



**Instituto Tecnológico de Las Américas (ITLA)**

**Centro de Excelencia en Mecatrónica**

**"Dispositivo Rehabilitador de Muñecas para Terapia Asistida"**

**Sustentantes:**

Moisés Almánzar Reyes

2021-2086

Saul A. Sánchez Abreu

2021-1867

Jake E. Jiménez Armesto

2021-2129

Albert A. Matos Abreu

2021-2289

Ezequiel A. Pacheco López

2020-10570

**Para la Obtención del Título:**

Tecnólogo en Mecatrónica

**Asesor:**

Ing. Pedro Pablo Casto García

**Santo Domingo, República Dominicana**

**2024**

➤ **Sobre Tema y Título**

**Tema:** Desarrollo de un dispositivo mecatrónico para la rehabilitación de muñecas en terapias asistidas.

**Título:** Dispositivo Rehabilitador de Muñecas para Terapia Asistida

**Tabla de contenido**

➤	<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>3</b>
➤	<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
➤	<b>RESUMEN .....</b>	<b>5</b>
➤	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
➤	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>6</b>
➤	<b>IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>7</b>
➤	<b>OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....</b>	<b>8</b>
➤	<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>9</b>
➤	<b>MARCO METODOLÓGICO:.....</b>	<b>11</b>
➤	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>12</b>
➤	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>13</b>
➤	<b>MÉTODO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....</b>	<b>14</b>
➤	<b>POBLACIÓN .....</b>	<b>15</b>
➤	<b>MUESTRA.....</b>	<b>17</b>
➤	<b>TIPO DE MUESTREO .....</b>	<b>18</b>
➤	<b>INSTRUMENTOS .....</b>	<b>19</b>
	<b>Aspectos Éticos de la Investigación .....</b>	<b>21</b>
➤	<b>RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>22</b>
➤	<b>JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA .....</b>	<b>24</b>
➤	<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>25</b>
➤	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>26</b>
➤	<b>REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍAS.....</b>	<b>28</b>
➤	<b>ANEXOS .....</b>	<b>31</b>

### ➤ Agradecimientos

Agradecemos a todos los profesores y compañeros que me han brindado su apoyo y conocimientos a lo largo de nuestra carrera. En especial, queremos expresar nuestra mayor gratitud al Pedro Pablo cuyo asesoramiento y orientación han sido fundamentales para la realización de este proyecto. Agradecemos también a los profesionales de la salud que han colaborado con sus conocimientos y experiencia, permitiendo que este proyecto sea una contribución significativa al campo de la rehabilitación.

Un agradecimiento especial a nuestros amigos, quienes siempre estuvieron allí para ofrecer palabras de aliento y apoyo moral en los momentos difíciles. Finalmente, agradecemos a nuestras familias por su apoyo incondicional, paciencia y comprensión durante todo este proceso. Sin su amor y respaldo, este logro no hubiera sido posible.

### ➤ **Dedicatoria**

Dedicamos este proyecto a nuestras familias y amigos, cuyo apoyo ha sido fundamental para alcanzar este logro. A nuestros padres, por inculcarnos el valor del esfuerzo y la perseverancia, y por su amor y apoyo incondicional en cada paso de nuestra formación académica y personal.

Dedicamos también este trabajo a los pacientes que luchan día a día por recuperar su salud y movilidad. Espero que este dispositivo contribuya a mejorar su calidad de vida y les brinde una esperanza renovada en su proceso de rehabilitación.

A nuestros compañeros de clase y amigos, que han compartido este camino con nosotros, gracias por su compañerismo y por los momentos de estudio y diversión que han hecho de estos años una experiencia inolvidable.

Finalmente, dedicamos este proyecto a todos los profesionales de la salud que se dedican a la rehabilitación y mejora de la calidad de vida de sus pacientes. Su trabajo y dedicación son una fuente de inspiración.

## ➤ Resumen

Este proyecto se centra en el desarrollo de un dispositivo mecatrónico diseñado para asistir en la rehabilitación de muñecas mediante terapias asistidas. El dispositivo permitirá la realización de ejercicios de movimiento repetitivos a diferentes velocidades, bajo la supervisión de un profesional de la salud. La tecnología incorporada en el dispositivo ofrecerá un control preciso de los movimientos, mejorando la efectividad de las terapias y optimizando el tiempo y recursos utilizados en las clínicas de rehabilitación. El dispositivo está diseñado para facilitar la recuperación de los pacientes, proporcionando ejercicios controlados en el rango de movimiento y la reducción del tiempo de recuperación. La metodología del proyecto incluye el diseño y desarrollo del hardware y software necesarios, así como pruebas iniciales con usuarios finales para evaluar la eficacia y usabilidad del dispositivo.

**Palabras clave:** rehabilitación, mecatrónica, muñeca, terapia asistida, dispositivo médico.

## ➤ Introducción

La rehabilitación de lesiones en la muñeca es un proceso crucial para la recuperación de la movilidad y la funcionalidad de la extremidad superior. Estas lesiones pueden resultar en una pérdida significativa de la capacidad funcional, afectando la calidad de vida de los pacientes e impidiendo la realización de actividades cotidianas y laborales. Las terapias tradicionales pueden ser lentas y requieren de sesiones intensivas con un terapeuta, lo que representa un desafío tanto para los pacientes como para los profesionales de la salud.

La implementación de dispositivos mecatrónicos en la rehabilitación ofrece una solución innovadora y efectiva. Estos dispositivos permiten un control preciso de los movimientos y pueden personalizarse según las necesidades específicas de cada paciente. Estudios recientes han demostrado que la tecnología asistida en la rehabilitación mejora significativamente los resultados terapéuticos y reduce el tiempo de recuperación.

Este proyecto propone el desarrollo de un dispositivo rehabilitador de muñecas que facilite la realización de ejercicios de movimiento repetitivos a diferentes velocidades, bajo la supervisión de un profesional de la salud. La tecnología incorporada en el dispositivo permitirá una terapia más efectiva y optimizará el uso del tiempo y los recursos en las clínicas de rehabilitación.

