a la institución como líder en innovación tecnológica en la región.

Desde una perspectiva institucional, la implementación del asistente robótico refuerza la imagen de la universidad como un centro educativo de vanguardia comprometido con la integración de tecnología en sus procesos. Asimismo, representa una ventaja competitiva al diferenciarse de otras instituciones educativas de la zona mediante servicios modernos y eficientes.

En términos de factibilidad, el proyecto cuenta con elementos técnicos y económicos accesibles, incluyendo el uso de tecnologías disponibles y recursos propios del campus, como mecanizados CNC, lo que asegura una implementación viable y sostenible. Por lo tanto, la introducción de un robot asistente en la Universidad Indoamérica aporta una base para con integraciones futuras lograr un robot guía en el campus que no solo atenderá de manera eficaz las necesidades de los visitantes, sino que también impulsará la innovación, fortalecerá la imagen institucional y contribuirá al desarrollo académico y profesional de sus estudiantes. Este proyecto representa un paso significativo hacia la transformación digital en la educación superior.

OBJETIVOS

Objetivo general

Fabricar un mecanismo robótico para la atención a los visitantes del campus tecnológico de innovación y emprendimiento de la Universidad Indoamérica.

Objetivos Específicos

- Analizar las necesidades de atención al visitante en el campus tecnológico de la Universidad Indoamérica.
- Diseñar el mecanismo robótico para la atención a los visitantes del campus tecnológico.
- Construir el prototipo robótico mediante procesos de corte, impresión 3D y ensamblaje de componentes.
- Validar el funcionamiento del prototipo robótico mediante pruebas de movilidad, control y estabilidad en la primera planta del Campus Tecnológico de Innovación y Emprendimiento de la Universidad Indoamérica.

Capítulo II

Diagnóstico de la situación actual

La Universidad Indoamérica recientemente ha inaugurado su nuevo campus tecnológico, con una extensión de aproximadamente 2.500 metros cuadrados, cuenta con 17 laboratorios para cubrir las áreas de: robótica, genética, construcción, arquitectura, diseño asistido por computador y producción digital. El campus tiene como finalidad fomentar espacios donde la tecnología se mezcla con el emprendimiento y la investigación generando proyectos innovadores, así como oportunidades laborales a los estudiantes de la universidad. La Figura 1 muestra la disposición del campus, destacando las áreas disponibles para los visitantes.

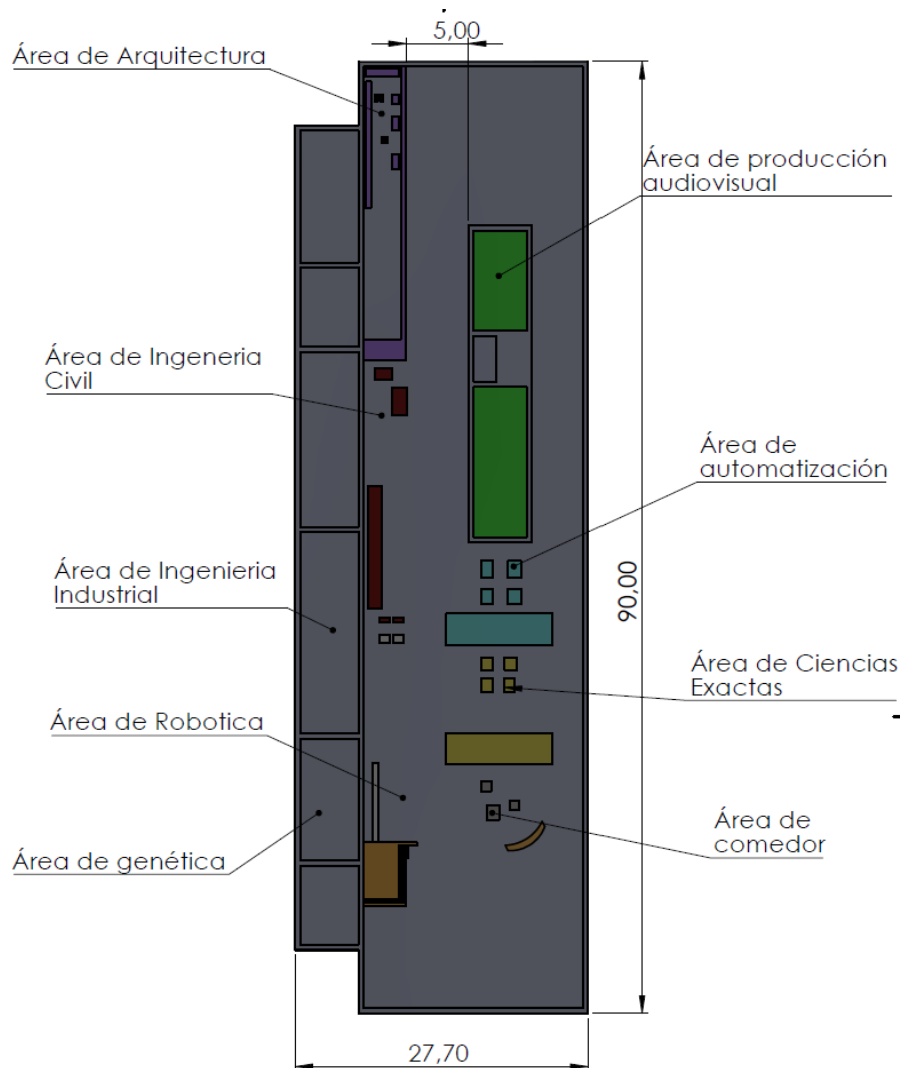


Figura 1 Esquema general de distribución de laboratorios del campus tecnológico.

Elaborado por: Josue Cadena

A pesar de ser un campus tecnológico y de innovación, los visitantes actualmente dependen del personal de seguridad de la institución y algún docente que se encuentre por la puerta de ingreso al campus, este sistema sugiere no solo una mala gestión de los visitantes si no la falta de automatización de dicho proceso, además de generar una mala experiencia del visitante, mostrando claramente la ausencia de automatización en un campus que como su nombre lo indica debe ser tecnológico

Para resolver esta problemática, se propone la implementación de un robot guía, capaz de moverse a través del campus por medio de orugas, hecho mediante impresión 3D y con un cabezal móvil. Este robot se concibe como un aporte tangible a la búsqueda de la innovación de la universidad, no solo cumpliendo con la función de guiar a los visitantes, sino también fortaleciendo la percepción de la universidad como una institución avanzada en tecnología y atención al usuario.

Con el objetivo de asegurar que el diseño del mecanismo robótico propuesto en este responda correctamente a las necesidades del entorno, se aplicó una encuesta dirigida a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Indoamérica. Esta herramienta permitió recopilar información relevante sobre las percepciones, necesidades y expectativas de los usuarios en relación con la orientación dentro del campus tecnológico. A través de los resultados obtenidos, fue posible identificar características clave que el robot debía incorporar. La información recolectada sirvió como base para el análisis de la Casa de la Calidad (QFD), permitiendo transformar los requerimientos del usuario en especificaciones técnicas. De esta manera, la encuesta contribuyó directamente al proceso de diseño, asegurando que el prototipo se ajuste a las necesidades reales de la comunidad universitaria.

Como se evidencia en la Figura 2 el 100% de los estudiantes y profesores conocen el nuevo campus tecnológico de la universidad.

¿Conoces el nuevo campus tecnológico de la Universidad?



Figura 2 Resultados pregunta de encuesta sobre conocimiento del nuevo campus.

Elaborado por: Josue Cadena

En la Figura 3 se evidencia que el 60% de los encuestados cree definitivamente que un robot guía mejoraría su experiencia al recorrer el campus.

¿Crees que la incorporación de un robot guía mejoraría tu experiencia al recorrer el campus?



Figura 3 Resultados sobre pregunta de encuesta sobre mejora de experiencia.

Elaborado por: Josue Cadena

La Figura 4 indica la preferencia de los visitantes acerca del acabado que debería tener el mecanismo robótico; los visitantes prefieren un diseño de un solo color con acabado uniforme.

¿Qué preferirías para la apariencia del robot?

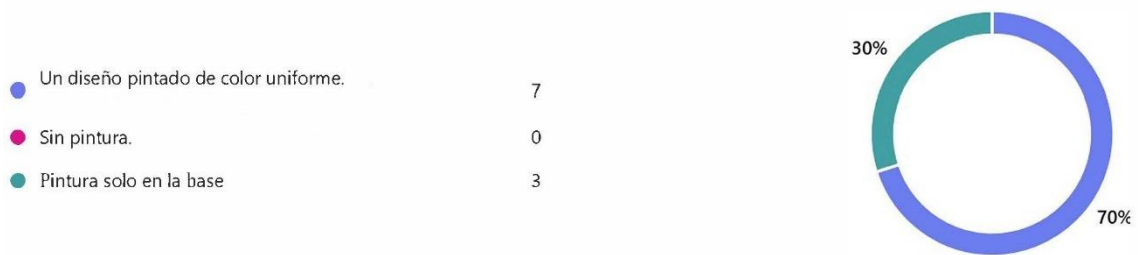


Figura 4 Resultados sobre pregunta de encuesta sobre apariencia del robot.

Elaborado por: Josue Cadena

La Figura 5 se indica la importancia que los encuestados atribuyen a la capacidad del robot para realizar movimientos de cabeza mediante un servomotor.

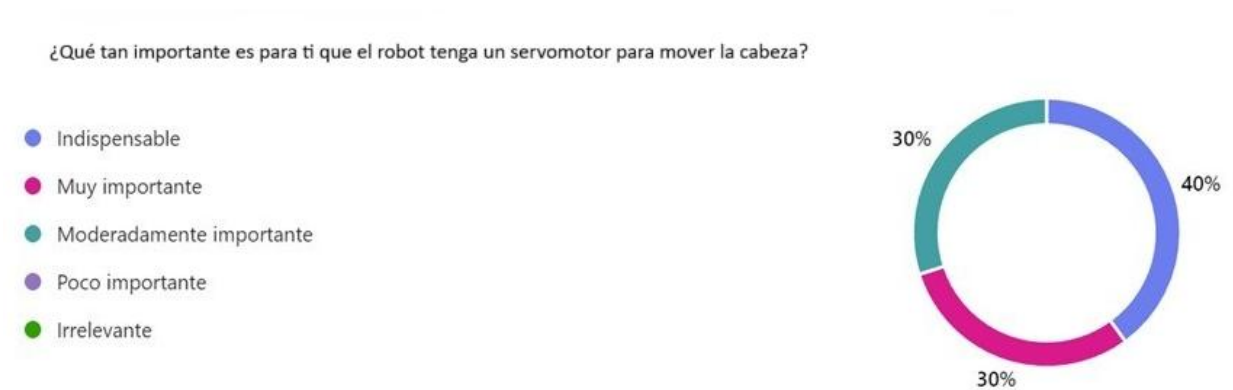


Figura 5 Resultados de pregunta de encuesta sobre importancia del movimiento de cabeza.

Elaborado por: Josue Cadena

La Figura 6 indica la preferencia de los usuarios a tener un robot con una apariencia más amigable.

¿Consideras que el robot debe tener una apariencia amigable?



Figura 6 Resultados pregunta de encuesta sobre apariencia del robot.

Elaborado por: Josue Cadena

La Figura 7 indica la preferencia de los usuarios a tener un robot con un a movilidad mediante un sistema de tracción de tipo orugas para el desplazamiento por el campus.

¿Qué tan importante consideras que el robot tenga un sistema de movilidad mediante orugas?



Figura 7 Resultados pregunta de encuesta sobre movilidad mediante un sistema de orugas.

Elaborado por: Josue Cadena

La Figura 8 indica la preferencia de los usuarios a tener un robot que cuente con una pantalla como cabeza.

¿Qué tan importante te parece que el robot cuente con una pantalla como cabeza?



Figura 8 Resultados pregunta de encuesta sobre pantalla como cabeza para el robot.

Elaborado por: Josue Cadena

En la figura 9 se muestra preferencia de los encuestados a que el robot tenga cámara.

¿Qué tan útil te parecería que el robot cuente con una cámara?



Figura 9 Resultados pregunta de encuesta sobre cámara para el robot.

Elaborado por: Josue Cadena

La figura 10 indica la preferencia de los encuestados a sentirse cómodos siendo orientados por un robot.

10. ¿Cuán cómodo te sentirías siguiendo las indicaciones de un robot para orientarte en el campus?



Figura 10 Resultados pregunta de encuesta sobre comodidad para seguir indicaciones de un robot.

Elaborado por: Josue Cadena

Con base en los resultados obtenidos de las encuestas y búsqueda de información, se realizó el análisis de la casa de la calidad QFD permitió identificar características técnicas más importantes para los visitantes. La Figura 11 muestra los requisitos del cliente y los

del producto y su relación. Se identificaron como resultados que las especificaciones más relevantes para el robot que incluyen la capacidad de movimiento de la cabeza, capacidad de moverse por distintos terrenos y sobre todo que la altura mínima del robot debe ser de 80 cm.

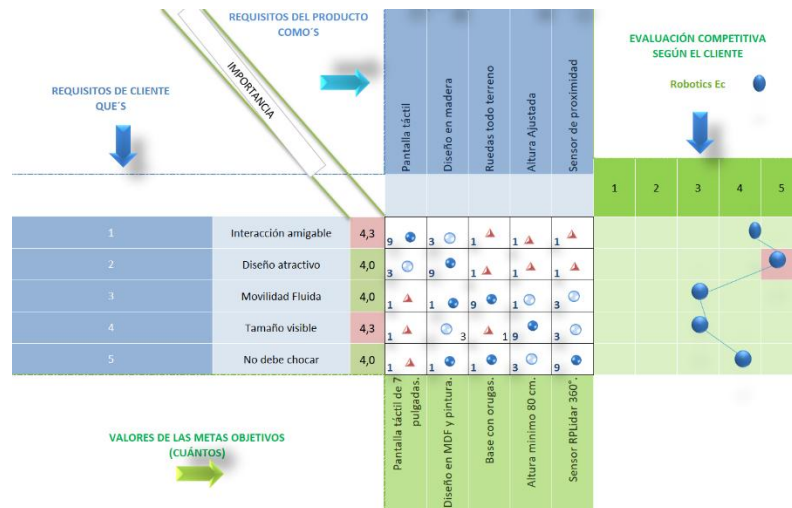


Figura 11 Matriz de la casa de la calidad.

Elaborado por: Josue Cadena

Las relaciones más fuertes están relacionadas con la integración de los sensores, ruedas todo terreno y la altura ajustada. estas integraciones aseguran que el mecanismo robótico pueda moverse de manera segura y eficiente, mientras que un diseño estético e innovador que responde a las necesidades de los usuarios del campus, estas relaciones fuertes se priorizan durante la etapa de diseño y fabricación para maximizar la funcionalidad y la experiencia del visitante.

Área de estudio:

TABLA 1 ÁREA DE ESTUDIO.

Dominio	Tecnología y Sociedad
Línea de investigación	Automatización y Redes
Campo	Ingeniería Industrial
Área	Tecnologías de la instrumentación.
Aspecto	Automatización de la atención al cliente

Objeto de estudio	Construcción de robot guía para el campus tecnológico
Periodo de análisis	Octubre 2024 – Febrero 2025

Fuente: Universidad Indoamérica.

Elaborado por: Cadena, Josue (2024).

Modelo Operativo

En la Figura 12 se indica el modelo operativo propuesto basado en la metodología Design Thinking la cual permite tener un enfoque en el usuario para el desarrollo del mecanismo robótico para el campus, en el que se integran las etapas de definir, idear, prototipar y evaluar, asegurando que el producto final cumpla con las expectativas y necesidades de los visitantes del campus.

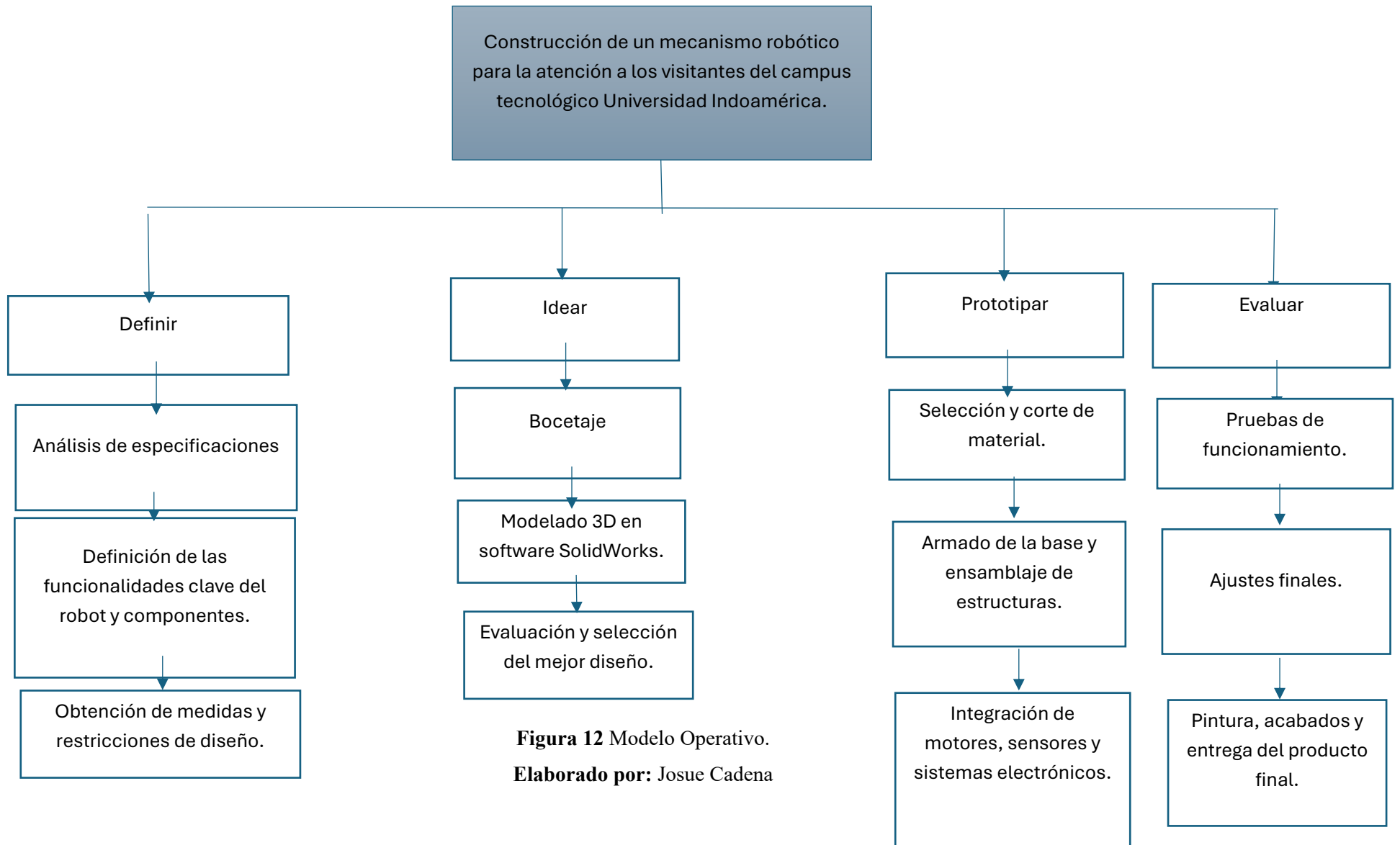


Figura 12 Modelo Operativo.
Elaborado por: Josue Cadena

Desarrollo del modelo operativo:

El desarrollo del mecanismo robótico para la atención a los visitantes del campus tecnológico de la Universidad Indoamérica se estructura a partir de la metodología Design Thinking, la cual permite un enfoque centrado en el usuario. Este modelo operativo está dividido en cinco etapas fundamentales: Empatizar, Definir, Idear, Prototipar y Evaluar, las cuales se describen a continuación.

1. DEFINIR: Especificación de requerimientos

Con base en los hallazgos de la fase de empatía, se realiza un análisis de los datos recopilados para definir con precisión las funcionalidades que el robot debe cumplir. En esta etapa se establecen las especificaciones técnicas y operativas, incluyendo dimensiones, materiales, movilidad, interacción con los usuarios y restricciones de diseño. Se elabora un documento técnico con los requerimientos detallados que guiarán el proceso de diseño.

2. IDEAR: Diseño y conceptualización

En esta fase, se generan diferentes propuestas de diseño para el robot. Se elaboran bocetos preliminares que exploran diversas soluciones y alternativas tecnológicas. Posteriormente, se desarrolla un modelo 3D en SolidWorks, donde se definen aspectos estructurales y estéticos del robot. Se evalúan distintas configuraciones en términos de materiales y costos, seleccionando la opción más viable que cumpla con los objetivos del proyecto.

3. PROTOTIPAR: Fabricación y ensamblaje

En esta etapa, se inicia la construcción del prototipo del robot con los materiales seleccionados. El proceso de fabricación involucra varias actividades clave:

Preparación y corte del material: Se cortan las piezas de madera según las especificaciones del diseño.

Armado de la base y ensamblaje de estructuras: Se ensamblan las partes principales del robot, asegurando estabilidad y resistencia estructural.

Integración de componentes electrónicos y mecánicos: Se instalan motores, sensores, sistema de movilidad por orugas y la cabeza móvil con el monitor. El prototipo se

construye con un enfoque iterativo, permitiendo realizar ajustes y mejoras durante el proceso.

4. EVALUAR: Validación

Una vez ensamblado el robot, se realizan pruebas técnicas y operativas para evaluar su desempeño en condiciones reales. Se llevan a cabo los siguientes procedimientos:

Pruebas de funcionamiento técnico: Evaluación de movilidad, respuesta de sensores, capacidad de interacción y estabilidad del robot.

Con base en los resultados obtenidos, se realizan ajustes y mejoras en el diseño antes de la fase de acabado final.

Entrega del producto final.

Finalizadas las pruebas y optimizaciones, se procede a la etapa de pintura y acabado estético del robot. Adicionalmente, se documenta el proyecto mediante la generación de planos técnicos y manuales de uso y mantenimiento, los cuales garantizan la correcta operación y preservación del mecanismo. Finalmente, se presenta el robot a la universidad como una contribución a la innovación y modernización del campus tecnológico.

CAPITULO III PROPUESTA Y RESULTADOS

Presentación de la propuesta:

Análisis de las especificaciones

Para garantizar que el robot cumpla con los requisitos técnicos y funcionales, en la Tabla 2 se presentan las principales características requeridas y los componentes que las resolverán. A continuación, se detallan los aspectos clave y su solución:

TABLA 2 CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS Y SOLUCIONES APLICADAS.

Característica requerida	Solución aplicada	Solución seleccionada y justificación.
Movilidad en superficies irregulares	Ruedas tradicionales, ruedas omnidireccionales, sistema de orugas	Se seleccionó el sistema de orugas por su mayor estabilidad y tracción en el interior del campus.
Interacción amigable	Botones físicos, pantalla táctil en la cabeza, luces LED	Se eligió una pantalla en la cabeza, ya que permite mostrar información, expresiones e interactuar de forma visual.
Diseño atractivo y resistente	Fibra de vidrio, PVC, aluminio, MDF (tablero de densidad media)	Se utilizó MDF por su equilibrio entre estética, facilidad de trabajo y bajo costo, cumpliendo con los requisitos de peso.
Capacidad de evitar choques	Sensor infrarrojo, jumpers físicos, sensor de proximidad LDS-01,	Se seleccionó el sensor LDS-01, ya que ofrece mayor precisión

		mediante tecnología LiDAR, ideal para evitar obstáculos.
--	--	--

Elaborado por: Cadena. Josue (2024).

Se eligen los componentes necesarios para cumplir las necesidades identificadas y garantizar el funcionamiento del robot dentro del campus tecnológico.

Componentes

Raspberry Pi Zero 2W

La Raspberry Pi Zero 2 W es una microcomputadora compacta diseñada para proyectos que requieren bajo consumo energético y tamaño reducido. Cuenta con un procesador Broadcom BCM2710A1 de cuatro núcleos a 1 GHz, 512 MB de RAM, conectividad Wifi 802.11 b/g/n y Bluetooth 4.2, lo que la hace ideal para aplicaciones de IOT, robótica y automatización (Raspberry Pi Zero 2 W, s.f.). Su compatibilidad con periféricos y módulos adicionales permite ampliar sus funciones, manteniendo un diseño eficiente y accesible.

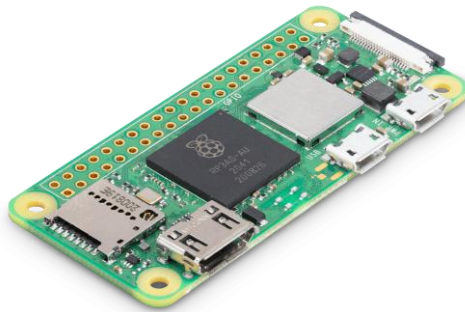


Figura 13 Raspberry Pi Zero 2W.