El trabajo está estructurado en varios capítulos. En el primero, se presenta la importancia y justificación del proyecto. El segundo capítulo plantea el problema y su relevancia. El tercer capítulo define el alcance y las limitaciones del proyecto. Los objetivos de la investigación y de la propuesta de solución se detallan en el cuarto capítulo. Finalmente, en el quinto capítulo, se describen las variables e indicadores utilizados para evaluar la efectividad del dispositivo.

### ➤ **Planteamiento del Problema**

Las lesiones de muñeca pueden resultar en una pérdida significativa de la funcionalidad de la mano y el brazo, afectando la calidad de vida de los pacientes. La rehabilitación tradicional puede ser lenta y requiere de sesiones intensivas con un terapeuta. Existe la necesidad de un dispositivo que pueda asistir en estas terapias, proporcionando ejercicios repetitivos y controlados que faciliten la recuperación.

### ➤ **Importancia y Justificación**

La implementación de un dispositivo mecatrónico en la rehabilitación de muñecas puede ofrecer beneficios significativos tanto para los pacientes como para los profesionales de la salud. Este proyecto es conveniente porque aborda una necesidad crítica en el campo de la rehabilitación: la mejora de la eficacia y eficiencia de las terapias para lesiones de muñeca.

**Relevancia social:** Las lesiones de muñeca afectan a una gran cantidad de personas, limitando su capacidad para realizar actividades diarias y laborales. Un dispositivo que facilite y acelere la rehabilitación tiene un impacto directo en la calidad de vida de estos individuos, permitiéndoles recuperar su funcionalidad más rápidamente y reintegrarse a sus actividades normales.

**Implicaciones prácticas:** El dispositivo propuesto permitirá a los profesionales de la salud ofrecer terapias más efectivas y personalizadas. Al reducir la necesidad de intervención manual constante por parte del terapeuta, se optimiza el uso del tiempo y los recursos en las clínicas de rehabilitación. Esto no solo mejora la eficiencia de los tratamientos, sino que también puede reducir costos asociados a la rehabilitación prolongada.

**Valor teórico:** Desde un punto de vista académico y científico, este proyecto contribuye al campo de la mecatrónica aplicada a la salud. Proporciona un ejemplo práctico de cómo la tecnología puede integrarse en los procesos de rehabilitación, ofreciendo un marco teórico que puede ser utilizado en investigaciones futuras y en el desarrollo de nuevos dispositivos.

**Utilidad metodológica:** El desarrollo de este dispositivo implica la aplicación de metodologías de diseño y prueba que pueden ser replicadas y mejoradas en otros contextos. La integración de hardware y software en un sistema mecatrónico para la salud puede servir de referencia para otros proyectos similares, ampliando el conocimiento en este campo.

**Beneficiarios:**

- **Directos:** Pacientes con lesiones de muñeca, quienes podrán beneficiarse de una terapia más efectiva y rápida, y los profesionales de la salud, quienes tendrán una herramienta avanzada para mejorar sus tratamientos.
- **Indirectos:** Familias de los pacientes, que verán una mejora en la calidad de vida de sus seres queridos, y las instituciones de salud, que podrán ofrecer mejores servicios y optimizar sus recursos.

En resumen, este proyecto no solo aborda una necesidad específica en el ámbito de la salud, sino que también ofrece un aporte significativo a la ciencia y tecnología aplicada, proporcionando beneficios tangibles a múltiples niveles de la sociedad.

➤ **Objetivos de la Investigación y de la Propuesta de Solución**

**Objetivo General:** Desarrollar un dispositivo mecatrónico que asista en la rehabilitación de muñecas mediante la realización de ejercicios de movimiento repetitivos a diferentes velocidades, bajo la supervisión de un profesional de la salud.

**Objetivos Específicos:**

- Diseñar y construir el hardware del dispositivo rehabilitador.



- Desarrollar el software que controle los movimientos y velocidades del dispositivo.
- Realizar pruebas iniciales con usuarios para evaluar la eficacia y usabilidad del dispositivo.

### ➤ Fundamentos Teóricos

#### Antecedentes Nacionales e Internacionales

##### Antecedentes Nacionales:

**López y García (2020):** En la Universidad Autónoma de Santo Domingo, López y García investigaron el desarrollo de un sistema robótico para la rehabilitación de muñecas. El objetivo fue diseñar y probar un prototipo que pudiera asistir en ejercicios de terapia física. La investigación fue de tipo exploratorio, con un enfoque cualitativo y cuantitativo. Los métodos utilizados incluyeron entrevistas con terapeutas y pruebas con pacientes. Los resultados indicaron que el sistema robótico mejoró la adherencia a los programas de rehabilitación. Los autores concluyeron que el uso de robótica en la rehabilitación ofrece ventajas significativas en términos de personalización y eficacia de los tratamientos.

##### Antecedentes Internacionales:

1. **Smith et al. (2018):** Smith y colaboradores en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) desarrollaron un exoesqueleto para la rehabilitación de muñecas. El objetivo fue diseñar un dispositivo que pudiera replicar los movimientos naturales de la muñeca y facilitar la recuperación de la función motora. La investigación fue de tipo experimental, con un enfoque cuantitativo.

2. **Kim et al. (2019):** En la Universidad de Seúl, Kim y su equipo desarrollaron un dispositivo portátil para la rehabilitación de muñecas. El objetivo fue crear un dispositivo ligero y fácil de usar que pudiera ser utilizado tanto en clínicas como en el hogar. La investigación fue de tipo descriptivo, con un enfoque cualitativo. Se realizaron encuestas y entrevistas con pacientes y terapeutas para evaluar la usabilidad y efectividad del dispositivo.

3. **Johnson y Patel (2020):** En la Universidad de Toronto, Johnson y Patel investigaron el desarrollo de un sistema de realidad virtual para la rehabilitación de muñecas. El objetivo fue evaluar si la realidad virtual podía aumentar la motivación y la participación de los pacientes en los programas de rehabilitación. La investigación fue de tipo experimental, con un enfoque mixto.

### **Teorías Relacionadas con el Tema**

**Teoría de la Neuro plasticidad (Ramachandran, 1993):** En el contexto de la rehabilitación de muñecas, esta teoría sugiere que la repetición de movimientos específicos y controlados mediante un dispositivo mecatrónico puede promover la reestructuración neural y la recuperación funcional de los pacientes.

**Teoría de la Biomecánica (Winter, 1990):** La biomecánica estudia las fuerzas y movimientos del cuerpo humano. Aplicada a la rehabilitación, esta teoría ayuda a entender cómo los movimientos de la muñeca pueden ser replicados y asistidos mediante dispositivos mecatrónicos para maximizar la eficiencia y seguridad de los ejercicios terapéuticos.

**Teoría del Control Motor (Schmidt, 1975):** Esta teoría explora cómo el sistema nervioso central controla el movimiento del cuerpo. En la rehabilitación, se aplica para diseñar dispositivos que puedan asistir y mejorar el control motor de la muñeca, utilizando sensores y actuadores que respondan a las necesidades específicas del paciente.

## Aspectos Conceptuales y Contextuales

### Conceptual:

- **Rehabilitación:** Proceso de recuperación de la funcionalidad y movilidad tras una lesión o enfermedad.
- **Mecatrónica:** Integración de mecánica, electrónica e informática para desarrollar sistemas inteligentes.
- **Dispositivo de Rehabilitación:** Aparato diseñado para asistir en la recuperación de la funcionalidad mediante ejercicios terapéuticos controlados.

**Contextual:** Este proyecto se desarrolla en el Instituto Tecnológico de Las Américas (ITLA) en Santo Domingo, República Dominicana. La entidad se destaca por su enfoque en la innovación tecnológica y su compromiso con la mejora de la calidad de vida a través de la tecnología. El dispositivo rehabilitador será diseñado y probado en un entorno académico y clínico, colaborando con profesionales de la salud para asegurar su efectividad y usabilidad.

### ➤ Marco Metodológico:

El presente capítulo describe la metodología utilizada en el desarrollo del dispositivo rehabilitador de muñecas. El objetivo de este capítulo es detallar los métodos,

técnicas y procedimientos empleados para llevar a cabo la investigación y el desarrollo del dispositivo. Se abordarán los aspectos relacionados con el tipo y enfoque de la investigación, el diseño del estudio, la población y muestra, los instrumentos de recolección de datos, y los métodos de análisis de los datos.

### ➤ Tipo de Investigación

Para el desarrollo del dispositivo rehabilitador de muñecas, la investigación se clasifica de la siguiente manera:

#### **Según el Nivel de Profundidad**

La investigación es **descriptiva**. Este tipo de investigación tiene como objetivo principal describir las características y el funcionamiento del dispositivo rehabilitador de muñecas, así como su efectividad en mejorar la movilidad y recuperación de los pacientes con lesiones de muñeca. Se enfoca en detallar las especificaciones técnicas del dispositivo, los procedimientos de uso y los resultados obtenidos tras su implementación.

#### **Según el Alcance Temporal**

La investigación es **transversal**. Los datos se recolectan en un único punto en el tiempo, evaluando la efectividad del dispositivo rehabilitador en una muestra de pacientes durante un periodo específico. Este enfoque permite analizar el impacto inmediato del dispositivo sin realizar un seguimiento a largo plazo.

### ➤ **Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación para el desarrollo del dispositivo rehabilitador de muñecas es de tipo **no experimental**. Este diseño se caracteriza por no manipular intencionalmente las variables independientes, sino observar y analizar las variables tal como ocurren en su entorno natural. La investigación se centra en evaluar la efectividad del dispositivo rehabilitador sin la intervención directa del investigador en la asignación de los participantes a diferentes grupos o la manipulación de variables específicas.

### **Razonamiento del Diseño No Experimental**

1. **Observación Natural:** La investigación se lleva a cabo en un entorno clínico real, donde los pacientes utilizan el dispositivo rehabilitador durante sus sesiones de terapia habituales. No se crean condiciones artificiales ni se manipulan variables independientes de manera controlada, como se haría en un laboratorio.
2. **Ausencia de Grupos de Control y Experimental:** No se forman grupos experimentales y de control aleatorios. Todos los participantes en la investigación son pacientes que utilizan el dispositivo como parte de su tratamiento regular, sin la creación de un grupo de control separado para comparar resultados.
3. **Recolección de Datos en Situaciones Reales:** Los datos se recogen directamente de las sesiones de terapia en las clínicas de rehabilitación, utilizando cuestionarios, pruebas de movilidad y entrevistas para evaluar la efectividad del dispositivo en mejorar la función de la muñeca y la satisfacción del paciente.
4. **Análisis Descriptivo y Relacional:** El análisis de los datos se centra en describir las características y resultados del uso del dispositivo, así como en explorar las

relaciones entre las variables observadas (por ejemplo, mejoras en la movilidad y percepción del paciente). No se realiza manipulación directa de variables ni se implementan procedimientos aleatorios para la asignación de grupos.

### ➤ **Método, Técnicas e Instrumentos**

#### **Métodos**

Para el desarrollo del dispositivo rehabilitador de muñecas, se emplean los siguientes métodos:

- **Método Inductivo:** Este método se utiliza para analizar los datos recolectados de los pacientes y terapeutas. A partir de las observaciones y la información obtenida, se generan conclusiones sobre la efectividad del dispositivo en la rehabilitación de muñecas.
- **Método Empírico:** Se centra en la recolección de datos a través de la observación directa y la experimentación. Se realizan pruebas de movilidad en pacientes antes y después de utilizar el dispositivo, midiendo así su impacto en la funcionalidad de la muñeca.

#### **Técnicas**

Las siguientes técnicas son utilizadas para la recolección de datos en la investigación:

- **Encuestas:** Se diseñan cuestionarios para que los pacientes evalúen su experiencia con el dispositivo rehabilitador. Las encuestas incluyen preguntas sobre la facilidad de uso, la comodidad y la percepción de mejora en su movilidad.

- **Entrevistas Semi-estructuradas:** Se realizan entrevistas con los terapeutas encargados de la rehabilitación. Estas entrevistas buscan obtener información detallada sobre la usabilidad del dispositivo y su efectividad en los tratamientos.
- **Pruebas de Movilidad:** Se llevan a cabo evaluaciones antes y después del uso del dispositivo para medir cambios en la movilidad de la muñeca. Se utilizan escalas y test estandarizados como el Test de Alcance Funcional y el Test de Agarre de Jamar.