Elaborado por: Raspberry Pi Foundation.

Sistema de orugas

El sistema de orugas para robótica en la imagen es un chasis compacto fabricado en aleación de aluminio, lo que le brinda resistencia y durabilidad sin comprometer la

ligereza. Cuenta con orugas amortiguadas que permiten un desplazamiento más estable y fluido, reduciendo vibraciones en terrenos irregulares. Su tamaño es de 8.03 cm × 23.88 cm × 6.10 cm y tiene una capacidad de carga de 4.4 libras, lo que lo hace adecuado para soportar estructuras adicionales como sensores o sistemas electrónicos. Además, las ruedas motrices y de soporte están fabricadas en plástico, optimizando costos sin afectar su funcionalidad.

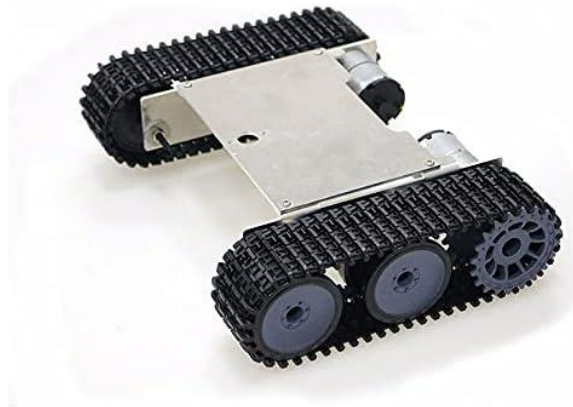


Figura 14 Sistema de orugas.

Elaborado por: SZDoit

Motor de 12 v

El DFRobot FIT0521 es un motor de corriente continua (DC) de 12V que incorpora una caja de engranajes metálica con una relación de reducción de 34:1 y un codificador de cuadratura integrado. Este diseño permite una velocidad sin carga de 210 RPM y un par de arranque de hasta 10 kg·cm. El codificador ofrece una resolución de 11 pulsos por revolución del eje del motor, lo que se traduce en aproximadamente 341,2 pulsos por revolución del eje de salida, facilitando un control preciso de la velocidad y posición en aplicaciones robóticas. Su eje de salida, con un diámetro de 4 mm y forma en "D", mide 8 mm de longitud, lo que facilita la conexión con diversos componentes mecánicos. Además, presenta un consumo de corriente de 0,13 A sin carga y una corriente de estancamiento de 3,2 A, lo que lo hace eficiente en términos energéticos. Sus dimensiones

compactas de 52 mm de longitud y 24,4 mm de diámetro, junto con un peso de 96 g, permiten su integración en sistemas con espacio limitado (Amazon, n.d.).



Figura 15 Motor de DC de 12V.

Elaborado por: DFRobot.

Driver L298N

El módulo L298N es un controlador de motores que permite manejar motores de corriente continua y motores paso a paso con hasta 2A por canal y un voltaje de 5V a 35V. Posee un regulador de 5V, diodos de protección y terminales de conexión para facilitar su uso. Permite controlar la velocidad y dirección de los motores mediante señales PWM enviadas desde un microcontrolador (AV Electronics, n.d.).



Figura 16 Modulo L298N.

Elaborado por: AV Electronics

Servomotor DS3230

El DS3230 es un servo digital de alto rendimiento, diseñado para ofrecer una potencia excepcional con un torque de 30 kg·cm y un ángulo de rotación de 270 grados. Ideal para aplicaciones que requieren precisión, fuerza y durabilidad, este servo es perfecto para robótica, modelismo y automatización. Su estructura robusta y componentes de calidad aseguran un funcionamiento confiable incluso en condiciones exigentes. Con un peso de 69g, el DS3230 es la solución perfecta para proyectos que demandan alta capacidad de carga y un control preciso. (SAISAC Mecatrónica, n.d.).



Figura 17 Servomotor DS3230.

Elaborado por: Novatronic

Pantalla led de 7 pulgadas

La pantalla EVICIV de 8 pulgadas es un monitor compacto diseñado para aplicaciones en sistemas embebidos, Raspberry Pi y otros dispositivos. Su resolución de 1280x800 píxeles garantiza una imagen clara y detallada, mientras que su tecnología IPS proporciona colores precisos y amplios ángulos de visión. Dispone de puertos HDMI y USB-C, lo que facilita su conexión con diferentes equipos. Su diseño ligero y delgado la hace ideal para proyectos portátiles o de automatización. Además, es compatible con varios sistemas operativos, como Windows, Linux y macOS, lo que la convierte en una opción versátil para diversas aplicaciones.



Figura 18 Pantalla 7 pulgadas.

Elaborado por: Amazon.

Sensor Lds-01

El sensor LDS-01 es un escáner láser LiDAR diseñado para la detección y mapeo del entorno en aplicaciones de robótica. Funciona mediante tecnología de tiempo de vuelo (TOF), emitiendo pulsos láser y midiendo el tiempo que tardan en reflejarse en los objetos cercanos. Su capacidad de escaneo de 360 grados le permite capturar datos en todas direcciones, facilitando la navegación y la detección de obstáculos. Opera con una frecuencia de muestreo de hasta 1.800 puntos por segundo, lo que mejora la precisión en la representación del entorno. Es utilizado en robots móviles como el TurtleBot3, permitiendo una localización más eficiente y la construcción de mapas en tiempo real.



Figura 19 Sensor Lds-01.

Elaborado por: Robotis

Diseño conceptual

En la figura 20, se presenta un diseño preliminar 1, tiene una estructura cúbica con un monitor en la parte superior. En la parte frontal cuenta con una serie de compartimentos y ranuras que aportan a la estética del diseño. También incorpora un sensor en la parte superior para la detección de objetos o navegación. Su diseño es robusto, compacto y simple.

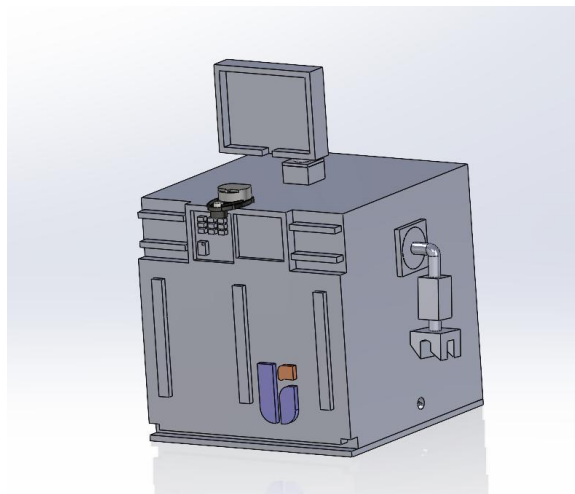


Figura 20 Diseño conceptual 1.

Elaborado por: Josue Cadena

En la Figura 21, se presenta un diseño conceptual 2, Inspirado en una forma cilíndrica con una cúpula superior, este modelo tiene brazos tubulares que podrían moverse o girar para interactuar con el entorno. El sensor de navegación se encuentra dentro de la cúpula, lo que lo protege de impactos. Este diseño tiene un aspecto futurista, evocando la imagen clásica de un robot.



Figura 21 Diseño conceptual 2.

Elaborado por: Josue Cadena

En la Figura 22, se presenta un diseño conceptual 3, tiene una estructura rectangular con esquinas redondeadas y un monitor grande en el parte superior montado sobre un soporte. Sus brazos laterales se integran al cuerpo de manera compacta, y su base es ancha, lo que le brinda estabilidad. Además, cuenta con orugas en la parte inferior para la movilidad en diferentes tipos de superficie. Este modelo es robusto y pesado.

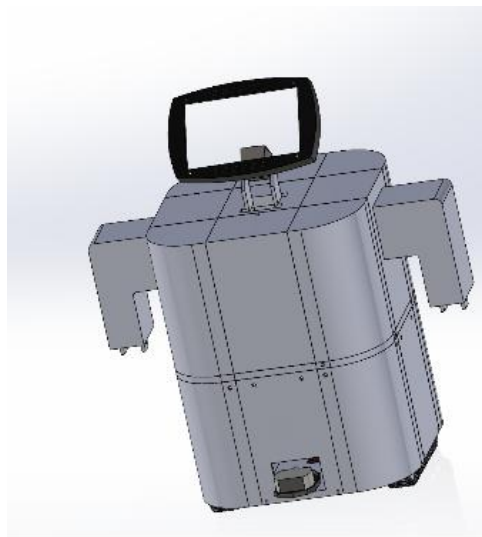


Figura 22 Diseño conceptual 3.

Elaborado por: Josue Cadena

En la figura 23, se presenta el diseño conceptual 4, tiene una base ancha y estable con orugas para mejorar la movilidad. Su cuerpo es rectangular y se eleva con una estructura

central que sostiene el monitor, permitiendo una mejor visualización para los usuarios. Además, cuenta con brazos laterales que le dan un aspecto más interactivo. Su diseño modular facilita la integración de componentes electrónicos y mecánicos.

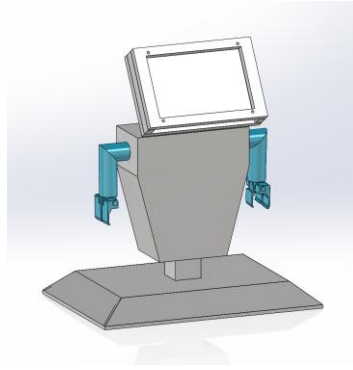


Figura 23 Diseño conceptual 4.

Elaborado por: Josue Cadena

A continuación, en la Tabla 3 se comparan los diseños para poder elegir correctamente el diseño más adecuado.

TABLA 3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DISEÑOS.

	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3	Diseño 4
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil armado. • Diseño amigable. • Fácil integración de componentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño atractivo. • Presencia de brazos. • Fácil integración de componentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Buena movilidad. • Diseño robusto. • Gran altura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Buena estabilidad. • Diseño moderno. • Buena movilidad. • Se puede combinar materiales.

Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Diseño poco innovador. ⊗ Diseño pesado. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Dificil construcción. ⊗ Menos estabilidad . ⊗ Ensamble complejo. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Muy pesado. ⊗ Diseño poco atractivo. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Requiere distribución de peso. ⊗ Poco espacio para componentes .
--------------------	--	--	---	---

Elaborado por: Cadena. Josue (2024).

El diseño conceptual 4 fue elegido debido a su estabilidad, movilidad y facilidad de integración de componentes. Su base ancha proporciona un desplazamiento seguro, mientras que su estructura permite una distribución eficiente del hardware. El monitor está colocado en una posición óptima para mejorar la interacción con los usuarios, y los brazos laterales añaden un aspecto más dinámico sin comprometer la funcionalidad. Además, el diseño facilita futuras mejoras o modificaciones, asegurando una solución escalable y adaptable a diferentes necesidades.

Estudio del material del cual se va a construir el robot.

Para la construcción de la estructura del robot, se evaluaron tres materiales: fibra de vidrio, MDF y aglomerado. La selección del material adecuado es un aspecto crucial, ya que debe garantizar un equilibrio entre peso, resistencia mecánica y facilidad de fabricación.

Uno de los factores determinantes en la selección del material es la capacidad de carga de las orugas, las cuales soportan un peso máximo de 6.6 libras (3 kg). Esto implica que la estructura debe mantenerse lo más ligera posible sin comprometer su resistencia.

A continuación, en la Tabla 4 se presenta un análisis comparativo de las propiedades mecánicas de cada material:

TABLA 4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DISEÑOS.

Propiedad	Fibra de vidrio	MDF (6 mm)	Aglomerado (6 mm)
-----------	-----------------	------------	-------------------

Densidad (kg/m ³)	1,800 - 2,000	700 - 720	675 - 700
Resistencia a la tracción (MPa)	1,750	25 - 30	10 - 15
Módulo de elasticidad (GPa)	73	2.4	1.5 - 2.0

Elaborado por: Cadena. Josue (2024).

La fibra de vidrio es el material con mayor resistencia mecánica (1,750 MPa) y rigidez (73 GPa de módulo de elasticidad), lo que garantiza una estructura duradera y estable. Aunque es más densa (1,800 - 2,000 kg/m³), puede fabricarse en láminas delgadas, reduciendo su peso total. Además, es resistente a la humedad y la corrosión, lo que la hace ideal para un entorno expuesto.

Por otro lado, el MDF y el aglomerado tienen una menor densidad (700 - 720 kg/m³ y 675 - 700 kg/m³, respectivamente), lo que los hace más ligeros, pero también menos resistentes. Su baja resistencia a la tracción (25 - 30 MPa para el MDF y 10 - 15 MPa para el aglomerado) los hace propensos a deformaciones con mucha carga.

Dado que las orugas del robot solo soportan hasta 6.6 lb (3 kg), se requiere un material ligero pero resistente, por lo que se eligió el MDF por ser más económico y también permite cumplir con los requerimientos del peso, la fibra de vidrio es una buena opción, pero el costo lo hace inviable.

Modelado 3D del diseño final

Para asegurar la correcta fabricación del robot, se desarrollaron planos técnicos detallados que incluyen dimensiones, especificaciones estructurales y distribución de los componentes. Estos modelos han sido generados en software CAD como SolidWorks facilitando la interpretación de cada elemento del robot.

En la Figura 24, se presenta la base del robot, está diseñada para proporcionar estabilidad y movilidad, contando con un sistema de orugas impulsadas por dos motores eléctricos ubicados en los laterales. En el centro de la base, se pueden observar las dos baterías necesarias para alimentar todo el sistema además de la placa L298N para controlar los motores.

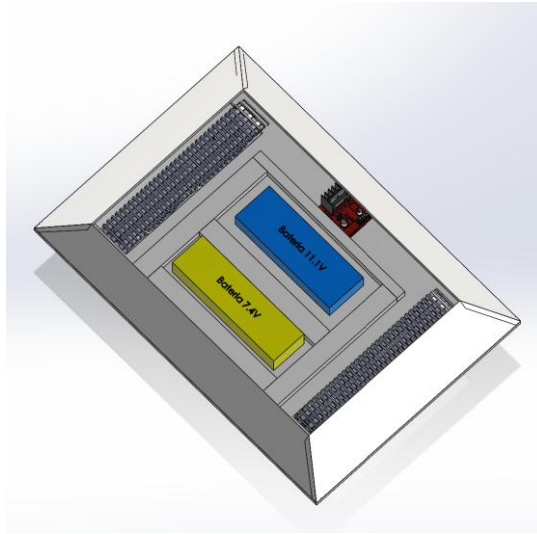


Figura 24 Base del robot.

Elaborado por: Josue Cadena

En la Figura 25, se presenta el torso del robot, una estructura trapezoidal invertida. Esta pieza proporciona soporte a la cabeza y permite alojar componentes electrónicos adicionales. La caja está diseñada con un espacio interno amplio, lo que facilita la organización de los cables y otros elementos del sistema.

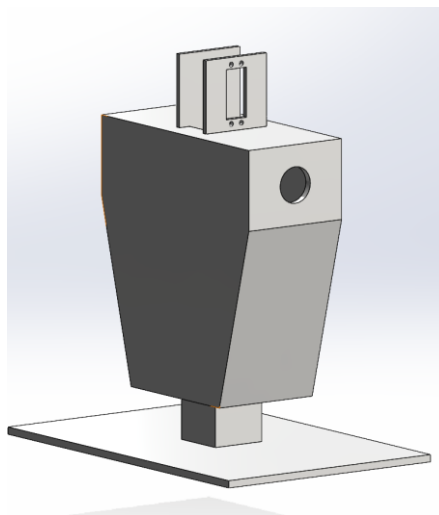


Figura 25 Torso del robot.

Elaborado por: Josue Cadena

La cabeza del robot constituye un elemento clave en el diseño, dado que alberga la pantalla de 7 pulgadas que funcionará como interfaz principal de comunicación con los visitantes. El mecanismo de movilidad de la cabeza se encuentra impulsado por un servo motor MG996R, el cual permite realizar movimientos precisos para mejorar la interacción con los usuarios. Dado que el peso de la cabeza influye en el rendimiento del motor, se ha priorizado una distribución equilibrada de los componentes internos, evitando sobrecargas que puedan afectar la capacidad de giro del sistema como se observa en la Figura 26.

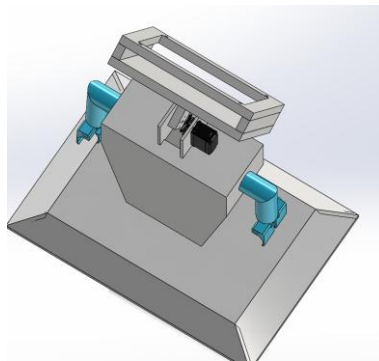


Figura 26 Robot completo.

Elaborado por: Josue Cadena

FABRICACIÓN

El proceso de fabricación del prototipo robótico se desarrolló en las instalaciones del Campus Tecnológico de la Universidad Indoamérica, utilizando maquinaria y herramientas del laboratorio de prototipado. Como punto de partida, se elaboraron los planos de diseño técnico del robot, los cuales incluyen las dimensiones de las piezas, la disposición estructural y los puntos de fijación. Estos planos, generados en formato CAD, sirvieron de base para el posterior corte automatizado y se presentan como referencia en los Anexos del 1 al 25 de este documento.

Una vez definidos los planos, se procedió al corte de las piezas estructurales en una plancha de MDF, empleando para ello la máquina CNC Shop Bot, disponible en el campus. Este equipo de control numérico permitió realizar cortes de alta precisión, lo cual fue fundamental para garantizar un ensamblaje correcto de las distintas partes del robot. En esta etapa se obtuvieron las piezas correspondientes a la base, los laterales, el torso, el cuello y la cabeza del robot como se observa en la Figura 27 y 28.

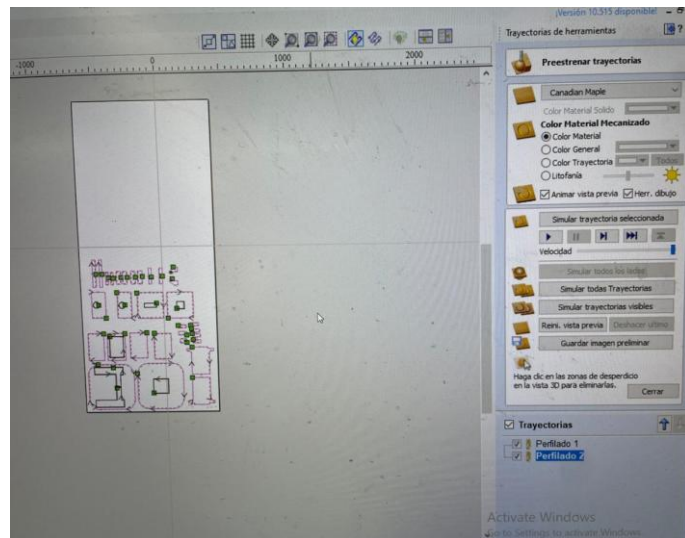


Figura 27 Plano de corte en programa Shop Bot.

Elaborado por: Josue Cadena

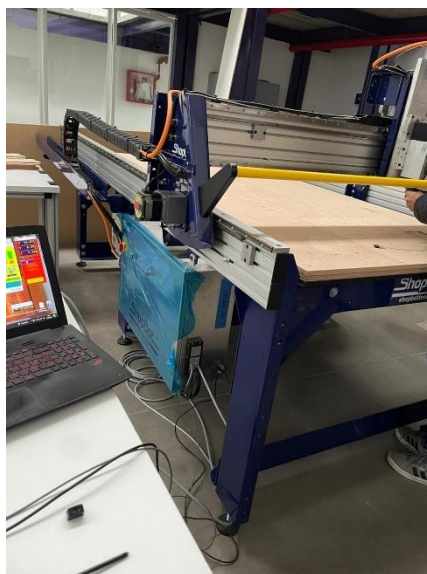


Figura 28 Corte en maquina Shop Bot.

Elaborado por: Josue Cadena

Finalizado el corte, se extrajeron cuidadosamente las piezas de la plancha, verificando su integridad y forma. A continuación, se inició el ensamblaje de la base, uniendo los cuatro paneles laterales con la plataforma inferior como se observa en la Figura 29. Paralelamente, se ensambló el torso del robot de manera independiente, para facilitar el acceso a su interior durante el cableado y montaje de componentes electrónicos como se

ve en la Figura 30. Ambas secciones fueron lijadas y masillados para corregir imperfecciones derivadas del corte, y posteriormente pintadas con esmalte blanco mate, tanto por motivos estéticos como para proteger la superficie del MDF.



Figura 29 Base armada.

Elaborado por: Josue Cadena



Figura 30 Torso armado.

Elaborado por: Josue Cadena

La tapa que sirve para unir la base y el torso, diseñada para funcionar como soporte de la placa Raspberry Pi, la cual fue fijada en su superficie mediante tornillos. Esta solución permitió aislar el controlador del contacto directo con los motores y protegerlo de posibles vibraciones o sobrecalentamientos. Una vez finalizado este segmento, se integró un soporte para el cuello del robot, cortado por separado, en el que se instaló un servomotor destinado a controlar el movimiento giratorio de la cabeza. La cabeza del robot fue construida uniendo dos tapas planas con dos laterales, formando una carcasa hueca como se ve en la Figura 31, pensada para albergar una pantalla en su parte frontal. Esta estructura también fue masillado y pintada antes de su montaje final.

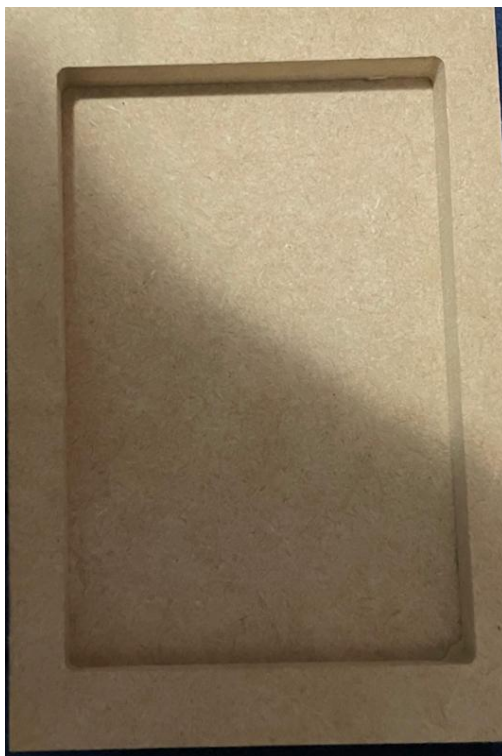


Figura 31 Cara del robot.

Elaborado por: Josue Cadena

Antes de proceder con el ensamblaje final del robot sin componentes eléctricos, se debe completar la fabricación de los brazos y dedos mediante impresión 3D utilizando filamento PLA de color celeste como se observa en la Figura 32. Los brazos han sido diseñados en proporción al torso del robot, e incluyen tres dedos articulados, unidos mediante un eje o eslabón que permite cierto grado de movilidad, simulando un gesto básico de interacción. El diseño de estas extremidades se inspiró en los brazos del robot de la película Wall·E, con el objetivo de proyectar una apariencia amigable, llamativa y atractiva para los visitantes del campus universitario.



Figura 32 Brazo del robot.

Elaborado por: Josue Cadena

Por último, como se ve en la Figura 33 se llevó a cabo el montaje completo del prototipo con la base, el tórax y la cabeza, dejándose en esta fase la fase de operaciones de la instalación del resto de componentes electrónicos. Esta fase nos permitió comprobar todos los aspectos del equilibrio estructural del diseño, la adecuada disposición de masas y la adecuada colocación de los puntos de fijación, que eran aspectos muy importantes como consecuencia de la estabilidad y de la operatividad del robot en su etapa de operación.



Figura 33 Robot armado completo.

Elaborado por: Josue Cadena

Una vez completado el ensamblaje físico del prototipo, se realizó una revisión general del sistema para verificar la rigidez de las uniones, la correcta alineación entre las secciones y la estabilidad general de la estructura. La fabricación modular del robot facilitó la intervención por partes, permitiendo desmontar el torso o la cabeza en caso de

mantenimiento o ajustes posteriores. Gracias al diseño técnico previo, el proceso de construcción se ejecutó con precisión, reduciendo errores comunes de montaje y asegurando una integración limpia entre las piezas. Los planos técnicos de cada uno de los componentes están detallados en los Anexos del 1 al 25, donde se especifican las dimensiones, formas y detalles de cada parte del prototipo.

Circuito electrónico

La Figura 34 presenta la disposición de los principales componentes electrónicos integrados en el sistema robótico desarrollado. En el centro del diseño se encuentra una Raspberry Pi Zero 2 W, la cual cumple la función de unidad central de procesamiento. Esta tarjeta, permite coordinar la operación de los motores, sensores y dispositivos periféricos que componen el sistema.

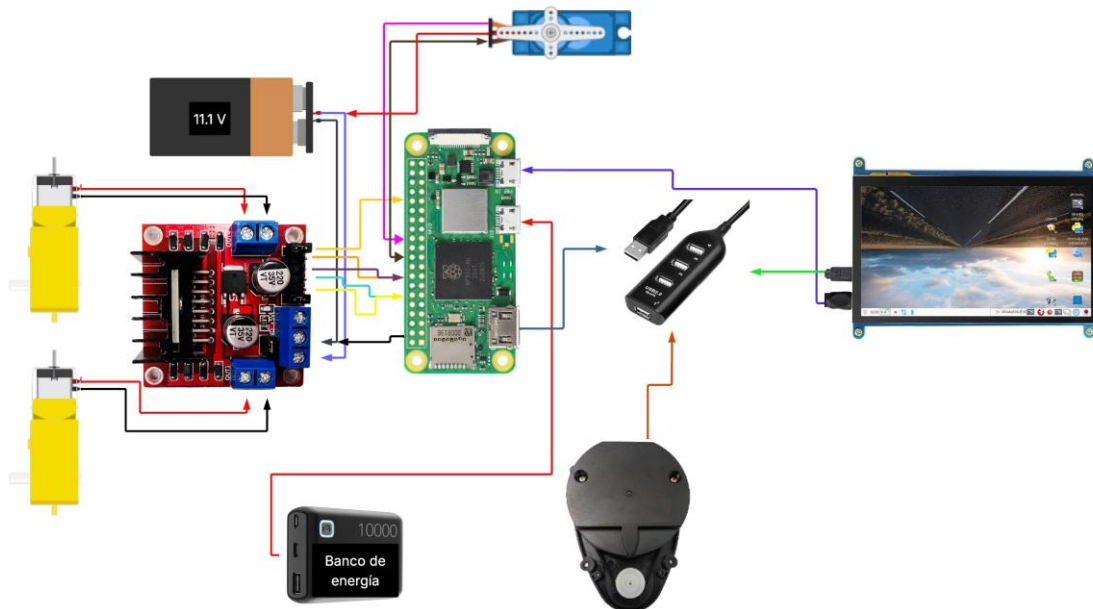


Figura 34 Circuito electrónico.

Elaborado por: Josue Cadena

El movimiento del robot está a cargo de dos motores de corriente continua, alimentados por una batería de 11.1 voltios. Para controlar su operación, se incorpora un módulo tipo L298N, el cual permite manipular tanto la dirección como la velocidad de los motores a través de señales PWM provenientes de la Raspberry Pi. En el diagrama se observa cómo la alimentación del módulo se mantiene separada de la señal de control, lo que constituye una práctica esencial para proteger los circuitos sensibles del sistema.

En cuanto a la Raspberry Pi Zero 2w esta alimentada por una batería de 7 voltios cuyo voltaje es reducido a 5 voltios mediante un regulador tipo LM2596. Esta conversión permite alimentar al servo de forma segura. El control de posición del servo motor MG996R se realiza mediante una señal PWM enviada desde uno de los pines de la Raspberry Pi, manteniendo una conexión de masa común entre todos los elementos del sistema.

La salida visual está compuesta por una pantalla conectada mediante HDMI, alimentada a través de un banco de energía externo garantizando así su estabilidad operativa. Para ampliar las capacidades del sistema, se incorpora además un hub USB, el cual distribuye la energía y permite conectar accesorios adicionales como la cámara.

Programación

La programación del sistema robótico se realizó utilizando el lenguaje Python, por su versatilidad y compatibilidad con plataformas como la Raspberry Pi Zero 2 W, que cumple aquí el rol de unidad de procesamiento. El código desarrollado permite que el usuario controle al robot de manera manual y remota mediante el uso de un teclado de computador o de celular a través de la aplicación RealVNC Viewer, que permite acceder de forma remota al entorno gráfico de la Raspberry desde otro dispositivo usando su dirección IP.

Durante la etapa de desarrollo, se utilizó el protocolo SSH que es un protocolo que permite a un usuario administrar de forma remota un servidor por medio de internet que sirve de medio de acceso remoto a la Raspberry Pi. Esta metodología facilitó la carga, edición y pruebas del programa desde un dispositivo externo.

En la figura 35 se presenta una captura del código fuente desarrollado. Este fragmento muestra la configuración inicial necesaria para el funcionamiento del robot, se configuran los pines GPIO necesarios para el control de los motores para el desplazamiento y del servomotor para los movimientos de la cabeza, Además, se configura la función para mover en determinado ángulo al servomotor mediante señales PWM.

```

import curses
import RPi.GPIO as GPIO
import time

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(20, GPIO.OUT)
GPIO.setup(26, GPIO.OUT)
GPIO.setup(19, GPIO.OUT)
GPIO.setup(16, GPIO.OUT)
GPIO.setup(18, GPIO.OUT)

servo_pin = 18
frecuencia_pwm = 50
ancho_pulso_min = 1000
ancho_pulso_max = 2000
rango_movimiento = 180

pwm = GPIO.PWM(servo_pin, frecuencia_pwm)
pwm.start(0)
current_angle = 0

def set_servo_angle(angulo):
    global current_angle
    if angulo < 0:
        angulo = 0

def set_servo_angle(angulo):
    global current_angle
    if angulo < 0:
        angulo = 0
    elif angulo > 180:
        angulo = 180
    ancho_pulso = (ancho_pulso_min + (angulo / rango_movimiento) *
        (ancho_pulso_max - ancho_pulso_min)) / 1000000 *
frecuencia_pwm * 100
    pwm.ChangeDutyCycle(ancho_pulso)
    current_angle = angulo
    time.sleep(0.3)
    pwm.ChangeDutyCycle(0)

def main(letra):
    global current_angle
    set_servo_angle(current_angle)
    while True:
        curses.halfdelay(1)
        key = letra.getch()

        if key == 113:
            break
        elif key == 119:
            GPIO.output(20, GPIO.LOW)

        if key == 113:
            break

```

Figura 35 Configuración inicial.

Elaborado por: Josue Cadena

En la Figura 36 se muestra la parte lógica del control de movimientos del robot. En esta sección se definen las teclas específicas que están asociadas a una acción del robot como avanzar, retroceder, girar a la derecha o izquierda, subir o bajar la pantalla del robot. De esta manera, el sistema permite un control completo e intuitivo del robot similar al esquema de teclas usadas para realizar movimientos en los videojuegos. El código completo que corresponde a esta programación se encuentra detallado en el Anexo 27.

```

elif key == 119:
    GPIO. output (20, GPIO.LOW)
    GPIO. output (26, GPIO.HIGH)
    GPIO. output (19, GPIO.LOW)
    GPIO.output (16, GPIO.HIGH)
elif key == 100:
    GPIO. output (20, GPIO.LOW)
    GPIO. output (26, GPIO.HIGH)
    GPIO. output (19, GPIO.HIGH)
    GPIO. output (16, GPIO.LOW)
elif key == 115:
    GPIO. output (20, GPIO. HIGH)
    GPIO. output (26, GPIO.LOW)
    GPIO. output (19, GPIO.HIGH)
    GPIO. output (16, GPIO. LOW)
elif key == 97:
    GPIO. output (20, GPIO. HIGH)
    GPIO. output (26, GPIO. LOW)
    GPIO. output (19, GPIO. LOW)
    GPIO. output (16, GPIO. HIGH)
elif key == 121:
    set_servo_angle(current_angle + 15)
elif key == 104:
    GPIO. output (20, GPIO.HIGH)
    GPIO. output (26, GPIO.LOW)
    GPIO. output (19, GPIO.HIGH)
    GPIO. output (16, GPIO.LOW)
elif key == 97:
    GPIO. output (20, GPIO.HIGH)
    GPIO. output (26, GPIO.LOW)
    GPIO. output (19, GPIO.LOW)
    GPIO. output (16, GPIO.HIGH)
elif key == 121:
    set_servo_angle(current_angle + 15)
elif key == 104:
    set_servo_angle(current_angle - 15)
else:
    GPIO. output (20, GPIO.LOW)
    GPIO. output (26, GPIO.LOW)
    GPIO. output (16, GPIO.LOW)
    GPIO. output (19, GPIO.LOW)
try:
    curses.wrapper (main)
finally:
    pwm. stop()
    GPIO. cleanup ()

```

Figura 36 Parte lógica del código.

Elaborado por: Josue Cadena

Para representar de manera más visual el funcionamiento lógico del programa, en la Figura 37 se presenta el diagrama de flujo correspondiente al sistema de control del robot, muestra la secuencia de acciones y decisiones que ocurren cada vez que se presiona una tecla.

A partir de una tecla presionada por el usuario el sistema decide comparado con los valores predeterminados del código que acción debe realizar. Si se trata de alguna tecla que dicte la dirección ya sea W, S, A o D, se activan los motores para lograr el movimiento de avance, retroceso o giros. En el caso de pulsar las teclas Y o H, el sistema envía la señal al servomotor para realizar un giro de 15° en sentido horario o antihorario, permitiendo así el movimiento de la cabeza. El sistema verifica si la tecla si alguna tecla sigue estando activa, en caso contrario, se detiene la acción ejecutada.

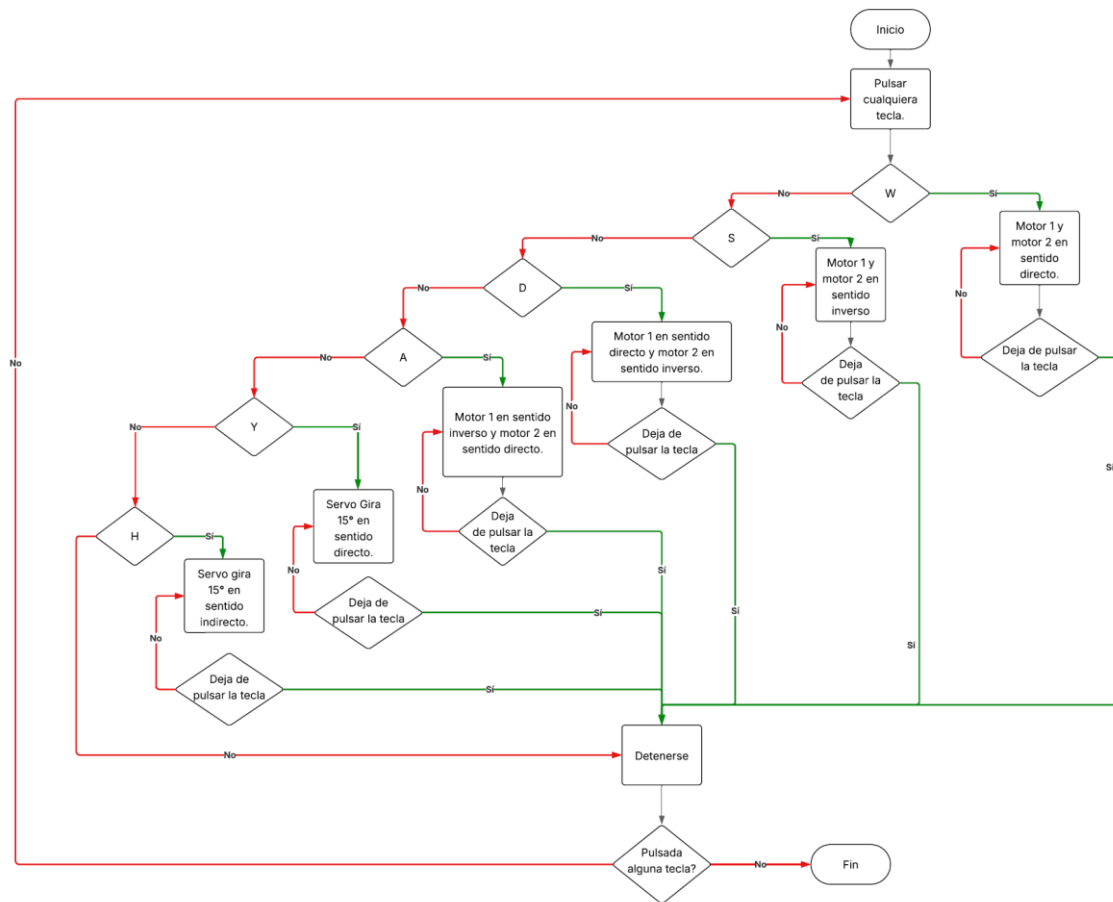


Figura 37 Diagrama de flujo de lógica de programación.

Elaborado por: Josue Cadena

Finalmente, si no se detecta ninguna tecla pulsada, el sistema entra en modo reposo hasta que se presione alguna tecla nuevamente. Este diagrama facilita la comprensión general de como una entrada del usuario se traduce en una acción física del robot, lo cual resulta fundamental para su análisis, mantenimiento o ampliación futura.

Resultados

Pruebas de funcionamiento

Con el fin de validar el correcto desarrollo del sistema robótico y garantizar que cada uno de sus componentes actúe de forma coherente con la programación establecida, se llevaron a cabo distintas pruebas de funcionamiento. Estas pruebas se diseñaron para evaluar tanto los aspectos individuales como el desempeño integral del sistema en condiciones reales de operación. A continuación, se describen cada una de ellas.

Prueba de unidad:

Esta prueba tuvo como propósito verificar que cada uno de los componentes utilizados en el proyecto funcione correctamente de manera individual. Se comprobó el estado y comportamiento de los motores, los servos, la pantalla, el regulador de voltaje, así como las conexiones eléctricas y lógicas. Esta evaluación permitió identificar de forma temprana posibles fallos de fábrica, errores de conexión o incompatibilidades entre módulos.

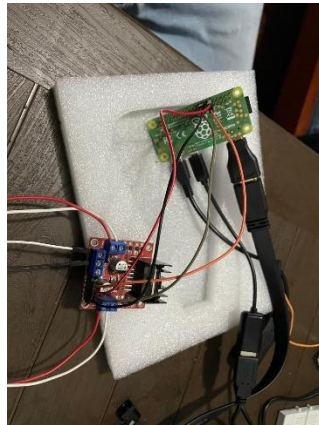


Figura 38 Prueba de funcionamiento de raspberry y l298n.

Elaborado por: Josue Cadena



Figura 39 Prueba de funcionamiento de motores.

Elaborado por: Josue Cadena

Esta etapa fue esencial para asegurar una base funcional sobre la cual construir el resto del sistema. Se utilizaron pruebas básicas de voltaje y respuesta lógica en los pines GPIO para observar señales de salida y cambios de estado, lo que permitió confirmar que todos los módulos estaban operativos antes de integrarlos.

Prueba de comunicación y control.

La segunda fase de pruebas se centró en evaluar la comunicación entre la Raspberry Pi y el sistema de control. Mediante el uso del protocolo SSH (Secure Shell), se accedió remotamente al entorno del sistema embebido desde un equipo externo, permitiendo ejecutar el código y realizar modificaciones sin necesidad de conexión física directa. Se comprobó también que la aplicación RealVNC funciona correctamente en la raspberry.

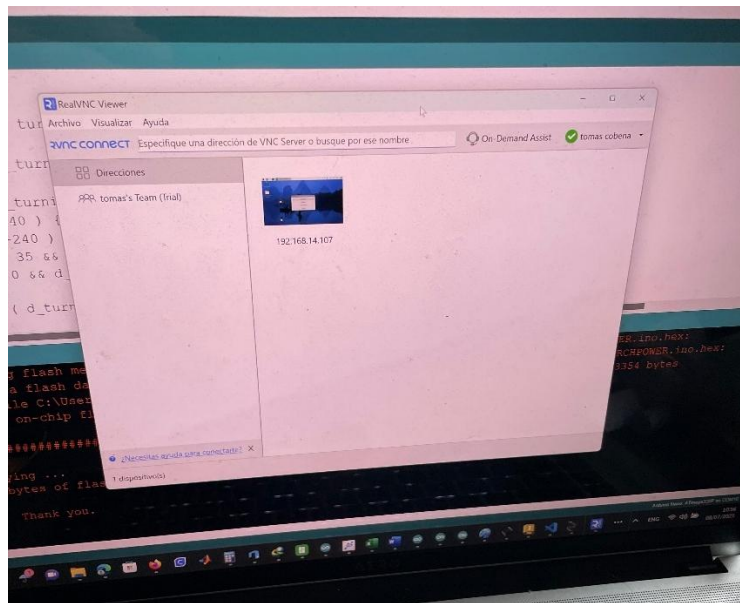


Figura 40 Prueba de conexión de RealVNC Viewer con raspberry.

Elaborado por: Josue Cadena

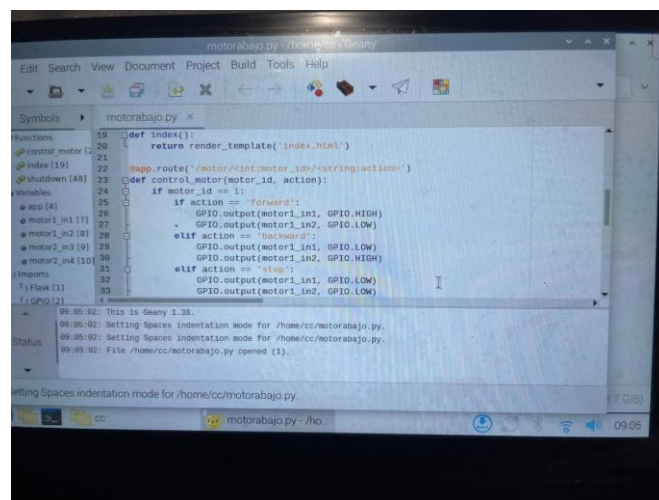


Figura 41 Conexión con raspberry en pantalla.

Elaborado por: Josue Cadena

Adicionalmente, se probó la respuesta del sistema ante comandos como "avanzar", "retroceder" o "detenerse", enviados desde el programa Real VNC Viewer. Se observó que los motores reaccionaban adecuadamente a las señales PWM definidas en el código, lo que confirmó la efectividad del canal de comunicación entre software y hardware.

Prueba de ensamble.

En esta etapa se ensambló parcialmente la estructura del robot, limitándose a la base que sostiene los motores, las ruedas y el soporte inferior. El objetivo fue evaluar la capacidad de la base para sostener el peso y desplazarse de manera estable. Durante esta prueba se observó el comportamiento del sistema al iniciar el movimiento con el peso real que soportará en operación.

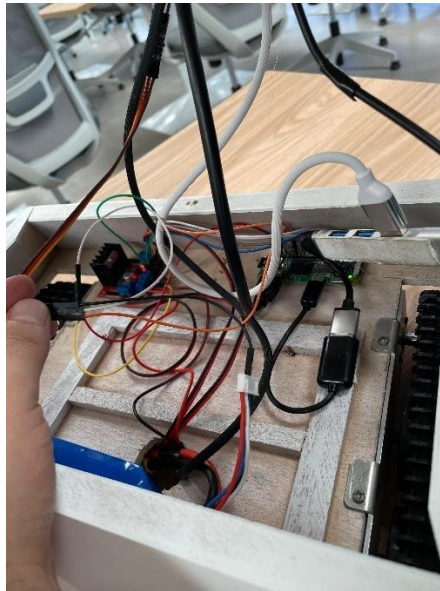


Figura 42 Ensamble de base con conexiones.

Elaborado por: Josue Cadena

Los resultados permitieron comprobar que las ruedas giraban sin dificultad, que el chasis no presentaba deformaciones bajo carga, y que los motores eran capaces de iniciar el movimiento con una carga moderada. Esta etapa fue clave para realizar ajustes en la distribución de peso antes del montaje completo del sistema.

Prueba de comportamiento funcional.

Finalmente, con el robot completamente armado y todos los componentes conectados según el diseño final, posteriormente, se ejecutaron comandos de desplazamiento en

distintas direcciones y velocidades, evaluando el comportamiento global del sistema bajo condiciones reales de uso.

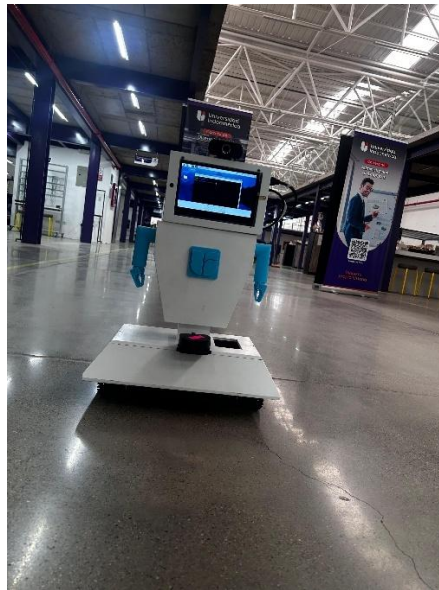


Figura 43 Prueba Final

Elaborado por: Josue Cadena

El sistema respondió de manera precisa y sin errores a cada una de las instrucciones. La interacción entre la interfaz web, el controlador (Raspberry Pi) y los motores fue fluida, lo que demostró que tanto la lógica de programación como el montaje físico estaban correctamente integrados. Esta prueba sirvió como validación final del funcionamiento del prototipo y se realizó en la primera planta del Campus Tecnológico de Innovación y Emprendimiento de la Universidad Indoamérica, evaluando desplazamientos básicos (adelante, atrás, giros), movimiento del cuello y respuesta a comandos enviados de forma remota.

La evidencia audiovisual de esta validación se encuentra disponible en la plataforma YouTube, y muestra de forma clara el recorrido realizado y la correcta respuesta del robot: https://youtu.be/3YOOceETLwg?si=PT-Uy wz7_qLRp41

El desarrollo del presente proyecto se centró en la construcción física del mecanismo robótico y en la integración de los componentes eléctricos y electrónicos necesarios para su funcionamiento estructural. El prototipo cuenta con un sistema de movimiento mediante orugas, una estructura fija con materiales livianos, y una pantalla instalada en la cabeza que puede ser controlada de forma remota a través de la Raspberry Pi. Para una

mejor comprensión sobre el uso y operación del prototipo, se recomienda consultar el Anexo 26, donde se presenta el manual de uso del robot.

Es importante señalar que en esta etapa no se desarrollaron funcionalidades de navegación autónoma, interacción por voz, reconocimiento de rostros ni sistemas de guía inteligente basados en sensores. Estas características, propias de un robot guía completo, se consideran como propuestas para futuras fases del proyecto. El presente trabajo constituye una base funcional sobre la cual pueden integrarse posteriormente sistemas más complejos, orientados a una atención más interactiva y autónoma para los visitantes.

El costo final del proyecto ascendió a \$351,50, lo que representa un incremento del 8,3% en relación con la estimación inicial. Las variaciones más significativas se observaron en el costo de la fibra de vidrio y en la cantidad de pernos y cables utilizados.

Análisis de costos

En la fase inicial del proyecto se realizó una estimación de costos basada en referencias de mercado, considerando los componentes principales requeridos para la fabricación del robot. En la Tabla 5 se presenta el presupuesto propuesto, donde se detallan los elementos, cantidades y costos unitarios estimados.

TABLA 5 COSTOS DEL ROBOT.

Elemento	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Fibra de vidrio	1	\$ 150,00	\$ 150,00
Motor dynamixel xl 320	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Sensores LDS-01	1	\$ 15,00	\$ 15,00
Pantalla LCD	1	\$ 34,00	\$ 34,00
L298 N	1	\$ 2,50	\$ 2,50
Motor 12 V	2	\$ 15,00	\$ 30,00
Orugas	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Pernos	15	\$ 0,10	\$ 1,50
Cables	15	\$ 0,10	\$ 1,50
Raspberry Pi Zero 2w	1	\$ 30,00	\$ 30,00
Total			\$ 324,50

Elaborado por: Cadena. Josue (2024).

Como se puede observar en la tabla, el costo total estimado del proyecto ascendía a \$324,50, considerando los materiales y componentes básicos requeridos para la construcción del prototipo.

En la Figura 44 se presenta un análisis comparativo de los costos anuales asociados a la atención de visitantes dentro del campus, diferenciando entre el costo de un personal humano y el costo de mantenimiento del robot propuesto. Como se observa en el gráfico, el costo anual de contar con personal humano asciende a \$5.640,00, mientras que el costo anual estimado del robot es significativamente menor, alcanzando solo \$469,50. Esta diferencia evidencia la viabilidad económica de la implementación del sistema robótico, ya que no solo reduce los costos operativos, sino que también optimiza los recursos institucionales. Además, el uso del robot permite una disponibilidad continua sin necesidad de pausas, lo que mejora la eficiencia en la atención de los visitantes.