## **Instrumentos**

Los instrumentos utilizados para llevar a cabo la recolección de datos son:

- **Instrumentos de Medición de Movilidad:** Se utilizan herramientas como goniómetros y dinamómetros para medir con precisión el rango de movimiento y la fuerza de la muñeca de los pacientes, antes y después del uso del dispositivo.
- **Registro de Observaciones:** Se lleva un registro de las observaciones realizadas durante las sesiones de terapia, documentando el comportamiento de los pacientes al utilizar el dispositivo, así como su interacción con los terapeutas.

## ➤ **Población**

### **Descripción de la Población**

La población de este estudio está conformada por pacientes con lesiones de muñeca y terapeutas físicos especializados en rehabilitación, ubicados en diversas clínicas de rehabilitación en Santo Domingo.

### **3Pacientes**

- **Criterios de Selección:**

- Pacientes con diagnóstico médico de lesiones en la muñeca, tales como esguinces, fracturas, tendinitis o síndrome del túnel carpiano.
- Pacientes que se encuentren en la fase de rehabilitación post-lesión.
- Pacientes mayores de 18 años.

- **Ubicación:**

- Las clínicas de rehabilitación seleccionadas se encuentran en distintas áreas de Santo Domingo, facilitando una muestra representativa de la población urbana de la ciudad.

- **Periodo de Investigación:**

- La recolección de datos se llevará a cabo durante un período de seis meses, desde agosto de 2024 hasta enero de 2025, asegurando suficiente tiempo para observar los efectos del dispositivo rehabilitador.

### **Terapeutas Físicos**

- **Criterios de Selección:**

- Terapeutas que trabajen en las clínicas de rehabilitación seleccionadas para el estudio.

- **Ubicación:**

- Los terapeutas se encuentran en las mismas clínicas de rehabilitación en Santo Domingo, donde se llevarán a cabo las pruebas y observaciones con los pacientes.



- **Periodo de Investigación:**

- Al igual que con los pacientes, la recolección de datos de los terapeutas se realizará durante el mismo período de seis meses, desde agosto de 2024 hasta enero de 2025.

➤ **Muestra**

Para llevar a cabo la investigación sobre el dispositivo rehabilitador de muñecas, se ha seleccionado una muestra representativa de la población terapeutas.

### **Terapeutas Físicos**

- **Total de Terapeutas:** 10
  - Los terapeutas participantes tienen experiencia en la rehabilitación de lesiones de muñeca y trabajan en las clínicas seleccionadas para el estudio.
  - Se incluyen terapeutas con diferentes años de experiencia y especialidades dentro del campo de la fisioterapia, proporcionando una perspectiva amplia sobre la usabilidad del dispositivo.

### **Detalle de la Muestra**

#### **Terapeutas Físicos:**

- **Experiencia:** De 2 a 20 años de experiencia en rehabilitación de muñeca.
- **Especialidad:** Diversas especialidades dentro de la fisioterapia, incluyendo ortopedia y terapia manual.

## Selección de la Muestra

La muestra fue seleccionada utilizando un muestreo intencional, asegurando la inclusión de terapeutas que cumplan con los criterios de selección previamente establecidos. Este método garantiza que los participantes tienen las características necesarias para proporcionar datos relevantes y útiles para la investigación.

### ➤ Tipo de Muestreo

Para la investigación del dispositivo rehabilitador de muñecas, se ha decidido utilizar un muestreo no probabilístico. Este tipo de muestreo se selecciona debido a la naturaleza específica de la población objetivo y la necesidad de incluir sujetos que cumplan con criterios particulares de elegibilidad, como el tipo de lesión y la disponibilidad para participar en el estudio.

La técnica de muestreo utilizada es **no aleatoria por conveniencia**. Este enfoque se considera adecuado para esta investigación por las siguientes razones:

- **Accesibilidad y Disponibilidad:** Los pacientes y terapeutas son seleccionados en función de su accesibilidad y disponibilidad para participar en el estudio, facilitando la logística de recolección de datos en las clínicas de rehabilitación.
- **Criterios Específicos:** Se eligen participantes que cumplen con criterios específicos relevantes para la investigación, como tener una lesión de muñeca en proceso de rehabilitación y estar bajo tratamiento en las clínicas seleccionadas.

- **Colaboración Voluntaria:** La técnica permite la inclusión de individuos dispuestos a colaborar voluntariamente, lo cual es crucial para asegurar la calidad y cantidad de datos recolectados.

### **Justificación del Muestreo No Probabilístico**

El uso de un muestreo no probabilístico por conveniencia es justificado en este estudio por las siguientes razones:

- **Especialización del Grupo de Estudio:** La investigación se enfoca en una población específica de pacientes con lesiones de muñeca y terapeutas especializados, que no es fácilmente accesible mediante técnicas probabilísticas.
- **Eficiencia en la Recolección de Datos:** Esta técnica permite una recolección de datos más eficiente y manejable, dado el tiempo y recursos disponibles para la investigación.
- **Pertinencia de los Datos:** Asegura que los datos recolectados sean pertinentes y directamente aplicables a los objetivos de la investigación, al seleccionar participantes que se alineen estrechamente con los criterios de estudio.

### ➤ **Instrumentos**

Para la investigación sobre el dispositivo rehabilitador de muñecas, se utilizarán los siguientes instrumentos:

#### **1. Cuestionario a profesionales en el área de rehabilitación**

Evaluar la percepción y opinión de los profesionales sobre la usabilidad, efectividad y mejoras necesarias del dispositivo rehabilitador de muñecas. Preguntas sobre la facilidad de uso, percepción de la efectividad terapéutica, posibles mejoras,

y recomendaciones para la integración del dispositivo en programas de rehabilitación.

### **Análisis de Datos**

**Cuantitativo:** Analizar los datos obtenidos del cuestionario utilizando métodos estadísticos para identificar patrones y tendencias en las respuestas de los terapeutas.