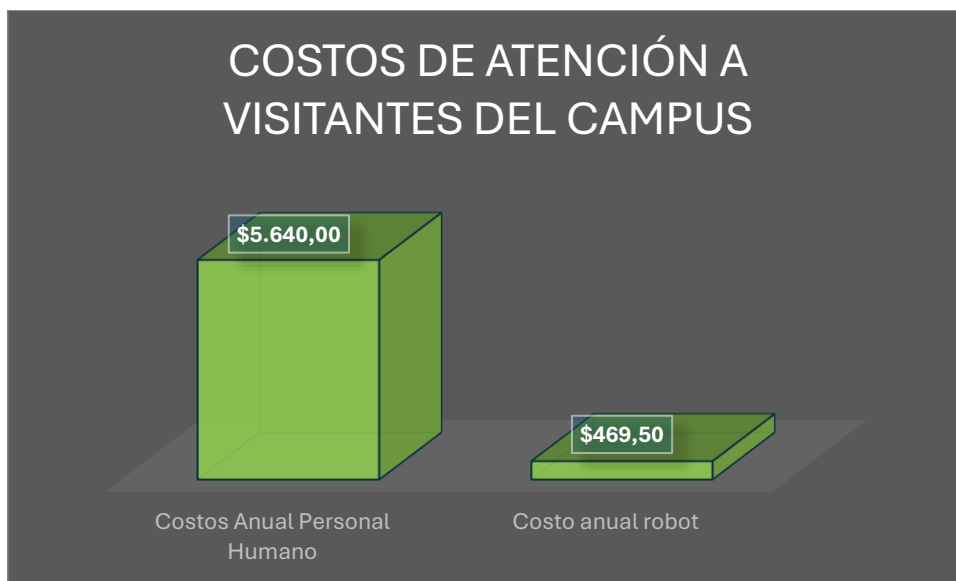


Figura 44 Costos de atención a visitantes del campus.

Elaborado por: Josue Cadena

En la tabla 6 que se presenta a continuación se puede comprobar la existencia de un coste anual derivado del personal humano encargado de atender y guiar a los visitantes del campus. Este costo de naturaleza recurrente puede ser reemplazado satisfactoriamente por un sistema robótico de características implementarias y de mantenimiento que resulten a largo plazo bastante menores.

TABLA 6 DETALLE DE COSTOS ANUALES DE PERSONAL HUMANO.

Personal	Costo mensual	Total, anual
Recepcionista.	470,00	5.640,00

Elaborado por: Cadena. Josue (2024).

Como se evidencia en la tabla 6 el costo anual de tener una persona encargada de recibir a los visitantes del campus y guiarlos es superior al valor anual de tener un robot para la misma actividad y que mejora la experiencia del usuario.

Cronograma de implementación

La tabla 7 presentada muestra un cronograma detallado para la adquisición e instalación de los componentes del robot, distribuidos en diferentes períodos de tiempo. Cada fila representa un componente específico, mientras que las columnas reflejan las etapas en las que estos serán adquiridos e incorporados al proyecto. Las marcas “X” indican los momentos en los que se planea realizar la compra o instalación de cada elemento. La planificación sigue un orden secuencial, comenzando con la fibra de vidrio, necesaria para la estructura del robot, y continuando con componentes clave como motores, sensores y la placa de control. Esta organización permite asegurar una correcta integración de cada pieza, minimizando retrasos en la construcción y garantizando una implementación eficiente.

TABLA 7 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN Y MANTENIMIENTO DE COMPONENTES.

ACTIVIDADES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Corte de MDF								x																
Motor servo										x														
Sensores LDS-01											x													
Pantalla LCD L298 N												x												
Motor 12 V														x										
Orugas															x									
Pernos																x								
Cables																		x						
Raspberry Pi Zero 2w																			x					

Elaborado por: Cadena. Josue (2024).

Tras la adquisición de los materiales y componentes, se analizaron los elementos necesarios a hacer mantenimiento. En la Tabla 8 se presenta el costo de mantenimiento.

TABLA 8 COSTOS DE MANTENIMIENTO

Elemento	Actividad	Costo unitario	Costo total
MDF	Repintado.	\$ 30,00	\$ 30,00
Motor servo	Cambio	\$ 50,00	\$ 50,00
Sensores LDS-01	Cambio	\$ 15,00	\$ 15,00
Pantalla LCD	Cambio	\$ 34,00	\$ 34,00
L298 N	Cambio	\$ 5,00	\$ 5,00
Motor 12 V	Cambio	\$ 15,00	\$ 30,00
Orugas	Cambio	\$ 15,00	\$ 15,00
Cables	Cambio	\$ 0,10	\$ 2,00
Raspberry Pi Zero 2w	Cambio	\$ 90,00	\$ 90,00
Total			\$ 241,00

Elaborado por: Cadena. Josue (2024)

Cronograma de actividades post implementación.

En la Tabla 9 se muestra el cronograma de actividades post implementación del robot guía dentro del campus tecnológico. Este cronograma, representado en un diagrama de Gantt, permite visualizar de manera clara la distribución de las tareas a lo largo del tiempo, asegurando un desarrollo organizado y eficiente del proyecto.

TABLA 9 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES POSTERIORES A LA IMPLEMENTACIÓN.

Tiempo	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ACTIVIDADES																								
Cambio de color del robot.																								
Mejoras para autonomía de movilidad.																								
Mantenimiento.																								
Movilidad en los brazos.																								
Desarrollo de un aplicativo móvil.																								

También se puede integrar un sensor de temperatura y humedad para detectar cambios ambientales y dar alertas sobre ello.

3. Integración de reconocimiento facial y de voz.

Estas funciones permitirán en un futuro identificar a visitantes recurrentes y persona tanto docente como estudiantes que están en el campus con regularidad que en conjunto con un sistema de comandos por voz harían un interacción más simple, interactiva y personalizada.

4. Desarrollo de una interfaz informativa grafica.

Con una interfaz visual animada que muestre información importante sobre el campus tecnológico como: horarios de atención, horarios de cuando está libre algún laboratorio, eventos o respuestas automáticas a preguntas frecuentes. Esta mejora aumentaría significativamente la utilidad del robot como una fuente de información autónoma.

Estas aplicaciones representan la siguiente fase en la evolución del mecanismo robótico, ya que permitirá ampliar las capacidades del prototipo desarrollado, acercándolo a un sistema autónomo e inteligente. Las mejoras propuestas son una proyección realista y viable para su mejora en fases posteriores. El desarrollo del prototipo representa una etapa inicial solida que esta lista para ser mejorada tanto a nivel técnico como funcional.

CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Se logró identificar las principales necesidades de los visitantes en el campus tecnológico de la Universidad Indoamérica, mediante la encuesta dirigida a los estudiantes. Los datos recopilados permitieron establecer características clave para el funcionamiento del robot, las cuales fueron analizadas a través de la metodología de la Casa de la Calidad. Esta herramienta facilitó la priorización de los requerimientos técnicos más relevantes, sirviendo como base para el diseño del prototipo desarrollado.
- Se ha desarrollado un robot operativo que tiene como objetivo ser una base fiable para posteriormente guiar a los visitantes en el campus tecnológico de innovación y emprendimiento de la Universidad Indoamérica.
- Se diseñó y construyó el mecanismo robótico con una estructura funcional, ligera y de fácil ensamblaje, utilizando materiales como MDF e impresión 3D para facilitar la integración de los componentes electrónicos y mecánicos. Es importante señalar que esta etapa del proyecto se centró únicamente en el ensamblaje físico y la conexión operativa del prototipo, sin incluir funcionalidades avanzadas como navegación autónoma o interacción con el entorno. Sin embargo, el sistema desarrollado es una base sólida para futuras mejoras que podrían convertirlo en un robot guía completamente interactivo.
- La validación del funcionamiento del prototipo robótico, realizada en la primera planta del campus permitió comprobar su capacidad de mantenerse estable durante el desplazamiento por el lugar, respuesta a comandos y el funcionamiento integral del prototipo. La evidencia se documentó en un video publicado en la plataforma YouTube.

Recomendaciones:

- Siguiendo con el desarrollo del robot, se propone añadir funcionalidades al mecanismo considerando herramientas como, por ejemplo, los sensores ultrasónicos o de proximidad, que permiten al robot, detecte los obstáculos existentes en su entorno. Con ello, no sólo haría al robot más reactivo, sino que, se abriría la posibilidad de implementar funciones de navegación semiautónoma en el campus.
- Complementariamente se recomienda pensar en la posibilidad de incluir en etapas posteriores, herramientas de inteligencia artificial que permitan dar al sistema capacidades más avanzadas de interacción y toma de decisiones. Como ejemplo, la implementación de modelos de procesamiento de lenguaje natural (NLP), harían posible dotar al robot con la capacidad de entender órdenes por voz o de responder a preguntas sencillas que hagan los visitantes. Similarmente, se podría incluir el uso de visión por computador a través de bibliotecas como OpenCV, lo cual permite al robot detectar rostros o interpretar señales visuales, volviendo al robot significativamente más autónomo y adaptativo en diferentes escenarios que puedan presentarse en el campus.
- Finalmente, se propone evaluar la posibilidad de enlazar el prototipo con aplicaciones en dispositivos móviles o sistemas de información institucionales, con lo que se amplían las funcionalidades del prototipo y se hace la experiencia de uso de los visitantes que lleguen al campus más interactiva.

Bibliografía

- Agudo Ube, R. K., & Gómez Zambrano, F. P. (2022). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ROBOT MÓVIL MULTITAREA CON VISIÓN ARTIFICIAL Y PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE PYTHON PARA LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA*.
- BAQUE SUAREZ, J. L. (2022). *PROTOTIPO DE UN ROBOT MÓVIL CON VISIÓN NOCTURNA PARA LA SEGURIDAD EN LA CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN*.
- CELEITA HERNANDEZ, J. S., & GUTIERREZ CELEITA, J. A. (2021). *DESARROLLO TECNOLÓGICO EN ROBÓTICA MÓVIL CON IOT APLICADO A LA EDUCACIÓN*.
- Gonzales Arias, P. M. (2022). *DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ASISTENTE VIRTUAL PARA LA RESOLUCIÓN DE DUDAS SOBRE LOS PROCESOS ACADÉMICOS DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA – SEDE CUENCA UTILIZANDO INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y PROCESAMIENTO DE LENGUAJE NATURAL*.
- Guillén Matos, S. S. (2020). *DISEÑO CONCEPTUAL DE UN ROBOT MÓVIL PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE PICKING EN EL ALMACÉN DE UNA EMPRESA*.
- León Cardona, D. F., Gonzalez Acuña, H., & Forero Gonzalez, C. (2021). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA ROBÓTICA PARA EL CONTROL DE FORMACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE TAREAS*. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 0-43.
- Mendieta Molina, M. R., & Quichimbo Plaza, P. A. (2022). *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PROGRAMACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ROBOT MÓVIL PARA APLICACIONES DE TELEPRESENCIA*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA.
- Miranda Chiquito, P. J., & Anrrango Tibanquiza, A. X. (2022). *Diseño de un robot móvil autónomo para entregas de alimentos en un campus universitario*.
- Pérez Martínez, D. (2023). *Implementación de un sistema de detección y seguimiento de robots móviles basado en procesamiento de imágenes*.
- Rizzo Ortega, A. S., & Macias Valarezo, S. V. (2024). *Diseño de un prototipo de robot móvil radiocontrolado para recolección de residuos sólidos en las playas*.

Rodas Córdova, A. E. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de generación de trayectoria para el control de un robot móvil, utilizando Inteligencia Artificial.*

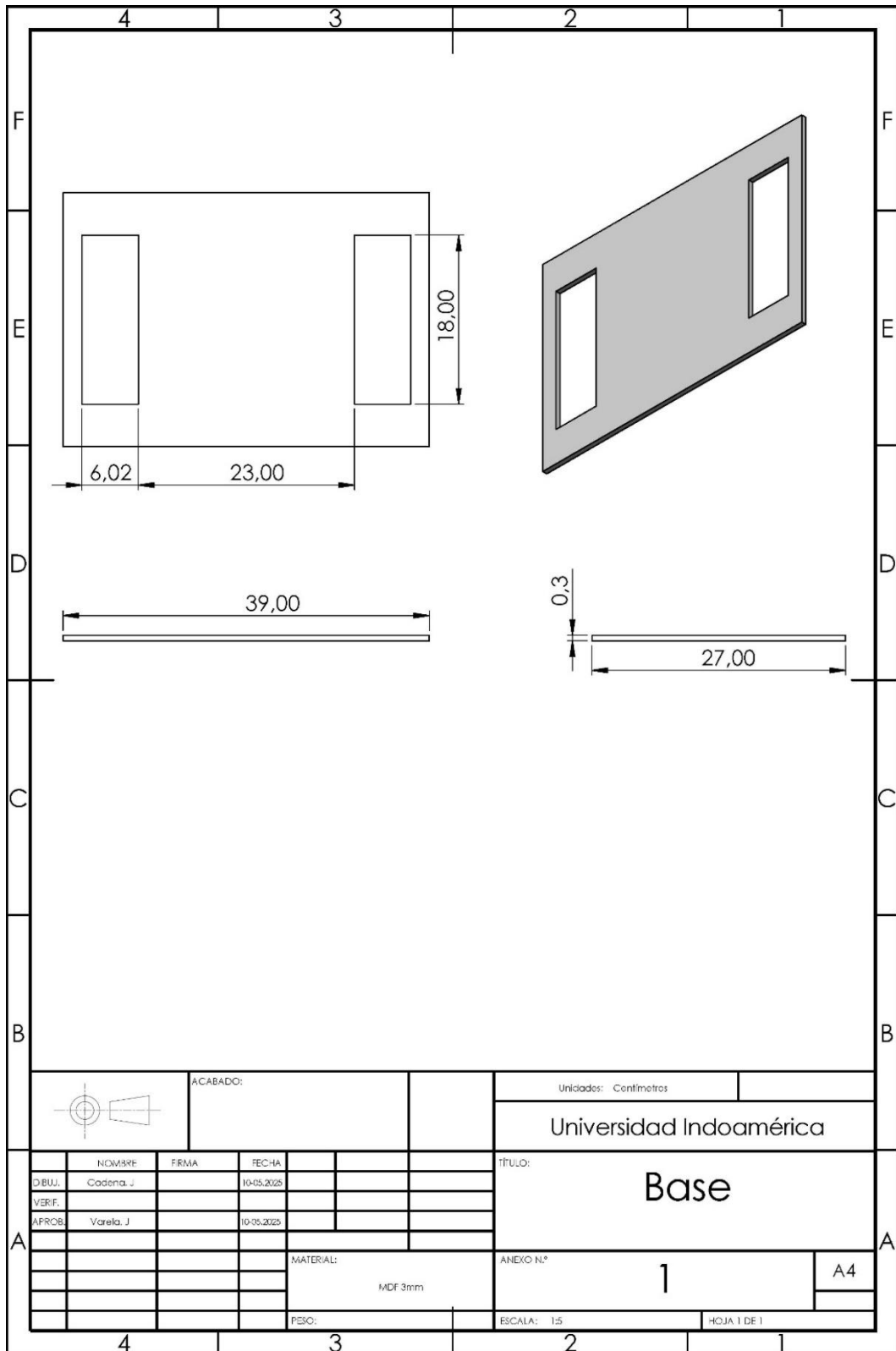
Romero Marmolejo, F. S. (2022). *Construcción de un mueble robot y su influencia como asistente para personas con discapacidad motriz en la Universidad Continental Huancayo al año 2019.*

Vargas Monge, L. F. (2021). *ROBOT GUÍA PARA LABORATORIOS DE DOCENTES.*

Vergara Herrera, R. D. (2021a). *ASISTENTE EDUCATIVO INTELIGENTE PARA LA UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS IOT APLICADAS EN LAS AULAS DE CLASE DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE COLOMBIA.*

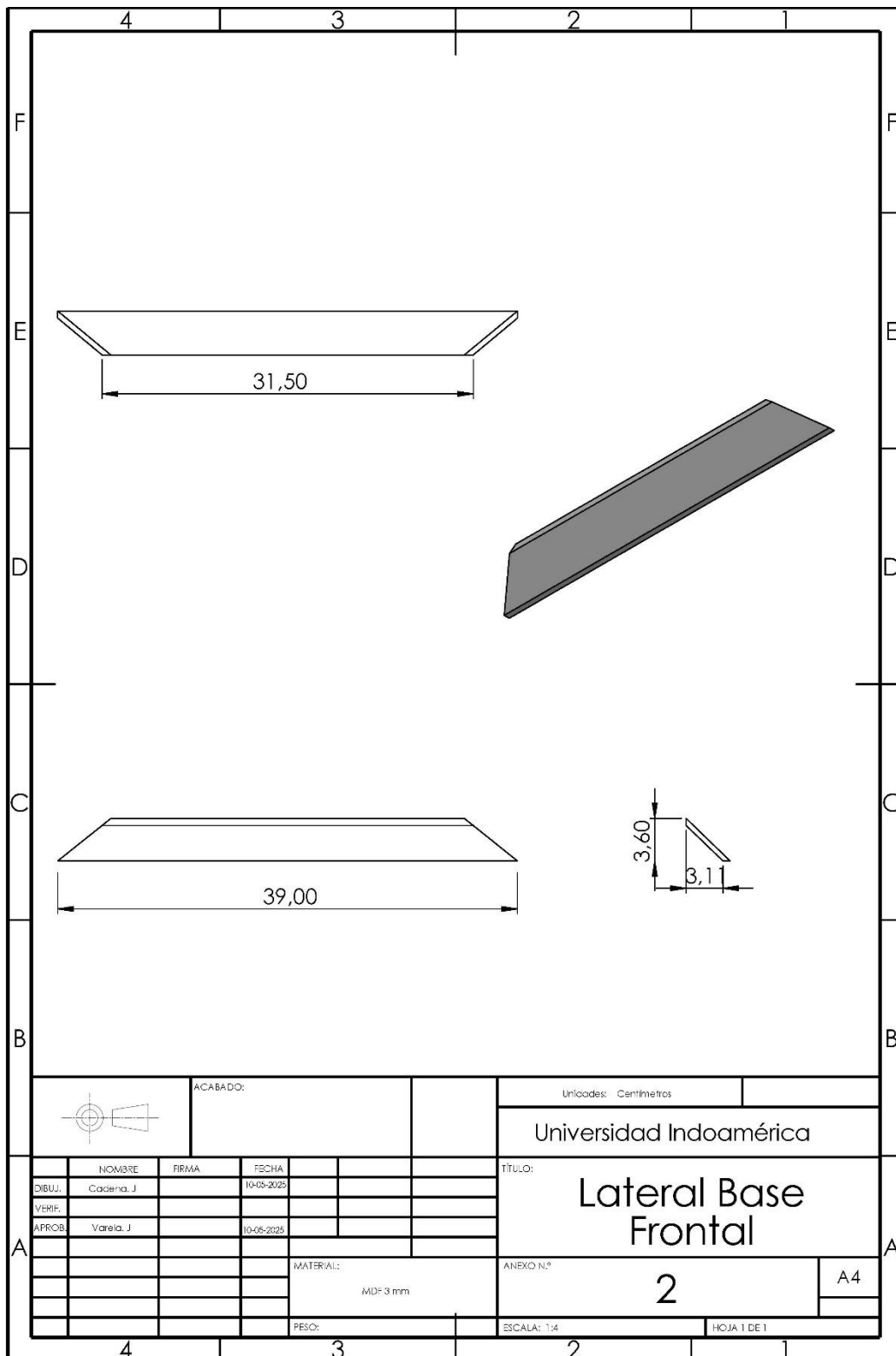
Vergara Herrera, R. D. (2021b). *ASISTENTE EDUCATIVO INTELIGENTE PARA LA UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS IOT APLICADAS EN LAS AULAS DE CLASE DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE COLOMBIA.*

Anexos
Anexo 1 Base.



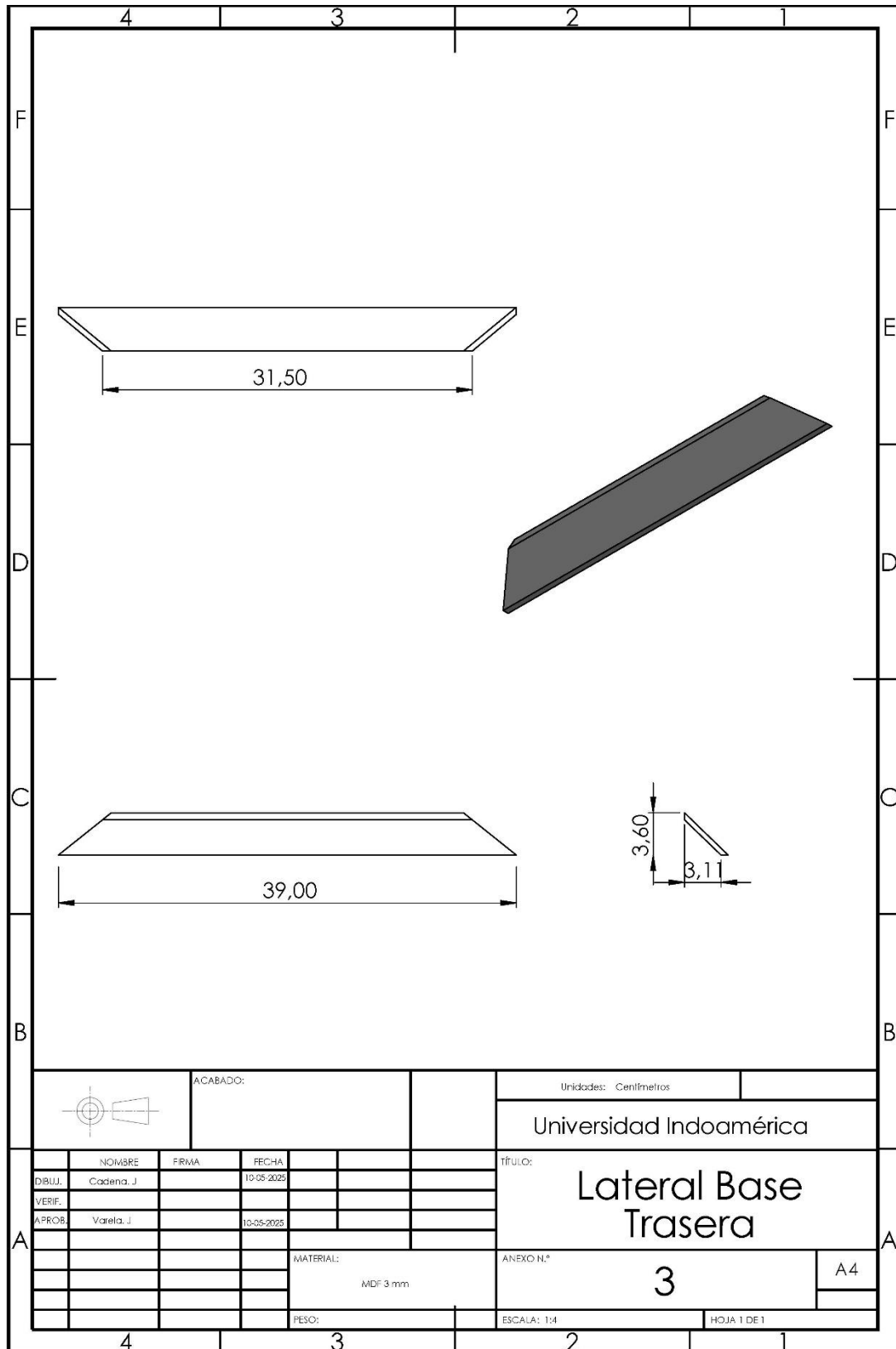
Elaborado por: Josue Cadena

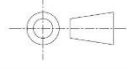
Anexo 2 Lateral base frontal.