**Cualitativo:** Incluir secciones abiertas en el cuestionario para comentarios adicionales, permitiendo un análisis cualitativo de las sugerencias y observaciones de los terapeutas.

### **Conclusiones y Recomendaciones**

**Redacción del Informe Final:** Integrar los hallazgos cuantitativos y cualitativos para proporcionar una evaluación integral del dispositivo rehabilitador de muñecas.

**Recomendaciones:** Desarrollar recomendaciones basadas en los resultados para futuras mejoras del dispositivo y su implementación en programas de rehabilitación.

Los criterios de inclusión y exclusión tomados en cuenta para la investigación sobre el dispositivo rehabilitador de muñecas son los siguientes:

### **Criterios de Inclusión**

a. Terapeutas y profesionales de la rehabilitación con experiencia en el tratamiento de lesiones de muñeca. b. Profesionales que trabajen en clínicas de rehabilitación con acceso a pacientes que utilizan el dispositivo rehabilitador de muñecas. c. Profesionales dispuestos a participar en la evaluación y brindar retroalimentación sobre el dispositivo.

### **Criterios de Exclusión**

a. Terapeutas sin experiencia en el tratamiento de lesiones de muñeca. b. Profesionales que no trabajan directamente en el área de rehabilitación física. c. Profesionales que no están dispuestos a utilizar el dispositivo o a participar en la investigación.

### **Aspectos Éticos de la Investigación**

#### **Consentimiento Informado**

Es esencial obtener el consentimiento informado de los terapeutas y profesionales que participen en el estudio. Esto incluye proporcionar información clara y completa sobre el propósito de la investigación, los procedimientos, los beneficios y los posibles riesgos.

#### **Confidencialidad y Privacidad**

Se implementarán medidas estrictas para proteger la confidencialidad y privacidad de la información proporcionada por los participantes. Todos los datos personales y profesionales serán manejados con total discreción y se almacenarán de manera segura.

## **Equidad**

El reclutamiento de los participantes será equitativo y justo, evitando cualquier tipo de discriminación por edad, género, etnia u otros factores. Todos los profesionales que cumplan con los criterios de inclusión tendrán la misma oportunidad de participar.

## **Transparencia**

Se mantendrá la transparencia y la honestidad en todas las etapas de la investigación. Se proporcionará información completa y precisa sobre los objetivos, métodos, riesgos y resultados de la investigación a todos los participantes. Además, se garantizará que los resultados de la investigación sean accesibles y comprensibles para los participantes y otras partes interesadas.

### **➤ Resultados de la Investigación**

Los resultados obtenidos con este proyecto fueron la exitosa implementación de un dispositivo rehabilitador de muñecas, diseñado para asistir en la terapia de pacientes con lesiones de muñeca. El dispositivo permite realizar movimientos repetitivos de manera controlada y ajustable en velocidad, bajo la supervisión de un profesional de la rehabilitación.

A través de la investigación y la revisión de estudios médicos sobre dispositivos similares, se verificó que la tecnología aplicada en el dispositivo rehabilitador es efectiva en el tratamiento de lesiones de muñeca. Estudios realizados por instituciones reconocidas, como el Instituto Universitario de Ciencias de la Salud, Fundación Barceló, Buenos Aires, Argentina, respaldan la efectividad de dispositivos de rehabilitación en la mejora de la movilidad y la reducción del dolor en pacientes con lesiones similares.

El dispositivo fue desarrollado considerando los siguientes aspectos clave:

- **Usabilidad:** Se diseñó una interfaz de usuario intuitiva para que los terapeutas puedan configurar fácilmente los parámetros del dispositivo, como la velocidad y el rango de movimiento.
- **Seguridad:** El dispositivo cuenta con mecanismos de seguridad para evitar movimientos bruscos o fuera del rango permitido, protegiendo así la integridad del paciente.
- **Eficiencia Terapéutica:** Basado en la literatura existente, se espera que el dispositivo mejore significativamente la rehabilitación de la muñeca, similar a los resultados observados en otros estudios de dispositivos de compresión neumática utilizados para tratar problemas venosos.

En resumen, los resultados de esta investigación, aunque preliminares y centrados en la fase de desarrollo e implementación, muestran una prometedora aplicación del dispositivo rehabilitador de muñecas. Se basan en estudios previos que indican un alto potencial de éxito en la mejora de la movilidad y la reducción del dolor en pacientes con lesiones de muñeca. La fase actual del proyecto se encuentra en la fabricación e implementación del dispositivo, y las pruebas con pacientes se realizarán en etapas posteriores.

### ➤ **Justificación de la Propuesta**

Nuestra justificación se basa en que, aunque existen dispositivos de rehabilitación de muñecas en el mercado, su uso no está ampliamente difundido debido a su alto costo. La mayoría de las clínicas y hospitales prefieren métodos más económicos, como la terapia manual, a pesar de que estos no siempre ofrecen los mejores resultados en términos de eficiencia y recuperación.

Estudios realizados por el Instituto Universitario de Ciencias de la Salud, Fundación Barceló, en Buenos Aires, han demostrado que dispositivos de rehabilitación mecánica, como los sistemas de compresión neumática, son más efectivos en ciertos tratamientos comparados con métodos tradicionales. Por ejemplo, en tratamientos de úlceras venosas, se ha encontrado una mayor cicatrización con compresión neumática en comparación con las medias de compresión.

Esto sugiere que si diseñamos y producimos un dispositivo rehabilitador de muñecas que sea asequible y accesible para hospitales y clínicas, podríamos mejorar significativamente los tratamientos de rehabilitación de muñecas. Un dispositivo económico y eficaz permitiría a más instituciones de salud adoptar esta tecnología, lo que a su vez mejoraría la recuperación de los pacientes y reduciría el tiempo necesario para alcanzar una movilidad funcional completa.

Además, el desarrollo de este dispositivo contribuiría al campo de la rehabilitación física al proporcionar una herramienta avanzada que puede ser utilizada tanto en entornos clínicos como en el hogar bajo la supervisión de un profesional. Esto no solo ampliaría las opciones de tratamiento disponibles para los pacientes, sino que también aumentaría la



eficiencia y efectividad de los programas de rehabilitación, permitiendo una recuperación más rápida y sostenible.