Elaborado por: Josue Cadena

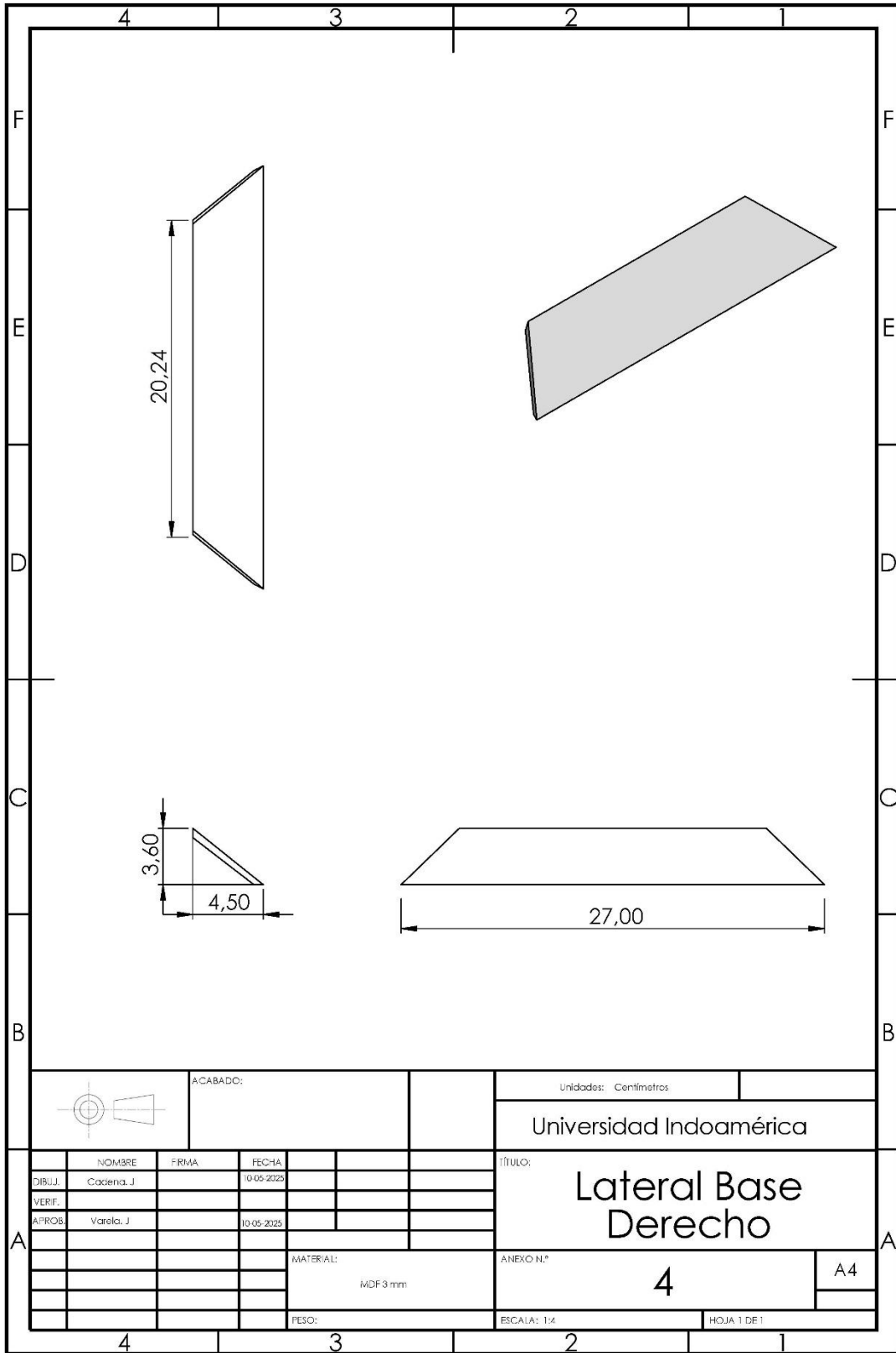
Anexo 3. Lateral base trasera.



		ACABADO:	Unidades: Centímetros	
		Universidad Indoamérica		
		TÍTULO:		
		Lateral Base Trasera		
		MATERIAL:		ANEXO N.º
		MDF 3 mm		3
		PESO:		ESCALA: 1:4
				HOJA 1 DE 1

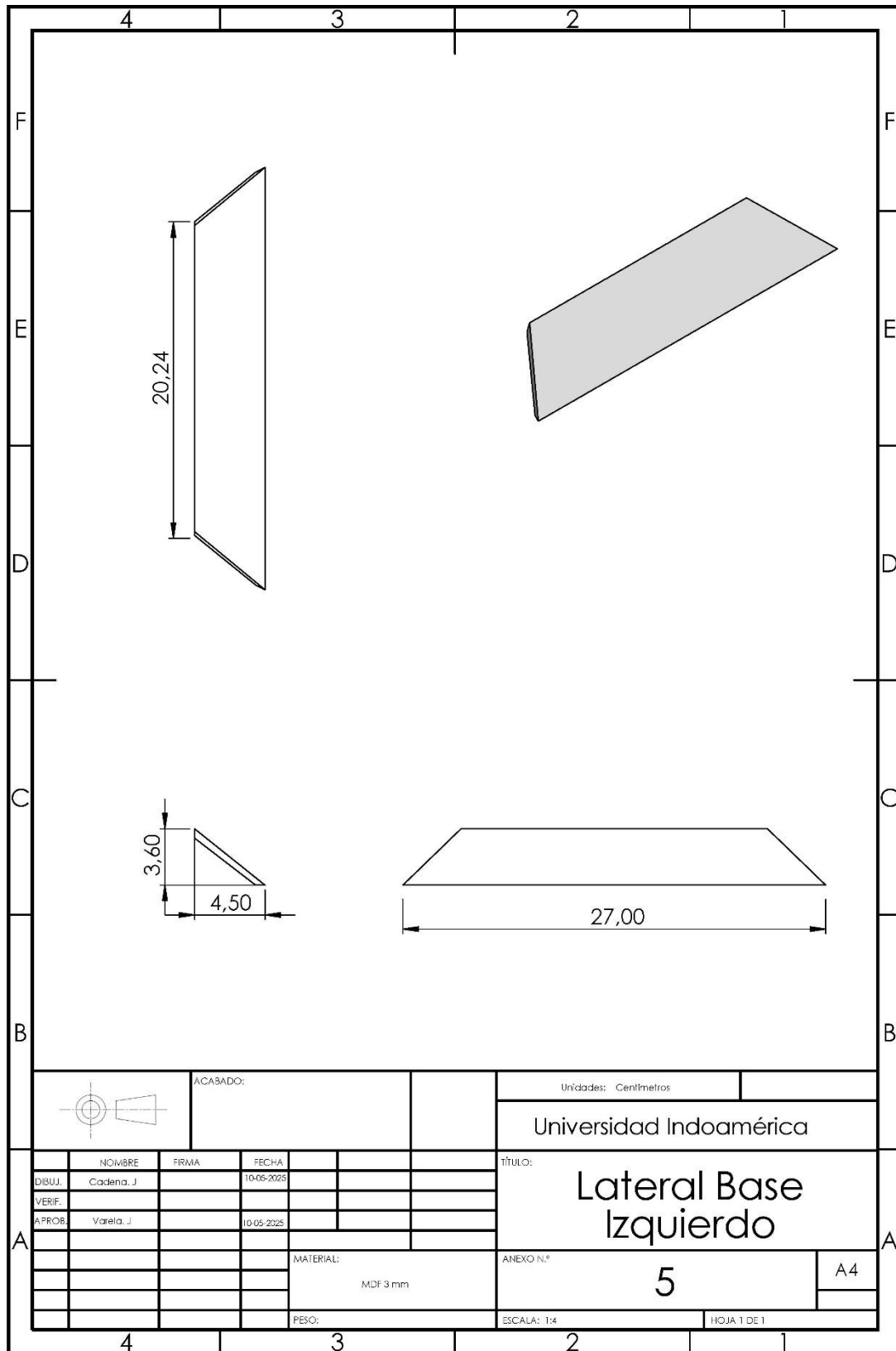
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 4. Lateral base derecho.



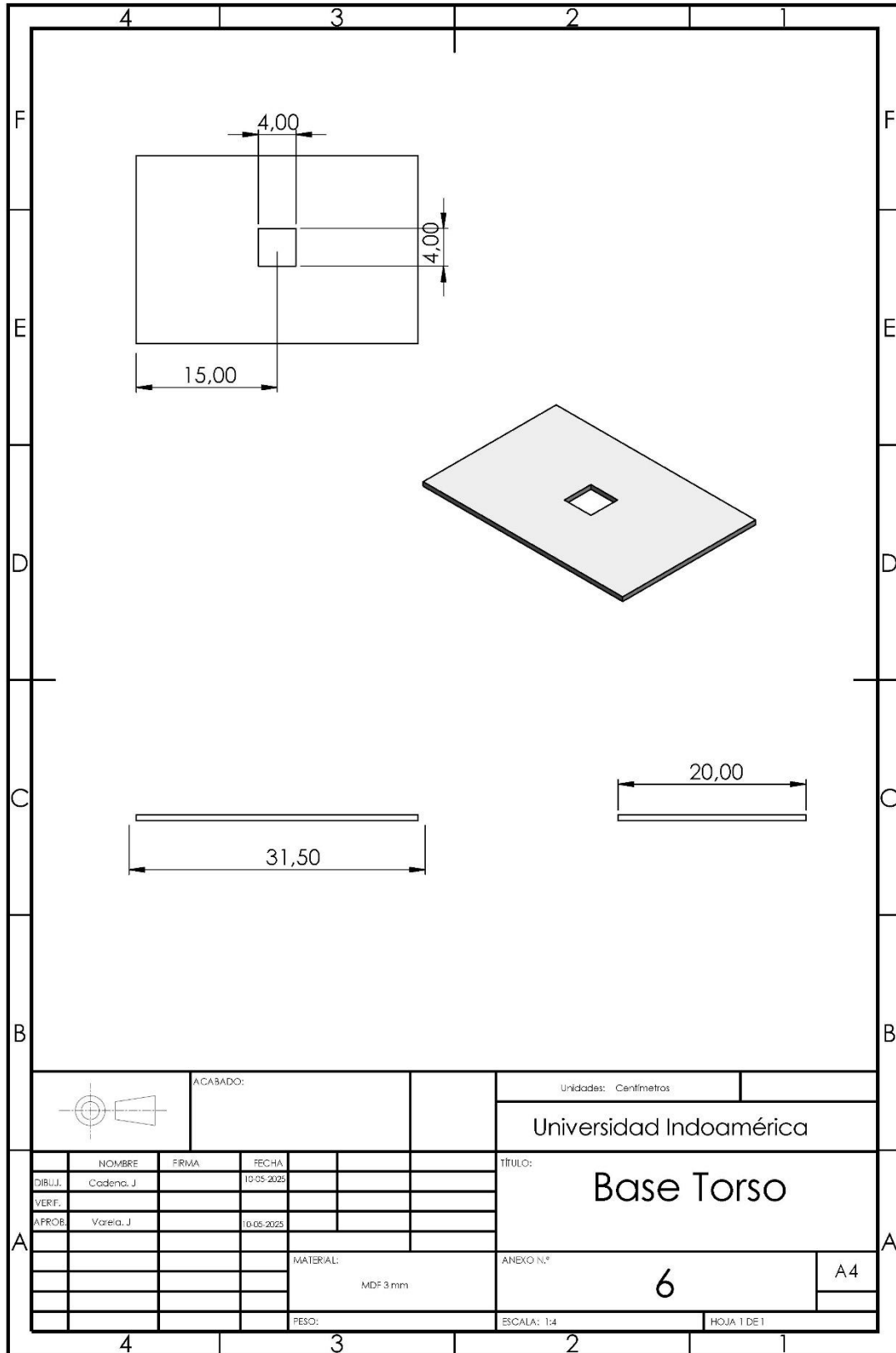
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 5. Lateral Base izquierdo.



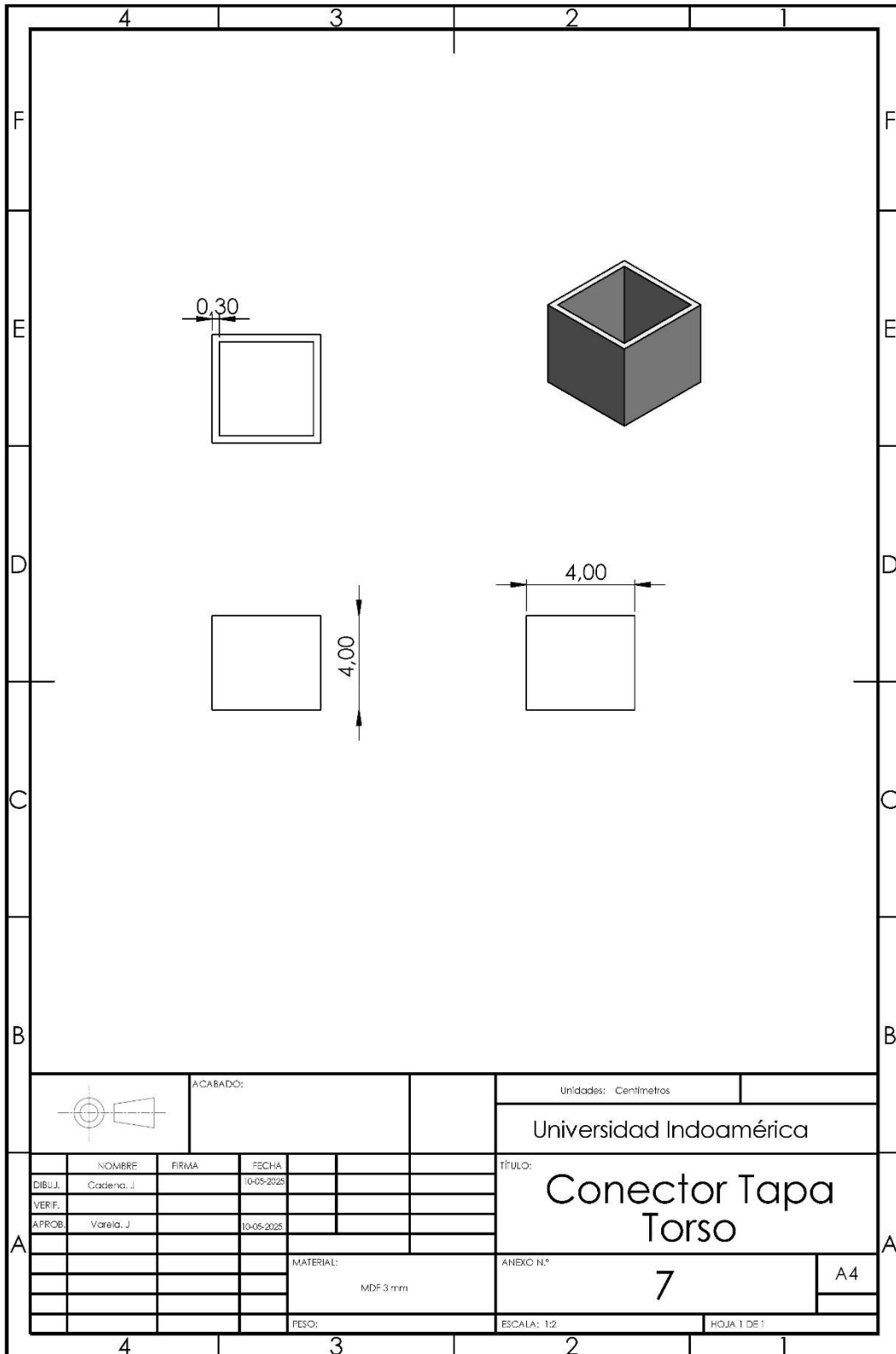
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 6. Base torso.



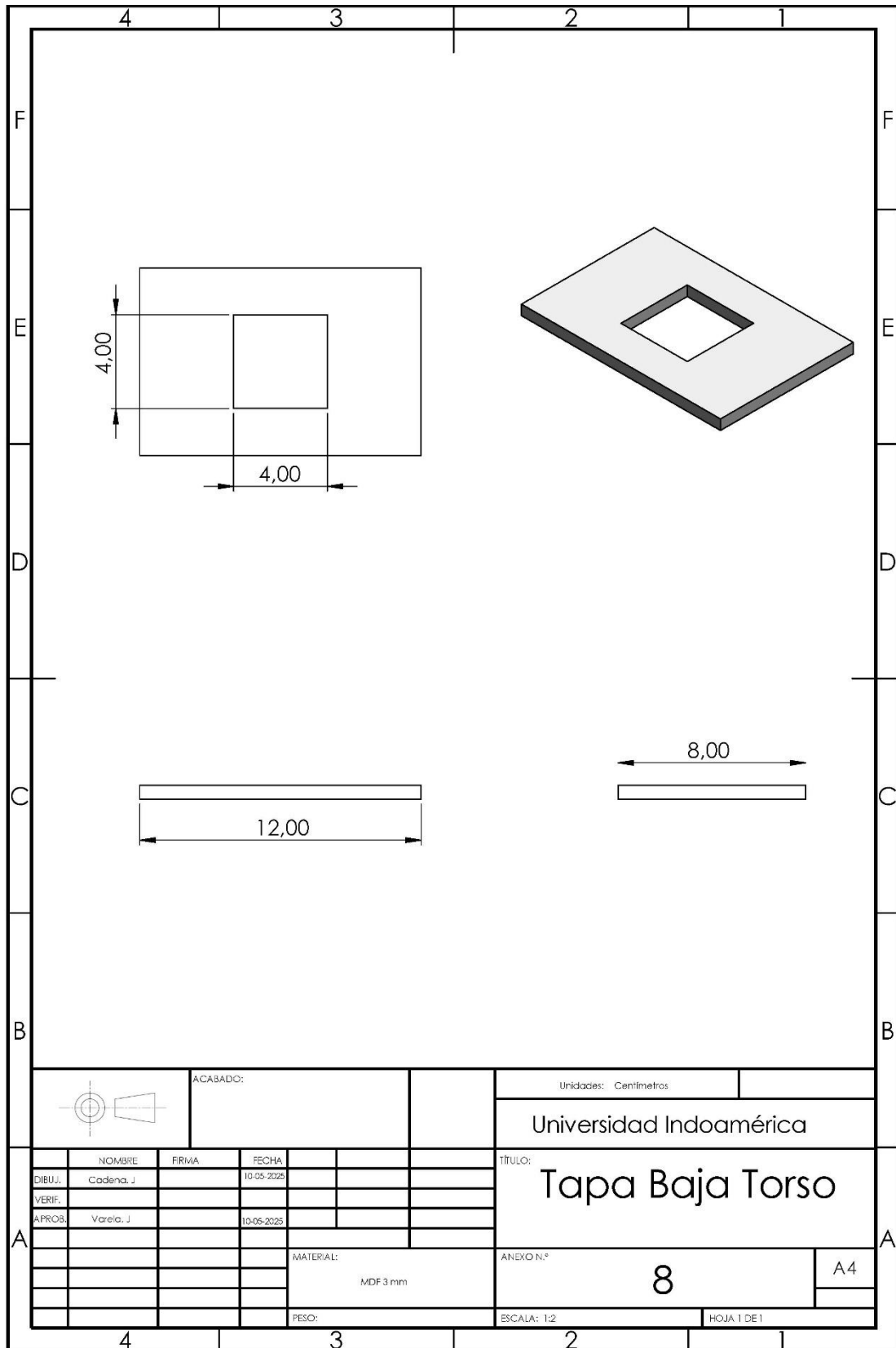
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 7. Conector tapa torso.



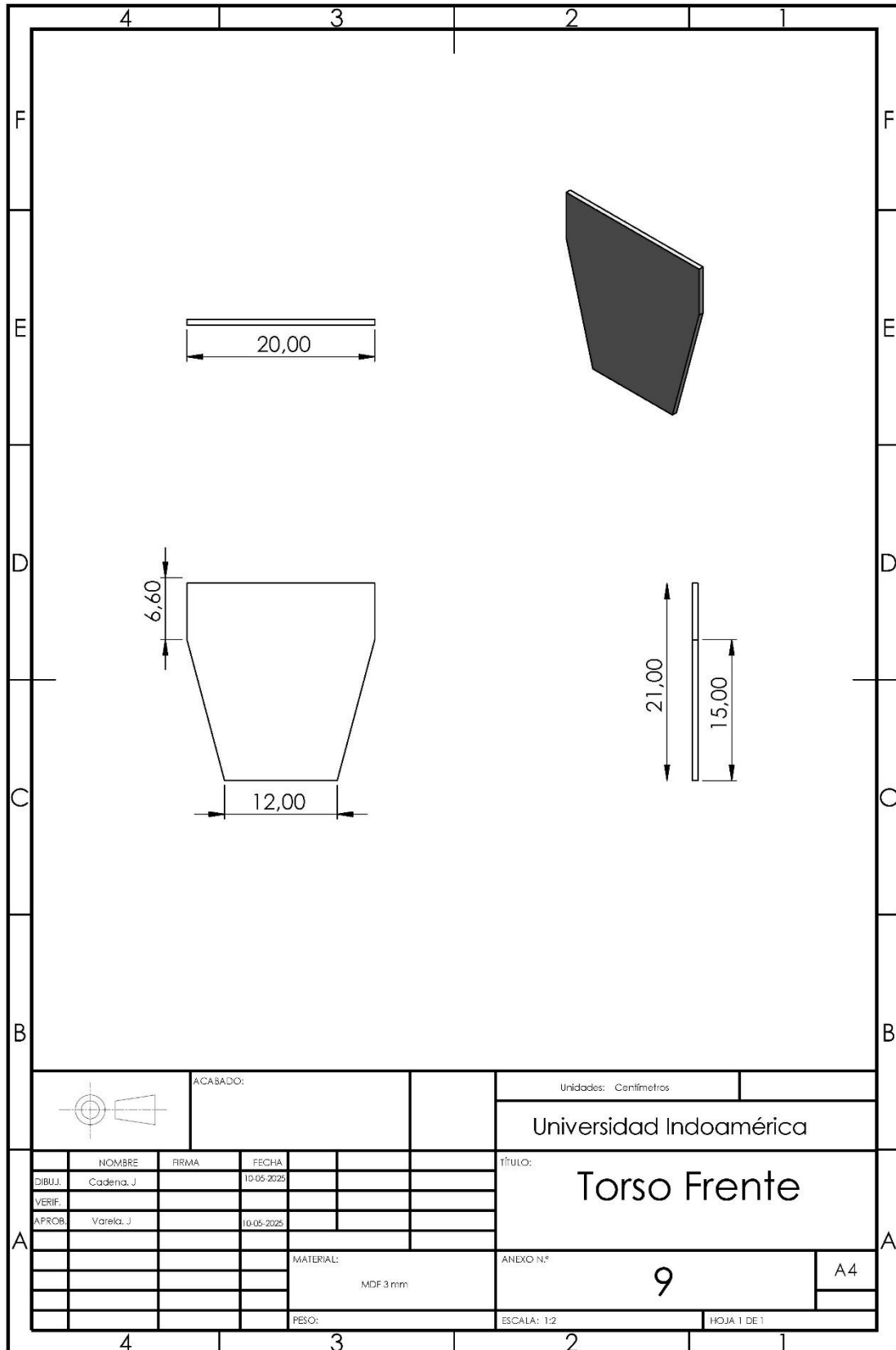
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 8. Tapa baja torso.



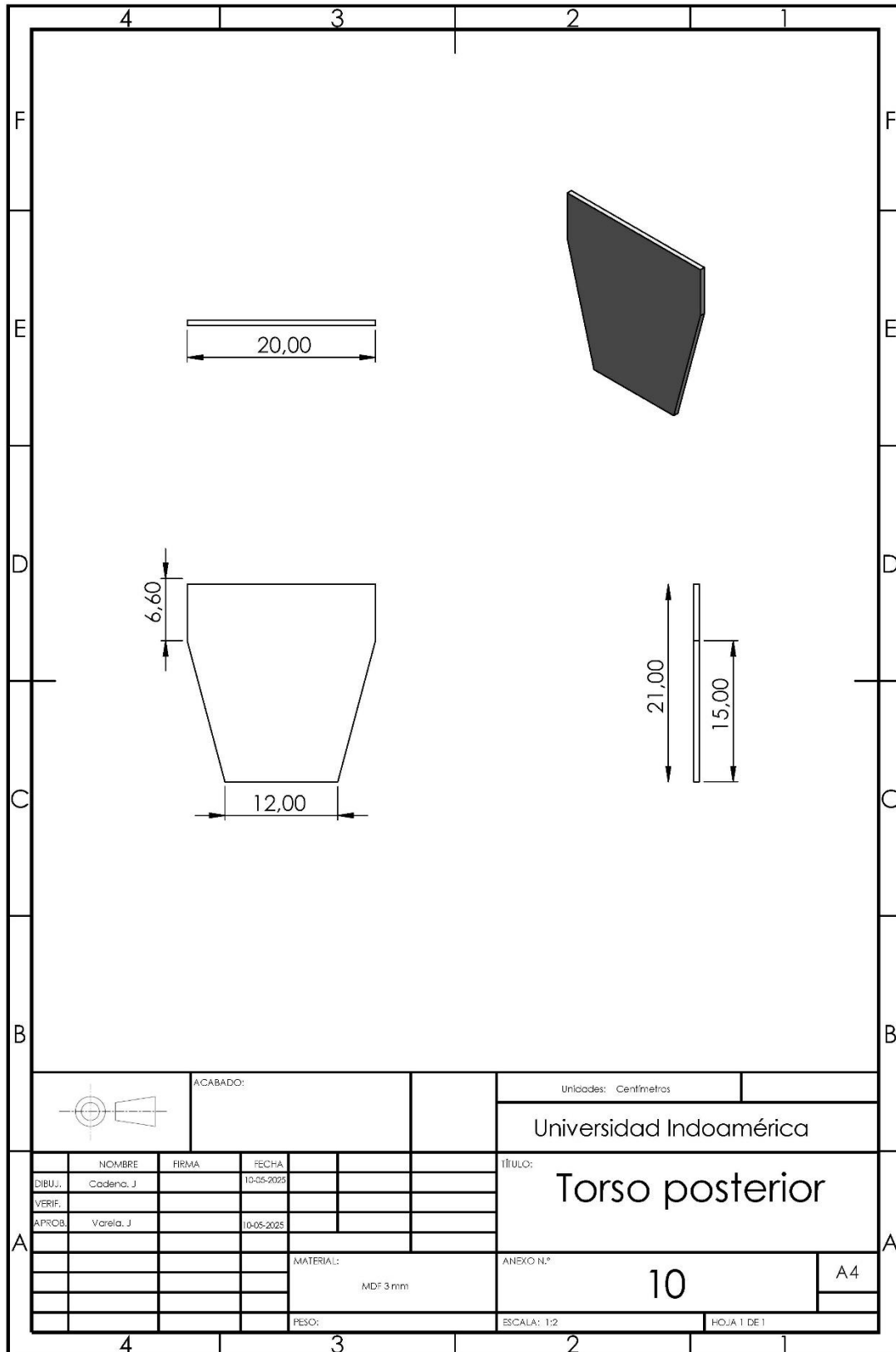
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 9. Torso frente.



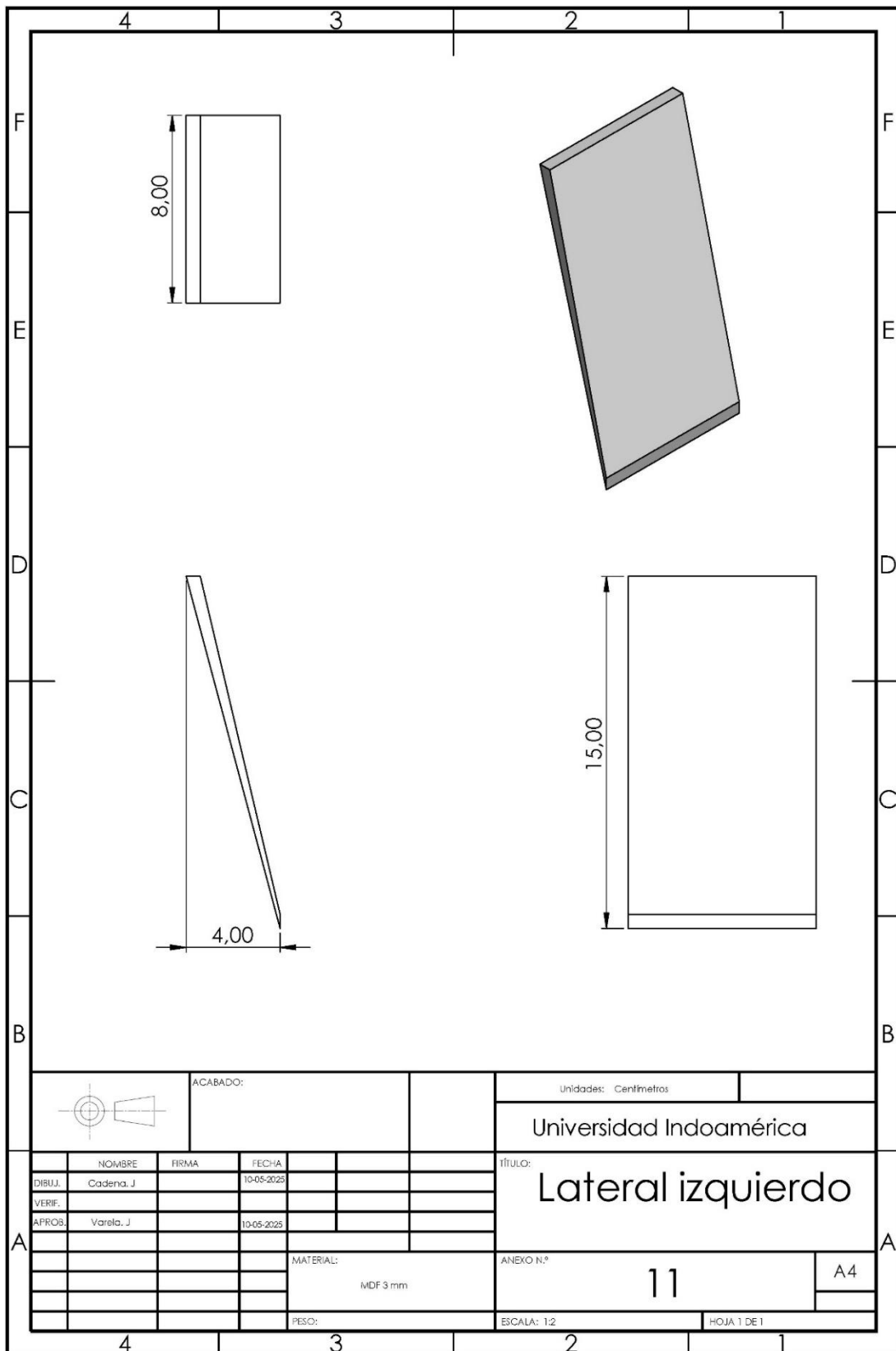
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 10. Torso posterior.



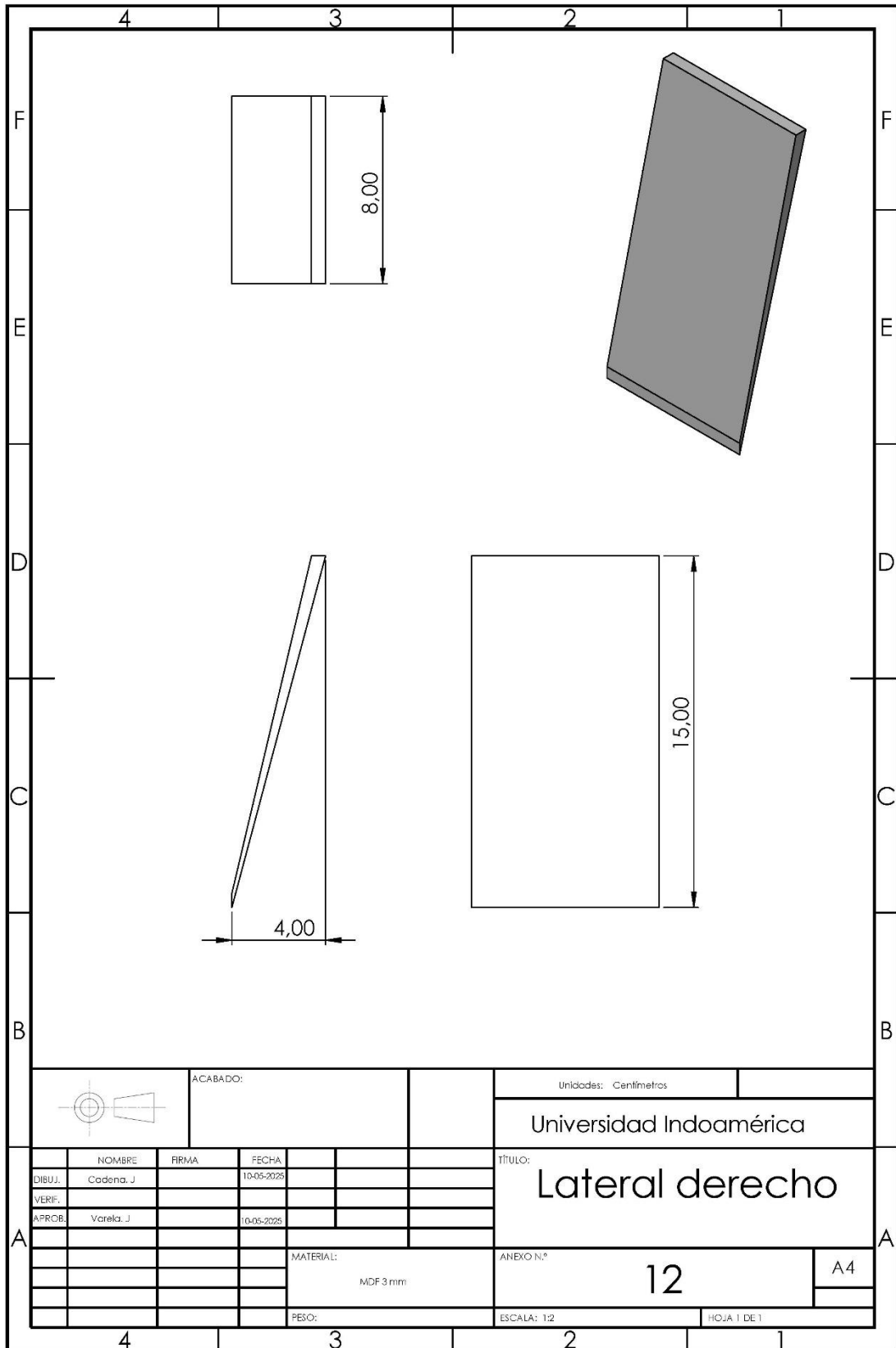
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 11. Lateral izquierdo.



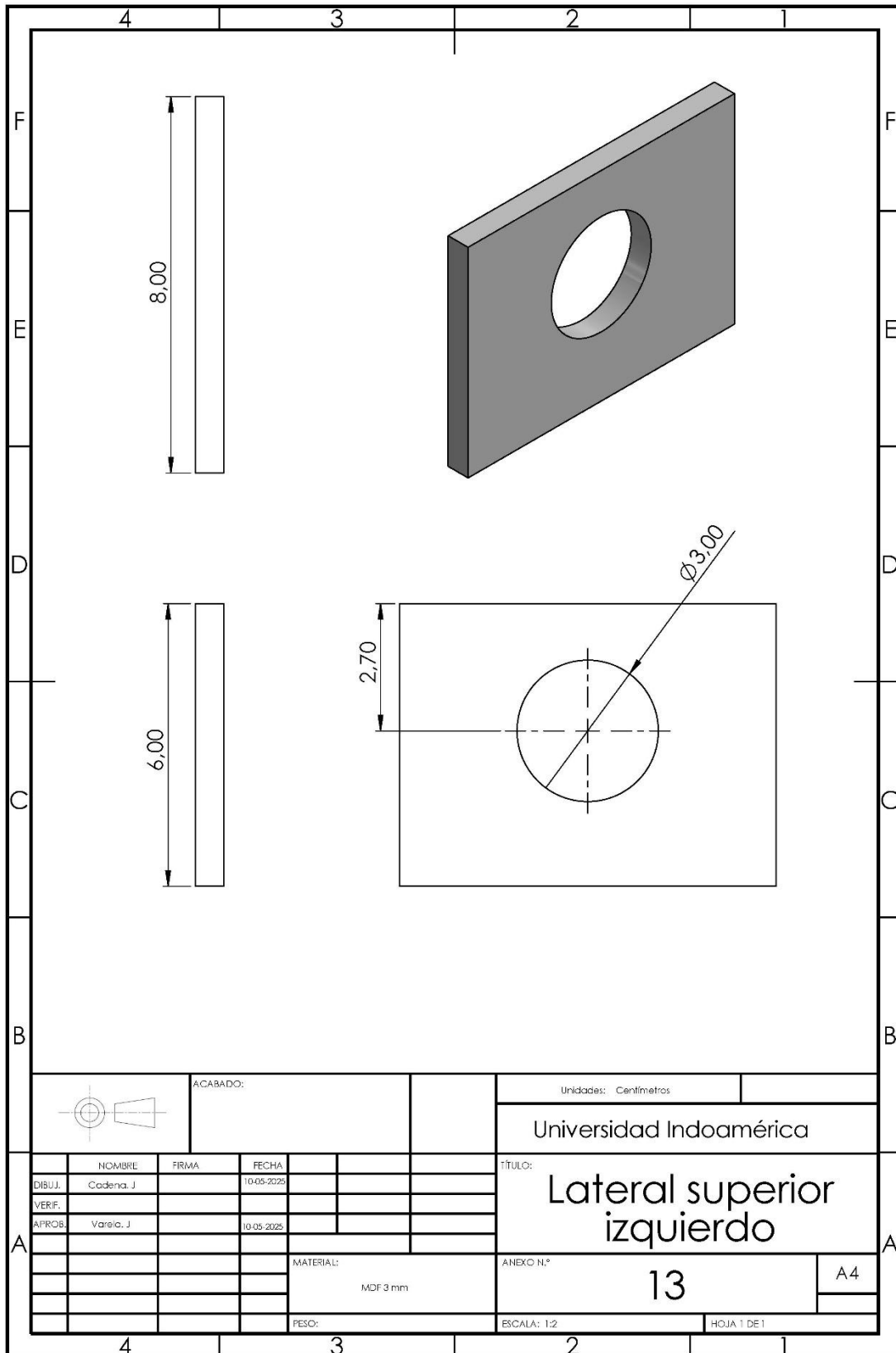
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 12. Lateral derecho



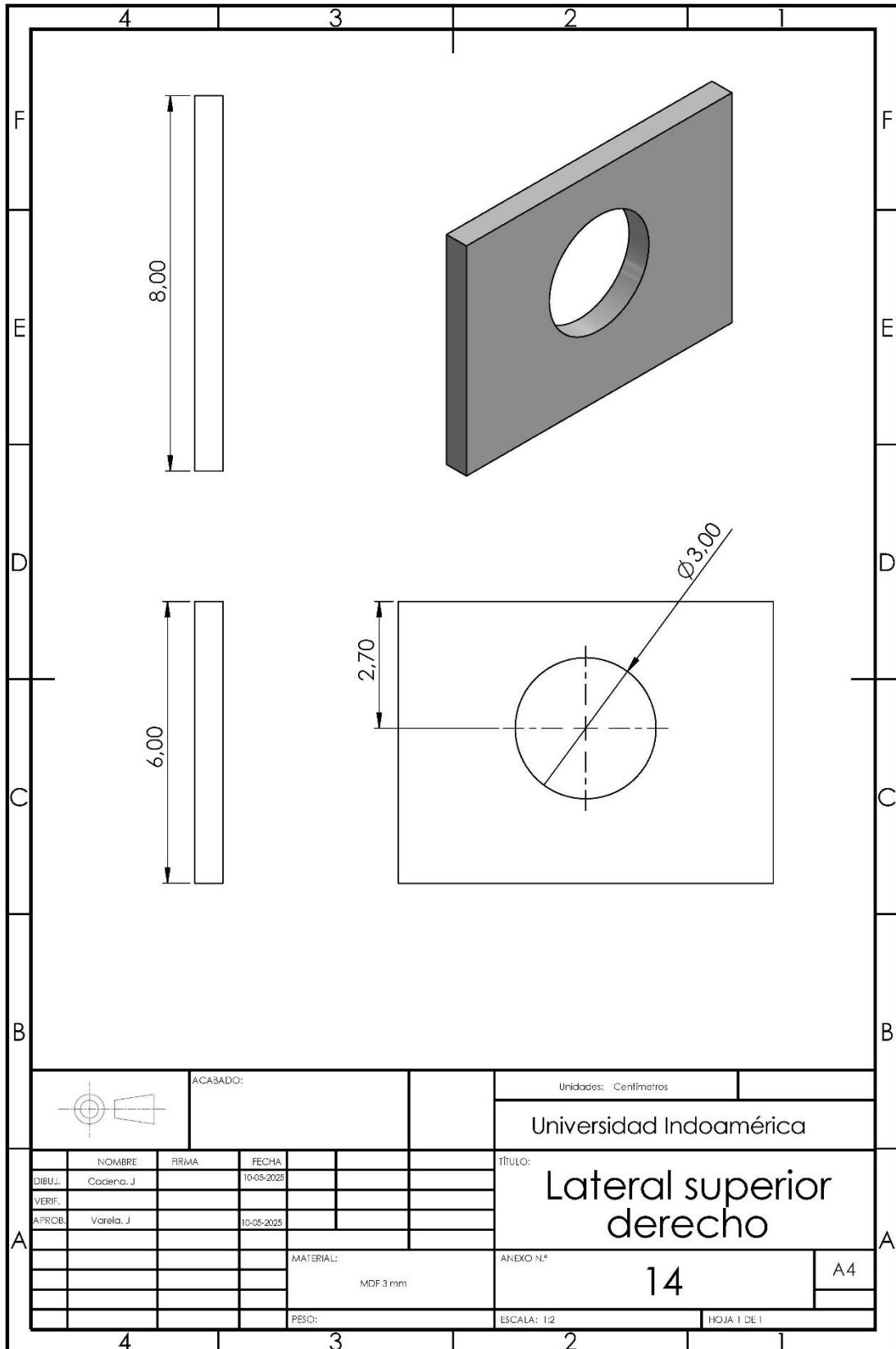
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 13. Lateral superior izquierdo.



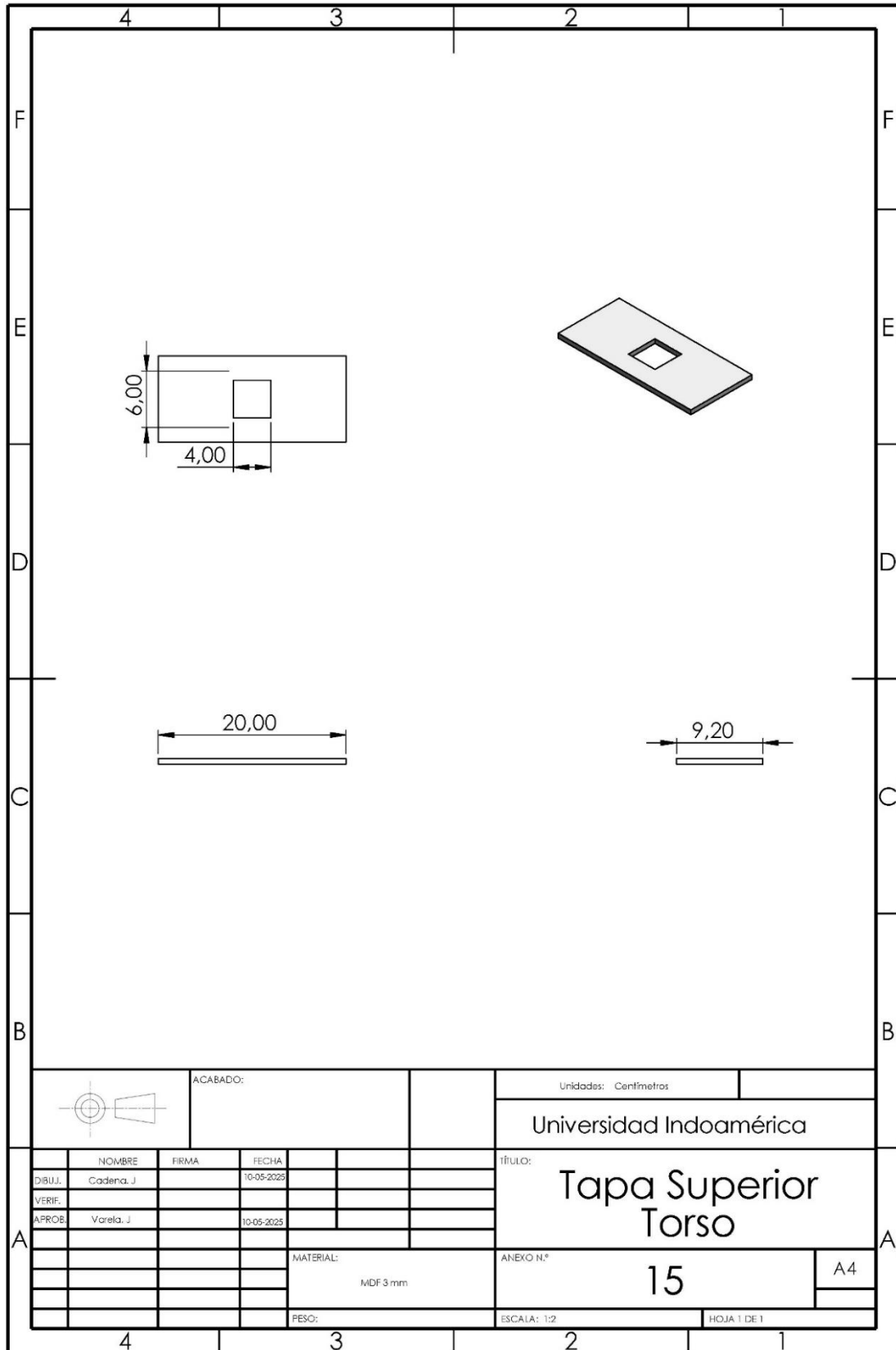
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 14. Lateral superior derecho.



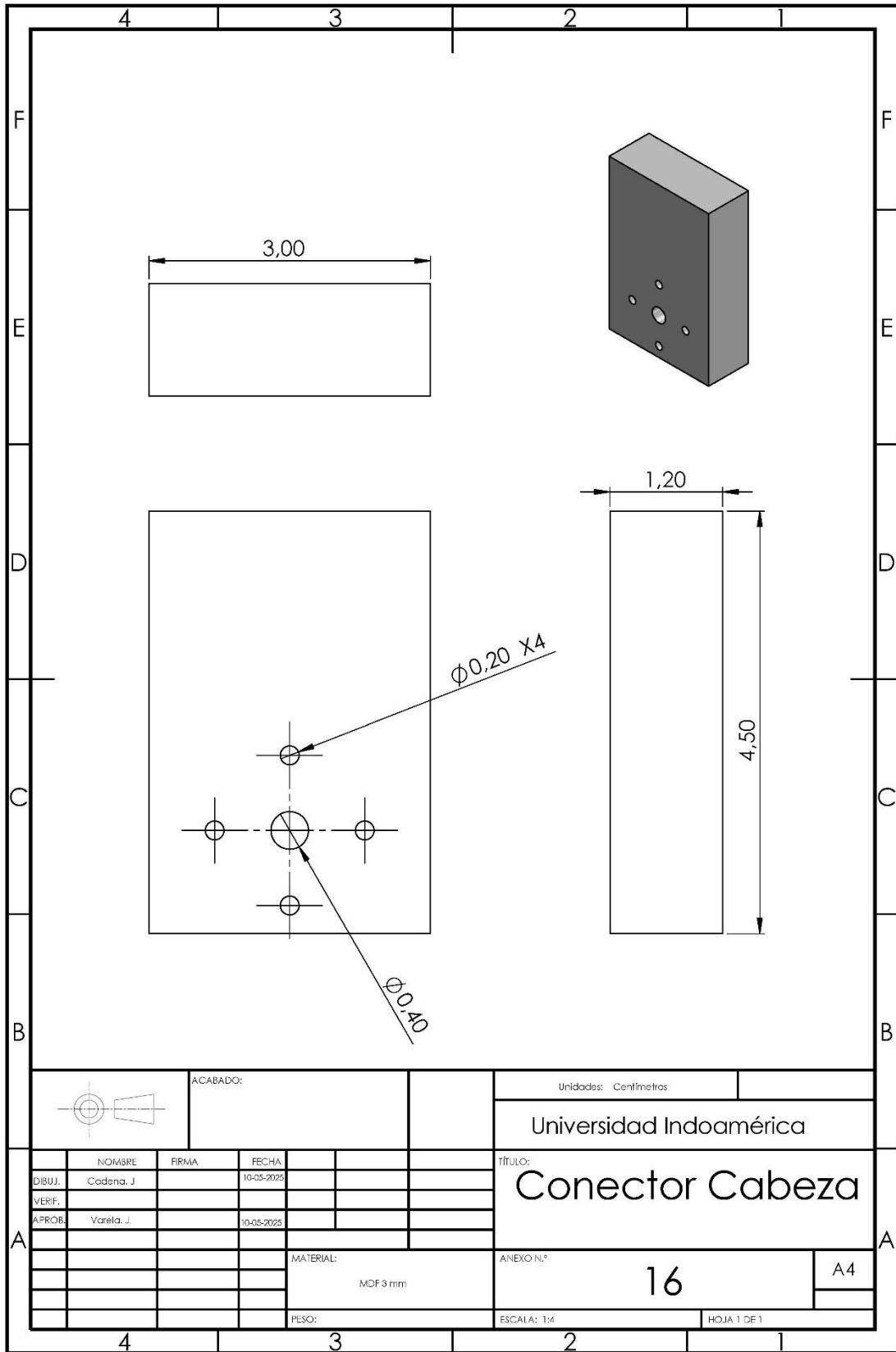
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 15. Tapa superior torso.