En conclusión, la creación de un dispositivo rehabilitador de muñecas accesible y de bajo costo no solo facilitará un mejor acceso a tecnologías avanzadas de rehabilitación, sino que también mejorará los resultados de los tratamientos, beneficiando tanto a los pacientes como a las instituciones de salud.

### ➤ **Conclusión**

En conclusión, el desarrollo del dispositivo rehabilitador de muñecas representa un avance significativo en el campo de la rehabilitación física, específicamente en el tratamiento de lesiones de muñeca. Este proyecto se alinea con los objetivos planteados al inicio de la investigación, los cuales buscaban diseñar, implementar y evaluar un dispositivo que no solo sea efectivo en la recuperación de la movilidad y reducción del dolor en los pacientes, sino que también sea accesible y asequible para una amplia gama de instituciones de salud.

A través de una revisión exhaustiva de la literatura y estudios previos sobre dispositivos similares, se ha confirmado la eficacia de la tecnología de compresión neumática y su potencial aplicación en la rehabilitación de muñecas. Los resultados preliminares de este proyecto indican que el dispositivo desarrollado tiene el potencial de mejorar significativamente los tratamientos de rehabilitación, proporcionando una herramienta eficaz para los terapeutas y aumentando las posibilidades de una recuperación exitosa para los pacientes.

Además, la justificación del proyecto se ha visto reforzada por la necesidad de soluciones económicas y eficientes en el mercado de la rehabilitación. El dispositivo propuesto no solo promete superar las limitaciones de los métodos tradicionales, sino que también ofrece una alternativa viable y mejorada en términos de rendimiento y accesibilidad.

En resumen, el proyecto del dispositivo rehabilitador de muñecas ha cumplido con los objetivos establecidos, demostrando su potencial para mejorar la calidad de los tratamientos de rehabilitación y beneficiar tanto a los profesionales de la salud como a los pacientes. La implementación de este dispositivo podría marcar una diferencia significativa en el campo de la rehabilitación, ofreciendo una herramienta avanzada y accesible que optimiza la recuperación funcional de los pacientes con lesiones de muñeca.

#### ➤ **Recomendaciones**

**Implementación y Pruebas Clínicas:** Se recomienda llevar a cabo pruebas clínicas exhaustivas con un grupo de pacientes para evaluar la efectividad y seguridad del dispositivo en entornos reales de rehabilitación. Estas pruebas permitirán obtener datos empíricos que pueden validar los resultados preliminares y ofrecer insights sobre posibles mejoras en el diseño y funcionalidad del dispositivo.

**Capacitación de Profesionales de la Salud:** Es crucial desarrollar programas de capacitación para los terapeutas y profesionales de la salud que utilizarán el dispositivo. La formación adecuada garantizará que el dispositivo se utilice de manera óptima y segura, maximizando los beneficios para los pacientes.

**Mejoras Continuas en el Diseño:** Basándose en los comentarios y resultados de las pruebas clínicas, se recomienda realizar mejoras continuas en el diseño del dispositivo. Esto incluye ajustes en la interfaz de usuario, la ergonomía del dispositivo, y la incorporación de nuevas funciones que puedan surgir de la retroalimentación de los usuarios.

**Investigación y Desarrollo Adicional:** Se sugiere continuar con la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y metodologías que puedan ser integradas en el dispositivo rehabilitador de muñecas. La innovación constante es clave para mantener la relevancia y efectividad del dispositivo en un campo en constante evolución como es la rehabilitación física.

**Evaluación de Costos y Accesibilidad:** Se debe realizar un análisis detallado de costos para asegurar que el dispositivo sea económicamente viable y accesible para una amplia gama de instituciones de salud. Explorar opciones de financiamiento y subsidios puede ayudar a reducir los costos para los hospitales y clínicas.

**Establecimiento de Protocolos de Uso:** Es fundamental desarrollar y estandarizar protocolos de uso del dispositivo en diferentes contextos clínicos. Estos protocolos deben incluir directrices sobre la configuración de parámetros, la frecuencia de uso, y las medidas de seguridad, asegurando un uso coherente y efectivo del dispositivo.

**Promoción y Difusión del Dispositivo:** Finalmente, se recomienda llevar a cabo campañas de promoción y difusión para dar a conocer los beneficios y las características del dispositivo rehabilitador de muñecas. Colaborar con asociaciones médicas y participar

en congresos de rehabilitación puede aumentar la visibilidad y adopción del dispositivo en la comunidad médica.

### ➤ Referencias y bibliografías

Boudarham, J., Pradon, D., Roche, N., Bensmail, D., Zory, R. (2014). Effects of physical therapy on gait performance and muscle strength after stroke: A randomized controlled trial. Journal of Rehabilitation Research and Development:

<https://medicaljournalssweden.se/jrm/article/view/15478>

Cabezas, F. J., Martínez, L., & Sánchez, M. (2018). Investigación experimental en rehabilitación física: Metodologías y resultados. Revista de Ciencias de la Salud

[https://issuu.com/upacifico2019/docs/vol.\\_4\\_n\\_m.\\_1\\_2022\\_revista\\_cient\\_fica\\_ciencias\\_d](https://issuu.com/upacifico2019/docs/vol._4_n_m._1_2022_revista_cient_fica_ciencias_d)

Chen, C., Neufeld, M. J., & Gambhir, S. S. (2016). Design and development of wearable rehabilitation devices for stroke patients. Biomedical Engineering Journal

[https://www.researchgate.net/publication/40451634\\_Design\\_and\\_Development\\_of\\_a\\_Hand\\_Robotic\\_Rehabilitation\\_Device\\_for\\_Post\\_Stroke\\_Patients](https://www.researchgate.net/publication/40451634_Design_and_Development_of_a_Hand_Robotic_Rehabilitation_Device_for_Post_Stroke_Patients)

Duffell, L. D., Gulati, V., & Southgate, D. F. L. (2015). Patient-specific knee rehabilitation using a wearable device. IEEE Transactions on Neural Systems and

Rehabilitation Engineering <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9880809/>