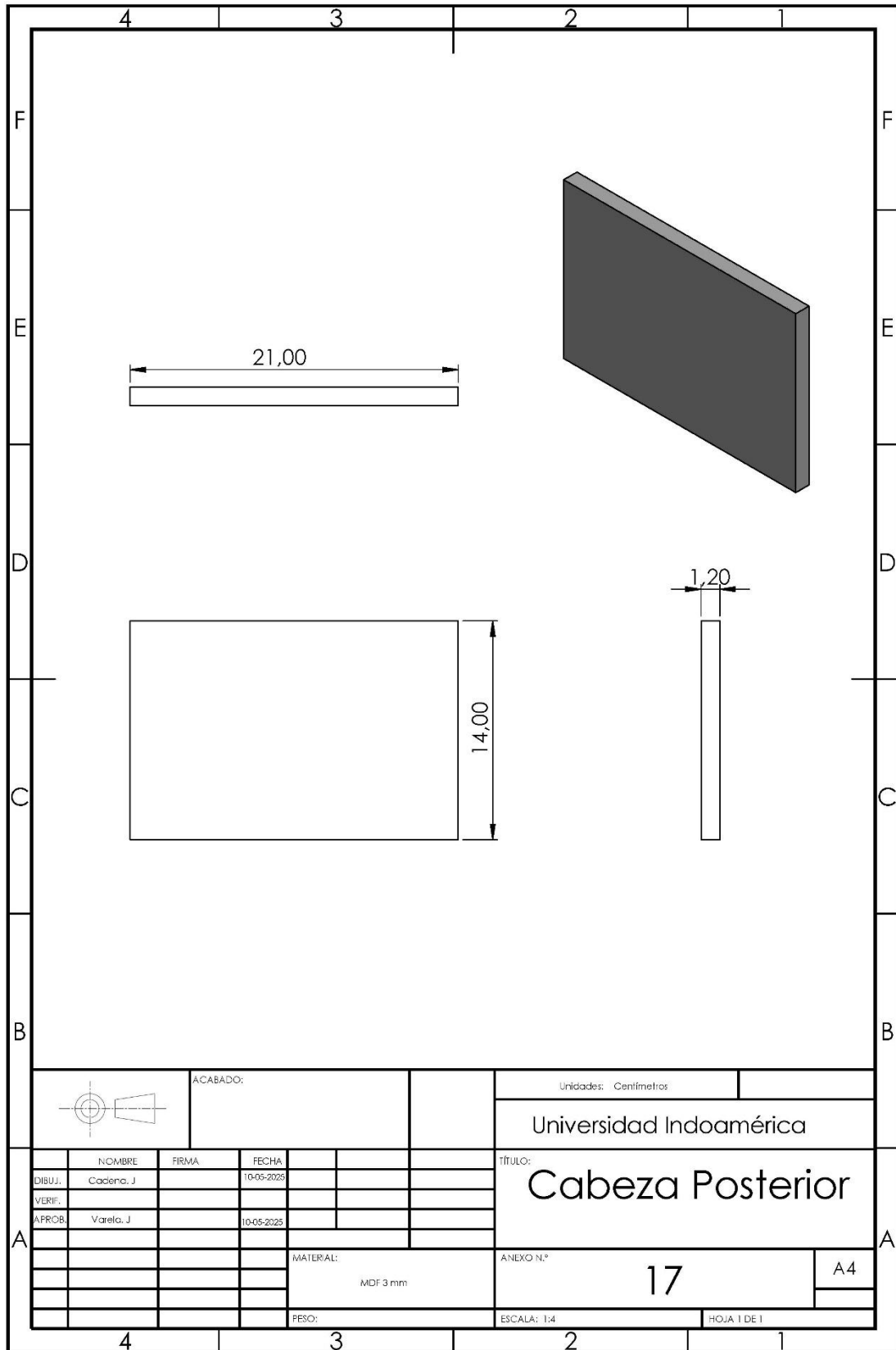
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 16. Conector cabeza



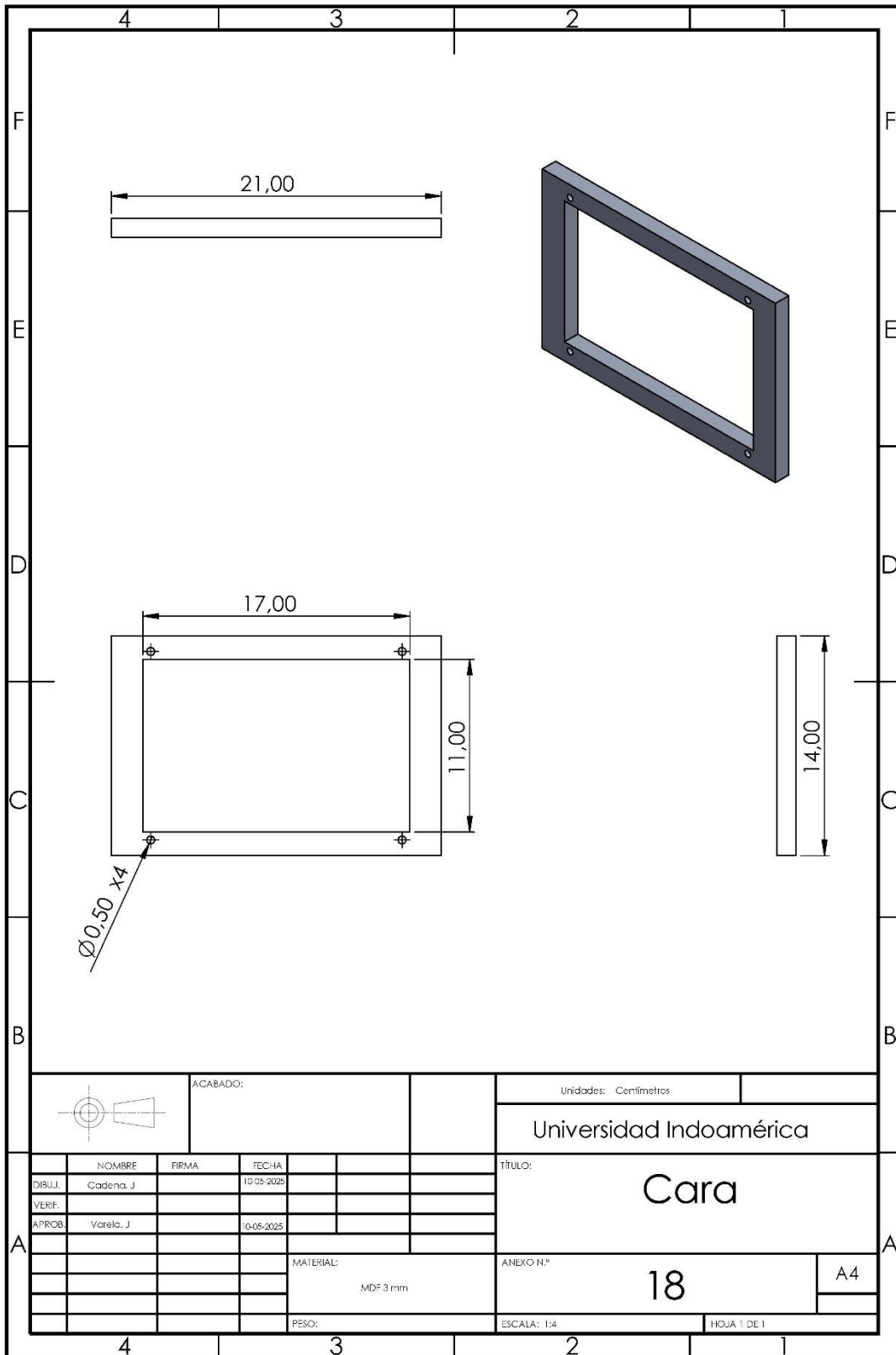
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 17. Cabeza posterior



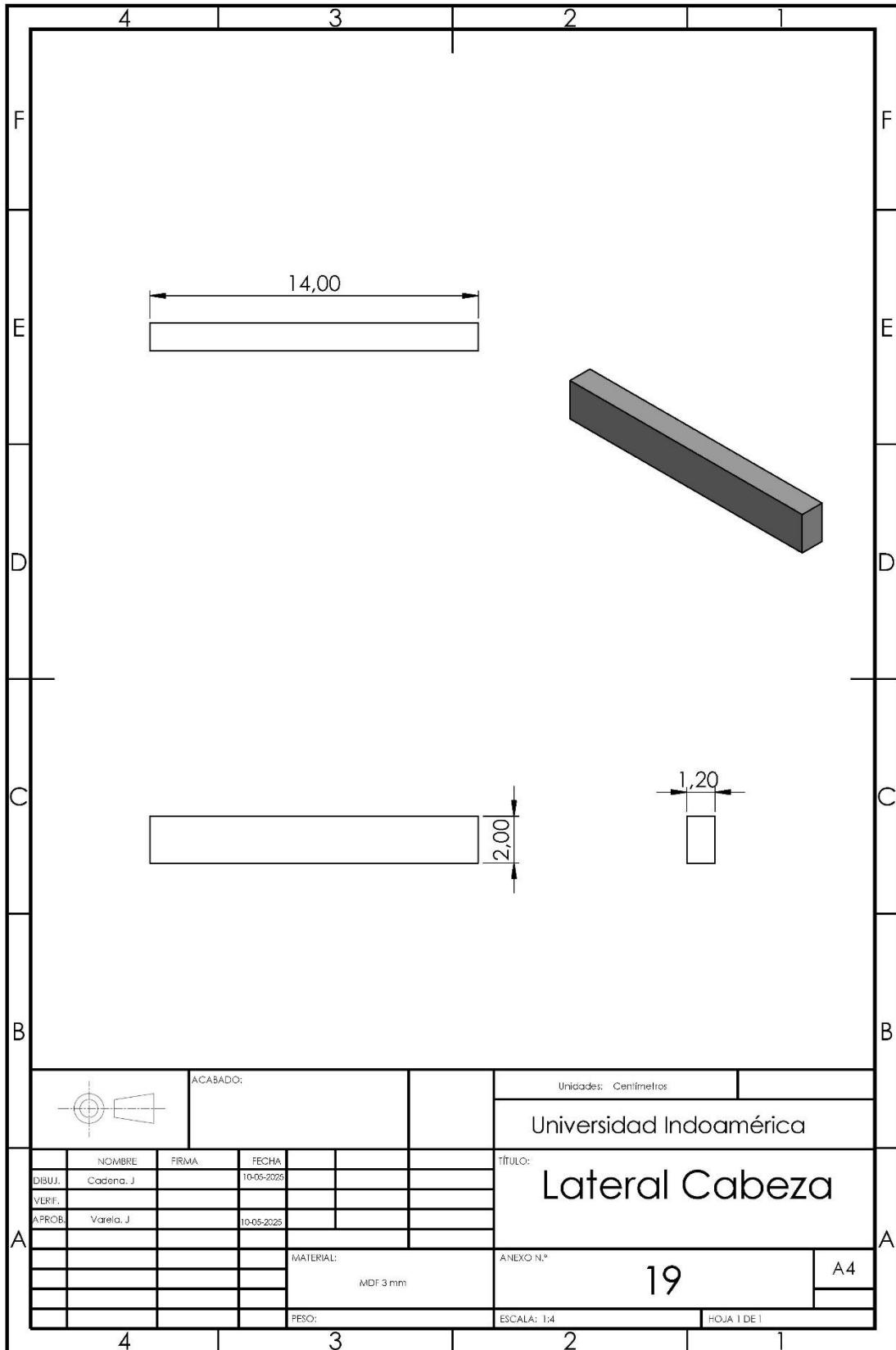
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 18. Cara.



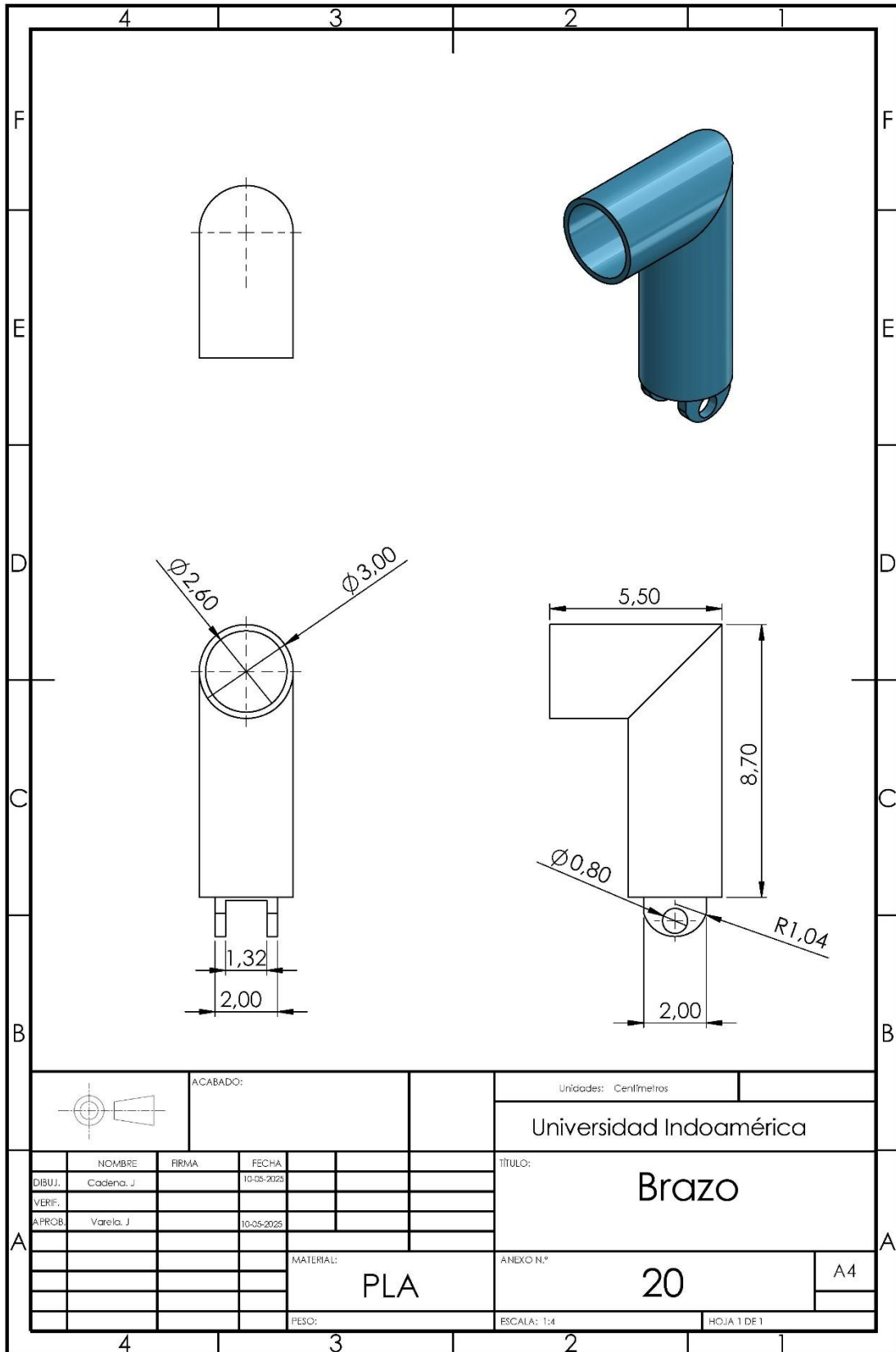
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 19. Lateral cabeza



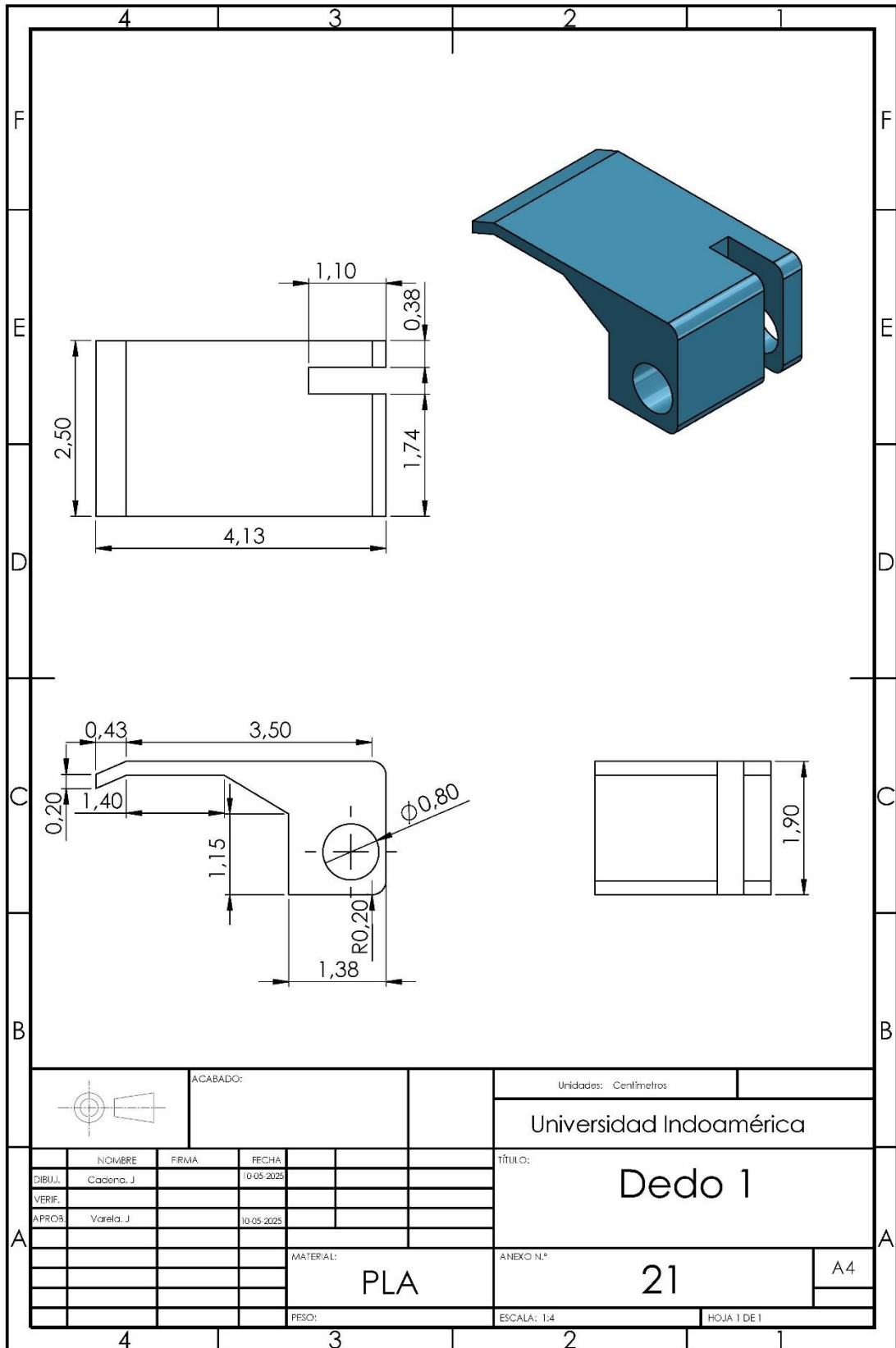
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 20. Brazo



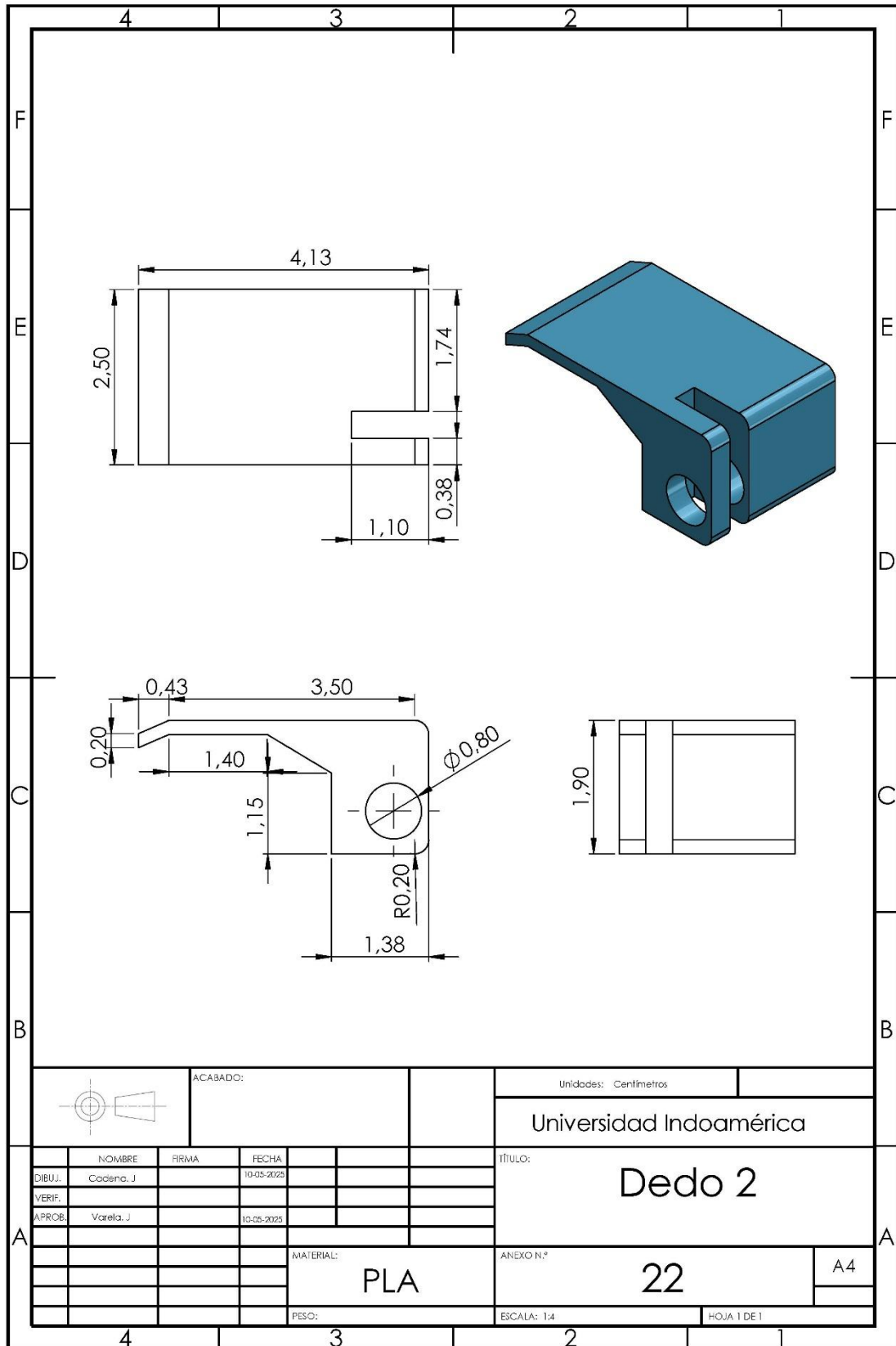
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 21. Dedo 1



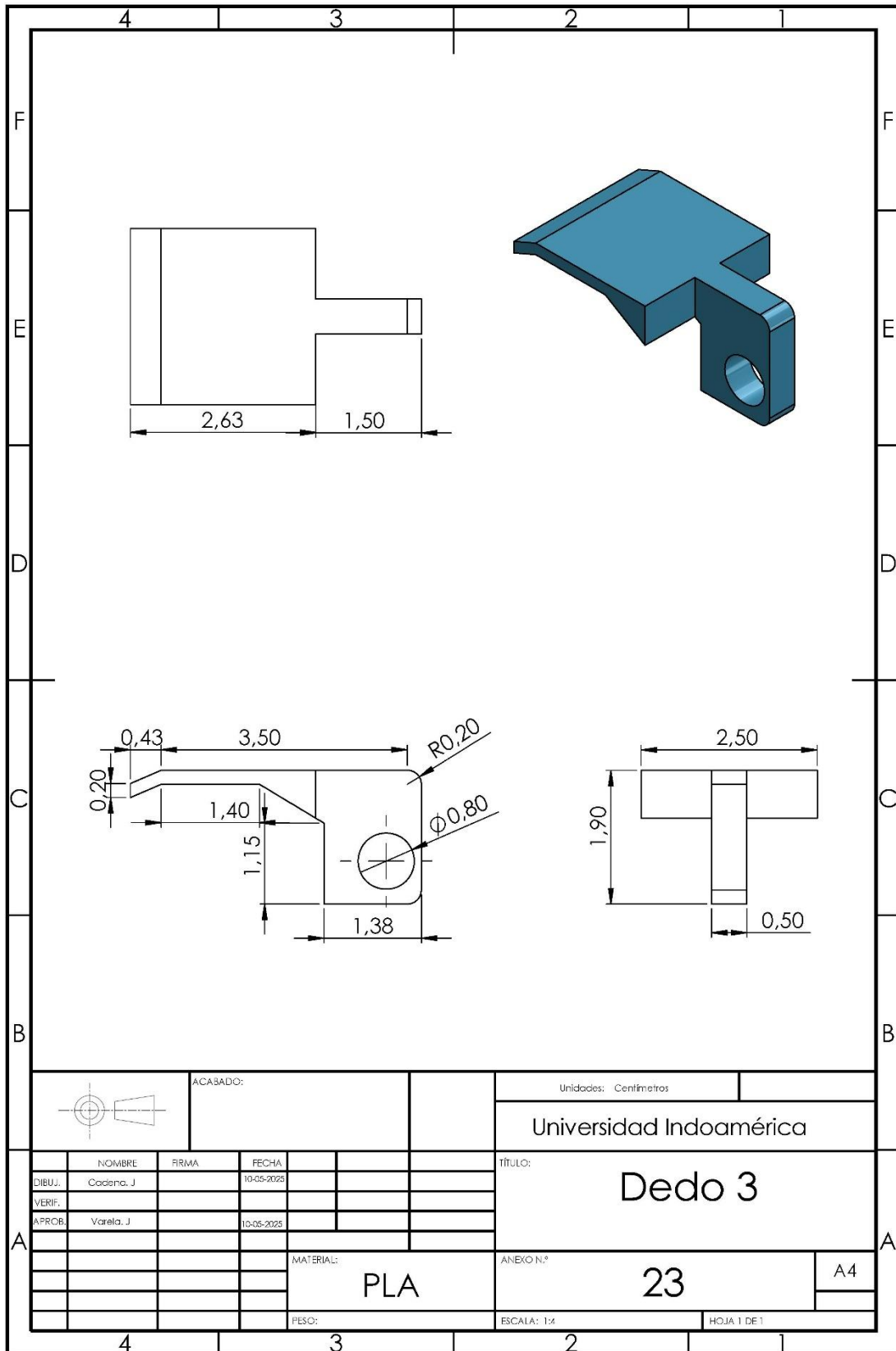
Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 22. Dedo 2



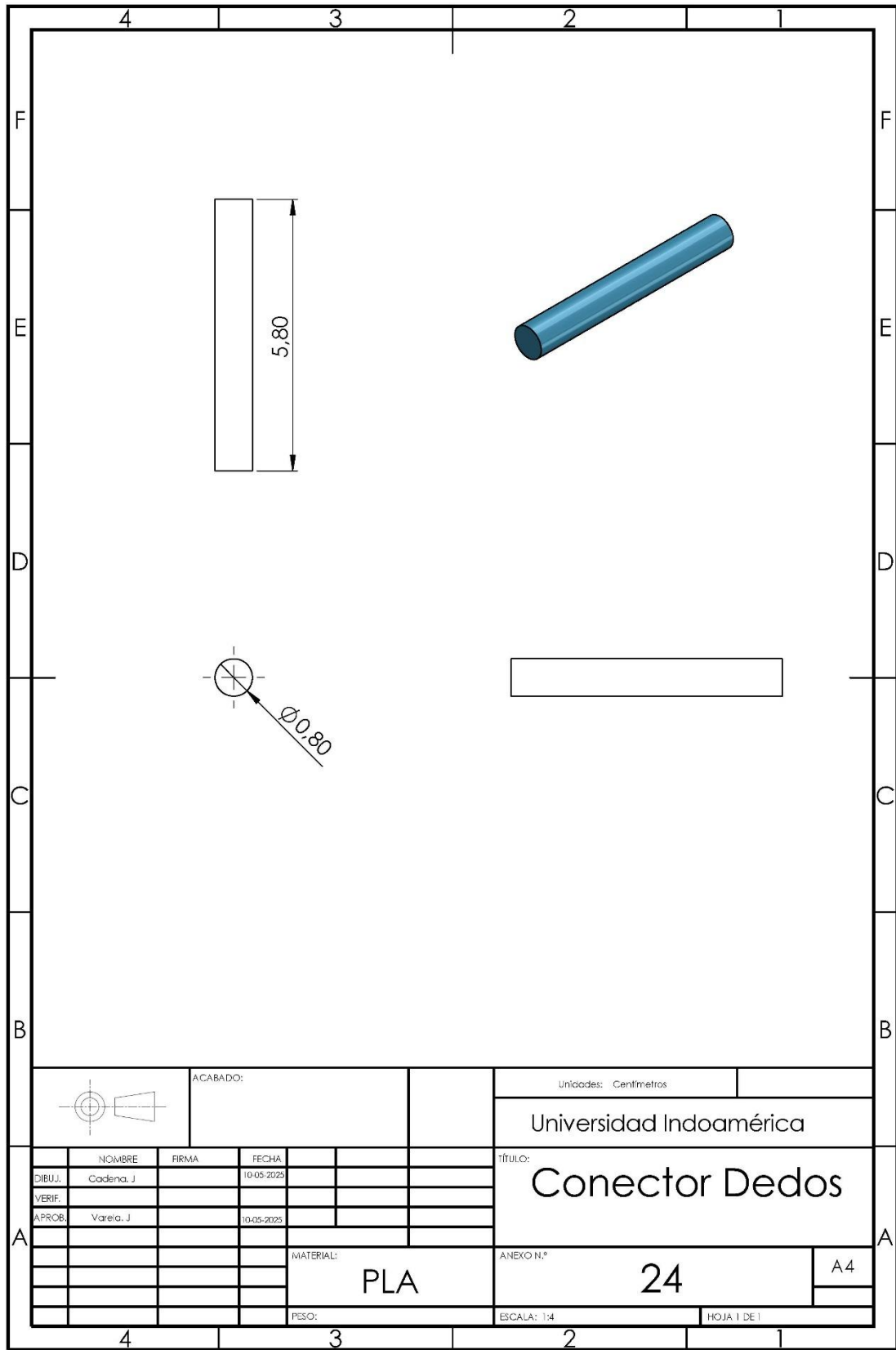
Elaborado por: Josue Cadena

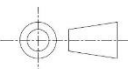
Anexo 23. Dedo 3



Elaborado por: Josue Cadena

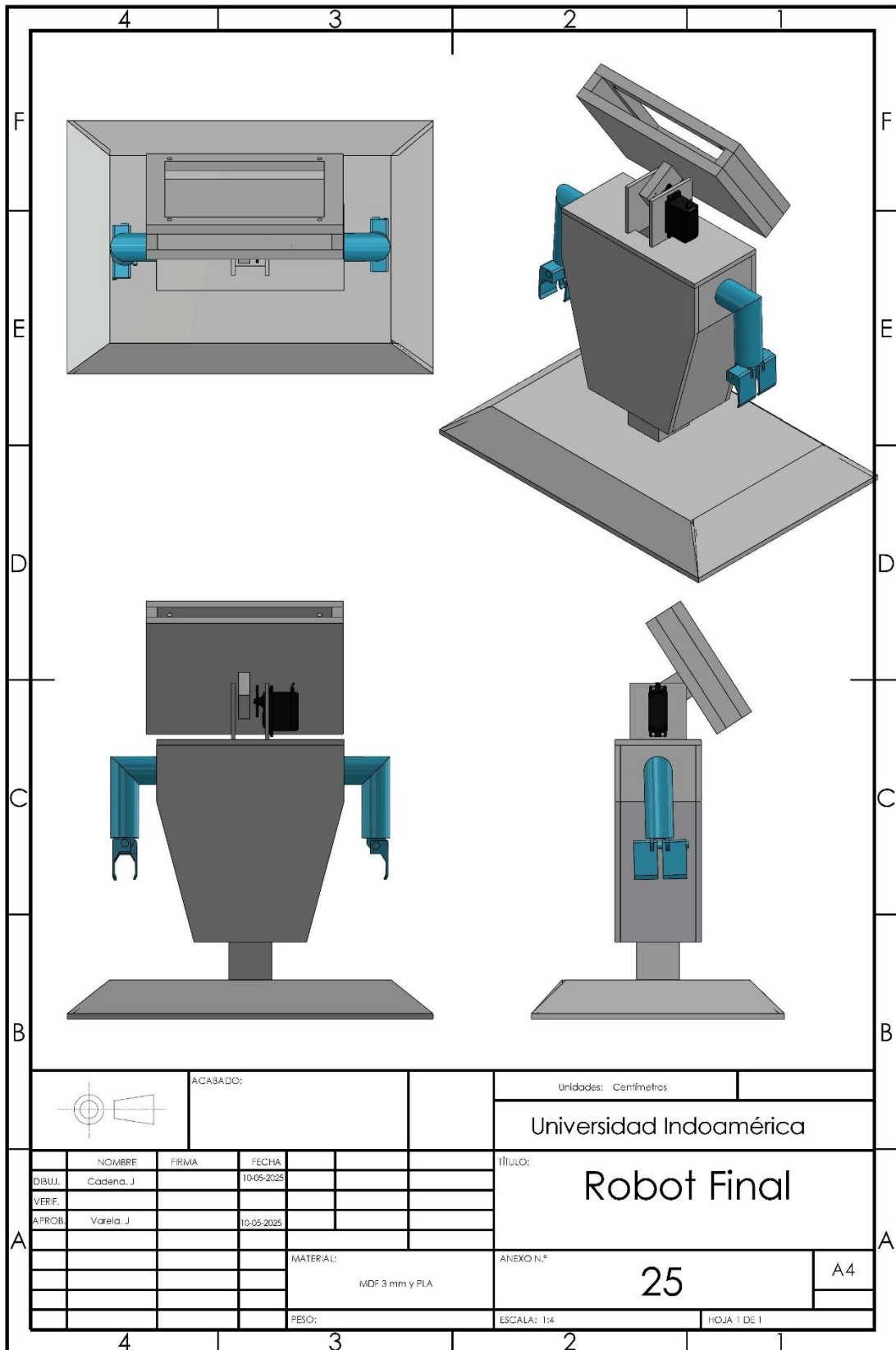
Anexo 24. Conector dedos.



		ACABADO:		Unidades: Centímetros	
				Universidad Indoamérica	
				TÍTULO: Conector Dedos	
DIBUJ. Cadena, J.		FIRMA		FECHA: 10-05-2025	
VERIF.					
APROB. Varela, J.				10-05-2025	
				MATERIAL: PLA	
				ANEJON.º 24	
				A4	
		PESO:		ESCALA: 1:4	
				HOJA 1 DE 1	

Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 25. Robot final.



Elaborado por: Josue Cadena

Anexo 26. Manual de usuario del mecanismo robótico

Descripción General del Sistema

El robot desarrollado tiene como objetivo ser una base fiable para ser posteriormente un asistente para los visitantes del campus tecnológico de la Universidad Indoamérica. Está compuesto por una estructura de MDF impulsada por dos motores DC de 12V con un sistema de orugas, controlados mediante el driver L298N. La lógica de control está a cargo de una raspberry pi Zero 2w, a la cual se conecta una pantalla táctil de 7 pulgadas, con una cámara web, un servomotor soporta toda la cabeza y permite su movimiento.

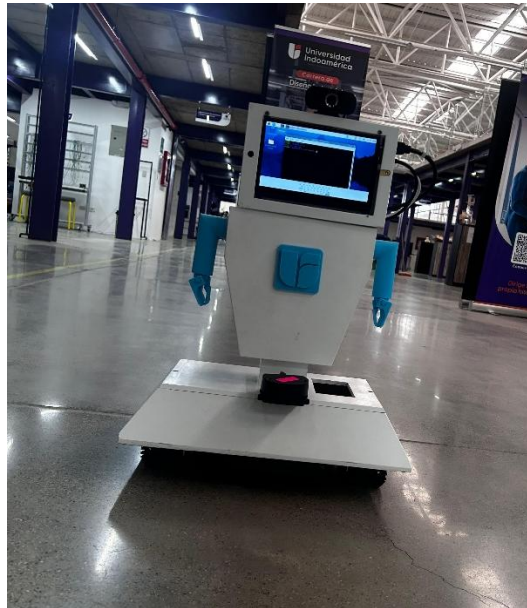


Imagen 1 Vista frontal del robot.

Elaborado por: Josue Cadena

PROCEDIMIENTO DE ENCENDIDO Y FUNCIONAMIENTO.

1. Acostar el robot sobre una superficie plana.
2. Conectar el cable USB a la powerbank.
3. Conectar la batería al conector XT30 hembra.

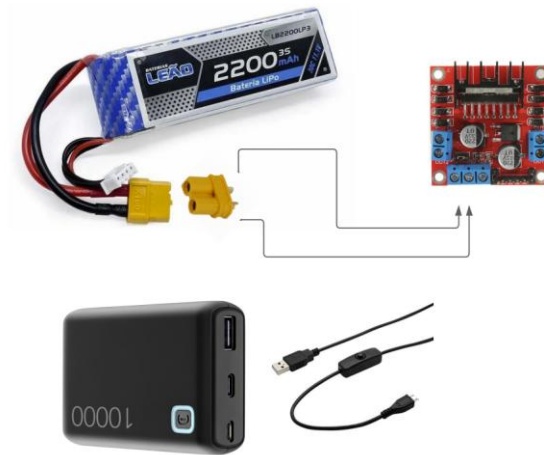


Imagen 2 Esquema de conexión del sistema de alimentación.

Elaborado por: Josue Cadena

4. Levantar el robot.
5. Verificar que la pantalla se enciende y el módulo L298N esta encendido.

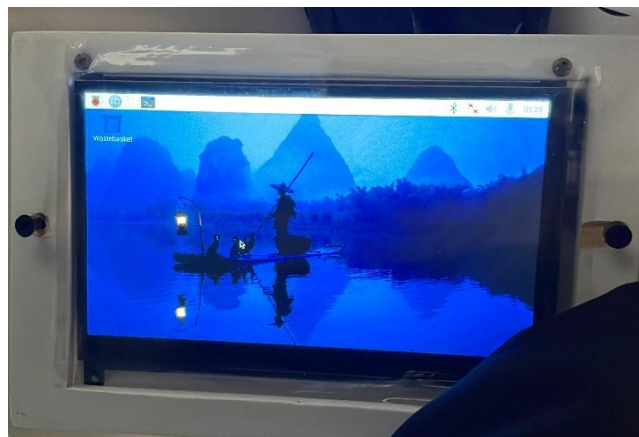


Imagen 3 Pantalla encendida.

Elaborado por: Josue Cadena

6. Conectar el sistema de la Raspberry a una red wifi.

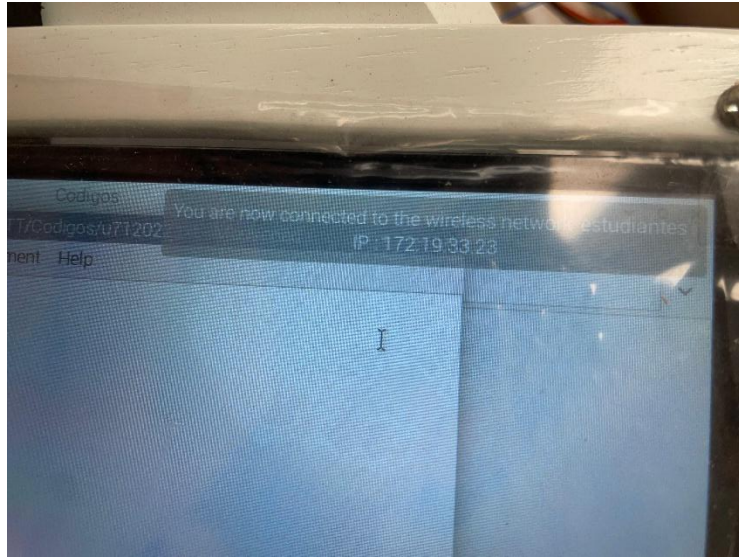


Imagen 4 Dirección IP del sistema conectado a internet.

Elaborado por: Josue Cadena

7. Desde un computador abrir el programa RealVNC Viewer.
8. Ingresar la IP del robot en el programa y conectar.

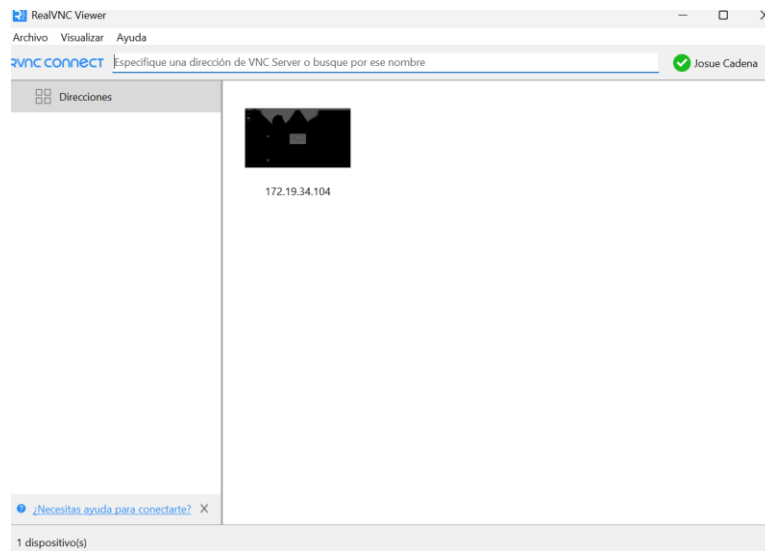


Imagen 5 Programa RealVNC Viewer.

Elaborado por: Josue Cadena

9. Pulsar sobre la dirección IP ya conectada.

10. Ya con el control de la pantalla pulsar en el icono de terminal en la parte superior izquierda.

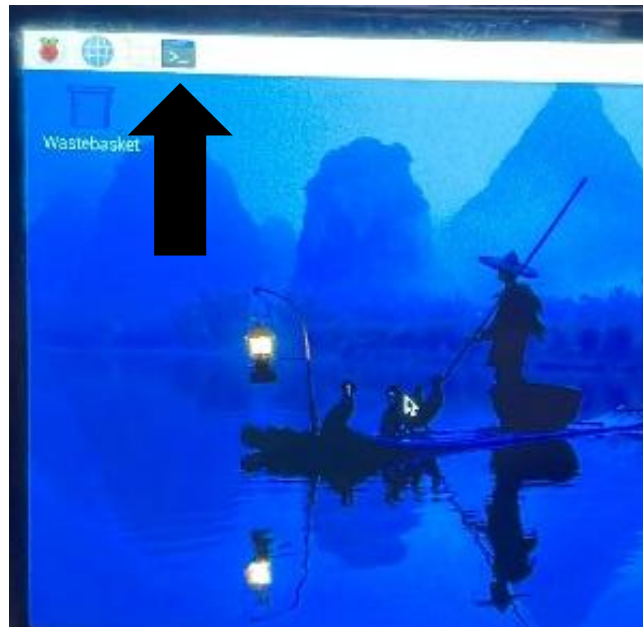


Imagen 6 Icono de terminal.

Elaborado por: Josue Cadena

11. Escribir el comando “cd Documents” y pulsar la tecla enter.
12. Escribir el comando “dir” y pulsar la tecla enter.
13. Escribir el comando “python RoboPi.py” y pulsar la tecla enter para ejecutar el programa.

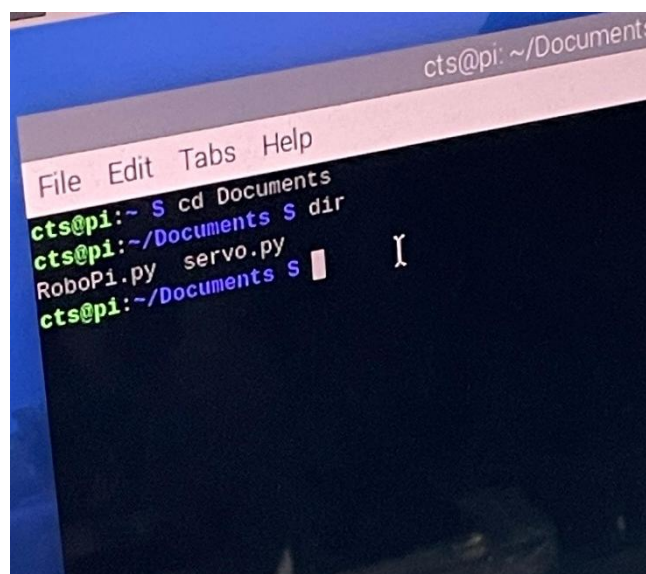


Imagen 7 Terminal con comandos ingresados.

Elaborado por: Josue Cadena

14. Ya iniciado el programa el robot se controla similar a un videojuego. La tecla W sirve para avanzar, la tecla S sirve para retroceder, la tecla D sirve para girar a la derecha y la tecla A sirve para girar a la izquierda.



Imagen 8 Teclas de movimiento del robot.

Elaborado por: Josue Cadena

15. La tecla Y sirve para mover el servomotor y subir la cabeza, la tecla H sirve para bajar la cabeza.



Imagen 9 Teclas de movimiento de cuello del robot.

Elaborado por: Josue Cadena

Recomendaciones de seguridad

- Nunca conectar o desconectar la batería con el sistema encendido.
- Supervisar el estado de carga de la batería para evitar sobrecalentamientos.
- Evitar el contacto con agua o superficies húmedas.
- Manejar de manera suave y calmada el robot.
- Para mover el servomotor se debe pulsar la tecla y esperar que se mueva la latencia del internet puede producir que se demore en llegar la señal.

Anexo 27 Código Final

```
import curses
import RPi.GPIO as GPIO
import time

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(20, GPIO.OUT)
GPIO.setup(26, GPIO.OUT)
GPIO.setup(19, GPIO.OUT)
GPIO.setup(16, GPIO.OUT)
GPIO.setup(18, GPIO.OUT)

servo_pin = 18
frecuencia_pwm = 50
ancho_pulso_min = 1000
ancho_pulso_max = 2000
rango_movimiento = 180

pwm = GPIO.PWM(servo_pin, frecuencia_pwm)
pwm.start(0)
current_angle = 0

def set_servo_angle(angulo):
    global current_angle
    if angulo < 0:
        angulo = 0

def set_servo_angle(angulo):
    global current_angle
    if angulo < 0:
        angulo = 0
    elif angulo > 180:
        angulo = 180
    ancho_pulso = (ancho_pulso_min + (angulo / rango_movimiento) *
                  (ancho_pulso_max - ancho_pulso_min)) / 1000000 * frecuencia_pwm * 100
    pwm.ChangeDutyCycle(ancho_pulso)
    current_angle = angulo
    time.sleep(0.3)
    pwm.ChangeDutyCycle(0)

def main(letra):
    global current_angle
    set_servo_angle(current_angle)
    while True:
        curses.halfdelay(1)
        key = letra.getch()

        if key == 113:
            break
        elif key == 119:
            GPIO.output(20, GPIO.LOW)

        if key == 113:
            break
        elif key == 119:
            GPIO.output(20, GPIO.LOW)
            GPIO.output(26, GPIO.HIGH)
            GPIO.output(19, GPIO.LOW)
            GPIO.output(16, GPIO.HIGH)
        elif key == 180:
            GPIO.output(20, GPIO.LOW)
            GPIO.output(26, GPIO.HIGH)
            GPIO.output(19, GPIO.HIGH)
            GPIO.output(16, GPIO.LOW)
        elif key == 115:
            GPIO.output(20, GPIO.HIGH)
            GPIO.output(26, GPIO.LOW)
            GPIO.output(19, GPIO.HIGH)
            GPIO.output(16, GPIO.LOW)
        elif key == 97:
            GPIO.output(20, GPIO.HIGH)
            GPIO.output(26, GPIO.LOW)
            GPIO.output(19, GPIO.LOW)
            GPIO.output(16, GPIO.HIGH)
        elif key == 121:
            set_servo_angle(current_angle + 15)
        elif key == 184:
            GPIO.output(20, GPIO.HIGH)
            GPIO.output(26, GPIO.LOW)
            GPIO.output(19, GPIO.HIGH)
            GPIO.output(16, GPIO.LOW)
        elif key == 97:
            GPIO.output(20, GPIO.HIGH)
            GPIO.output(26, GPIO.LOW)
            GPIO.output(19, GPIO.LOW)
            GPIO.output(16, GPIO.HIGH)
        elif key == 121:
            set_servo_angle(current_angle + 15)
        elif key == 184:
            set_servo_angle(current_angle - 15)
        else:
            GPIO.output(20, GPIO.LOW)
            GPIO.output(26, GPIO.LOW)
            GPIO.output(16, GPIO.LOW)
            GPIO.output(19, GPIO.LOW)

    try:
        curses.wrapper(main)
    finally:
        pwm.stop()
        GPIO.cleanup()
```

Elaborado por: Josue Cadena

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

Industrial Engineering

AUTHOR: CADENA BEDOYA JOSUE SEBASTIAN

TUTOR: PHD. VARELA ALDAS JOSE LUIS

ABSTRACT

**CONSTRUCTION OF A ROBOTIC MECHANISM TO SERVE VISITORS TO THE
"INDOAMERICA" UNIVERSITY'S TECHNOLOGICAL INNOVATION AND
ENTREPRENEURSHIP CAMPUS**

This research describes the development of a robotic mechanism designed to improve visitor service at the "Indoamérica" University's technological innovation and entrepreneurship campus. The project arose from the need to optimize the campus orientation experience through a functional system that could serve as a basis for future, more advanced implementations. The work focused on the physical manufacture of the prototype, integrating an MDF structure with essential electronic and mechanical components. A track system was incorporated for mobility, a head-up display as a visual interface, and a servomotor for head movement. Programming was done using Python, allowing remote control of the device using the RealVNC Viewer platform. Tests confirmed the prototype's performance as intended, validating its stability, response to commands, and ease of control. Although the robot does not yet have autonomous navigation or voice interaction capabilities, it represents a solid operational foundation for future improvements. Its modular design and technical feasibility position it as a tool with significant growth potential. The proposal combines practical elements of industrial engineering with a focus on service automation, contributing to both the visitor experience and the institution's technological image.

KEYWORDS:

automation, guidance, innovation, robotization.