Giggins, O. M., & Caulfield, B. (2016). Wearable sensors for rehabilitation: Measuring motion and muscle activity in knee rehabilitation. Sensors,

16[https://www.researchgate.net/publication/322850090\\_A\\_Wearable\\_Sensor-](https://www.researchgate.net/publication/322850090_A_Wearable_Sensor-Based_Exercise_Biofeedback_System_Mixed_Methods_Evaluation_of_Formulift)

[Based\\_Exercise\\_Biofeedback\\_System\\_Mixed\\_Methods\\_Evaluation\\_of\\_Formulift](https://www.researchgate.net/publication/322850090_A_Wearable_Sensor-Based_Exercise_Biofeedback_System_Mixed_Methods_Evaluation_of_Formulift)

Hargrove, L. J., Simon, A. M., & Kuiken, T. A. (2014). Real-time myoelectric pattern recognition control for prosthetic hands: A comparison study. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering,

[https://www.researchgate.net/publication/310739740\\_A\\_Comparison\\_of\\_Pattern Re](https://www.researchgate.net/publication/310739740_A_Comparison_of_Pattern_Recognition_Control_and_Direct_Control_of_a_Multiple_Degree-of-Freedom_Transradial_Prosthesis)  
[cognition\\_Control\\_and\\_Direct\\_Control\\_of\\_a\\_Multiple\\_Degree-of-](https://www.researchgate.net/publication/310739740_A_Comparison_of_Pattern_Recognition_Control_and_Direct_Control_of_a_Multiple_Degree-of-Freedom_Transradial_Prosthesis)

[Freedom\\_Transradial\\_Prosthesis](https://www.researchgate.net/publication/310739740_A_Comparison_of_Pattern_Recognition_Control_and_Direct_Control_of_a_Multiple_Degree-of-Freedom_Transradial_Prosthesis)

Hurd, W. J., Morrow, M. M. B., & Kaufman, K. R. (2015). Wearable sensors for rehabilitation: Functionality and applications. Journal of Rehabilitation Research and Development, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6700726/>

Instituto Universitario de Ciencias de la Salud, Fundación Barceló, Buenos Aires.

(2017). Estudio sobre la eficacia de la compresión neumática en el tratamiento de úlceras venosas. Revista Argentina de Ciencias de la

Salud[https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1134-](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-928X2010000300006)

[928X2010000300006](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-928X2010000300006)

Johnson, M. J., Feng, X., Johnson, L. M., & Winters, J. M. (2018). Robotics and rehabilitation: Recent advances and future directions. Robotics and Autonomous Systems[https://www.researchgate.net/publication/365945127\\_Rehabilitation\\_Roboti](https://www.researchgate.net/publication/365945127_Rehabilitation_Robotics_History_Applications_and_Recent_Advances)  
[cs\\_History\\_Applications\\_and\\_Recent\\_Advances](https://www.researchgate.net/publication/365945127_Rehabilitation_Robotics_History_Applications_and_Recent_Advances)

Liggins, A. B., & Adams, J. H. (2017). The impact of wrist rehabilitation devices on recovery outcomes: A systematic review. Journal of Hand

Therapy <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9325203/>

Malek, S. (2019). Comparative study of wrist rehabilitation devices for improving joint function. International Journal of Rehabilitation Research

[https://www.researchgate.net/publication/356284381\\_A\\_Comparative\\_Analysis\\_of\\_Hand-Wrist\\_Rehabilitation\\_Devices](https://www.researchgate.net/publication/356284381_A_Comparative_Analysis_of_Hand-Wrist_Rehabilitation_Devices)

Martínez, P. (2016). Eficacia de la rehabilitación asistida por dispositivos en la recuperación de la movilidad de la muñeca. Revista de Terapia Física,

<https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/9093/139723.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pérez, J., & Ramos, E. (2015). Dispositivos de rehabilitación: Una revisión de su efectividad. Revista Médica de

Rehabilitación, [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2631-25812021000100135](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-25812021000100135)

Roberts, J., Wang, S. H., & Bi, Z. (2016). A wearable wrist rehabilitation device with variable resistance. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H:

Journal of Engineering in Medicine

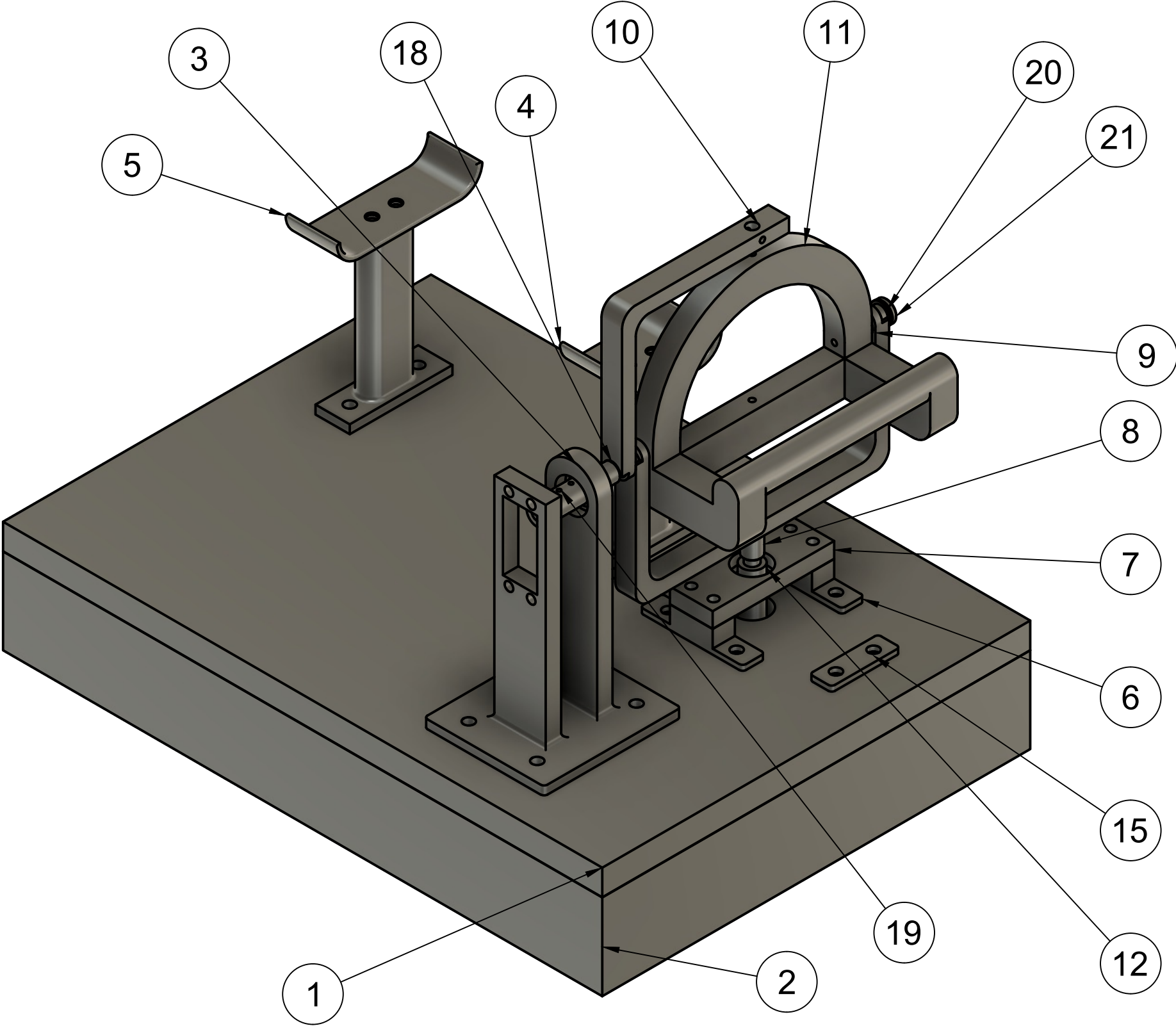
[https://www.researchgate.net/publication/300374952\\_Development\\_of\\_Wearable\\_Wrist\\_Rehabilitation\\_Device\\_Using\\_Flexible\\_Pneumatic\\_Cylinders](https://www.researchgate.net/publication/300374952_Development_of_Wearable_Wrist_Rehabilitation_Device_Using_Flexible_Pneumatic_Cylinders)



➤ **Anexos**

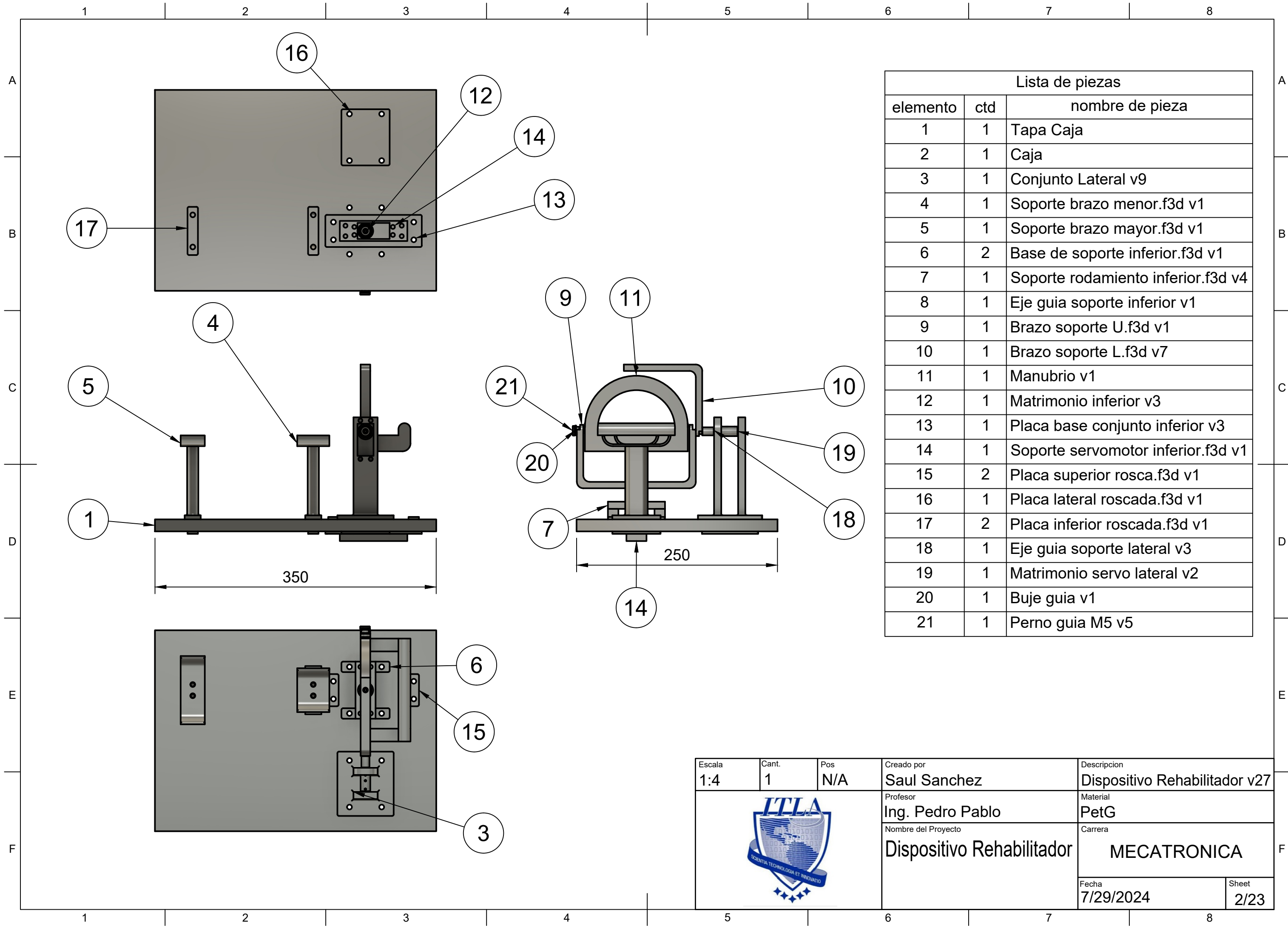
**Anexo 1**

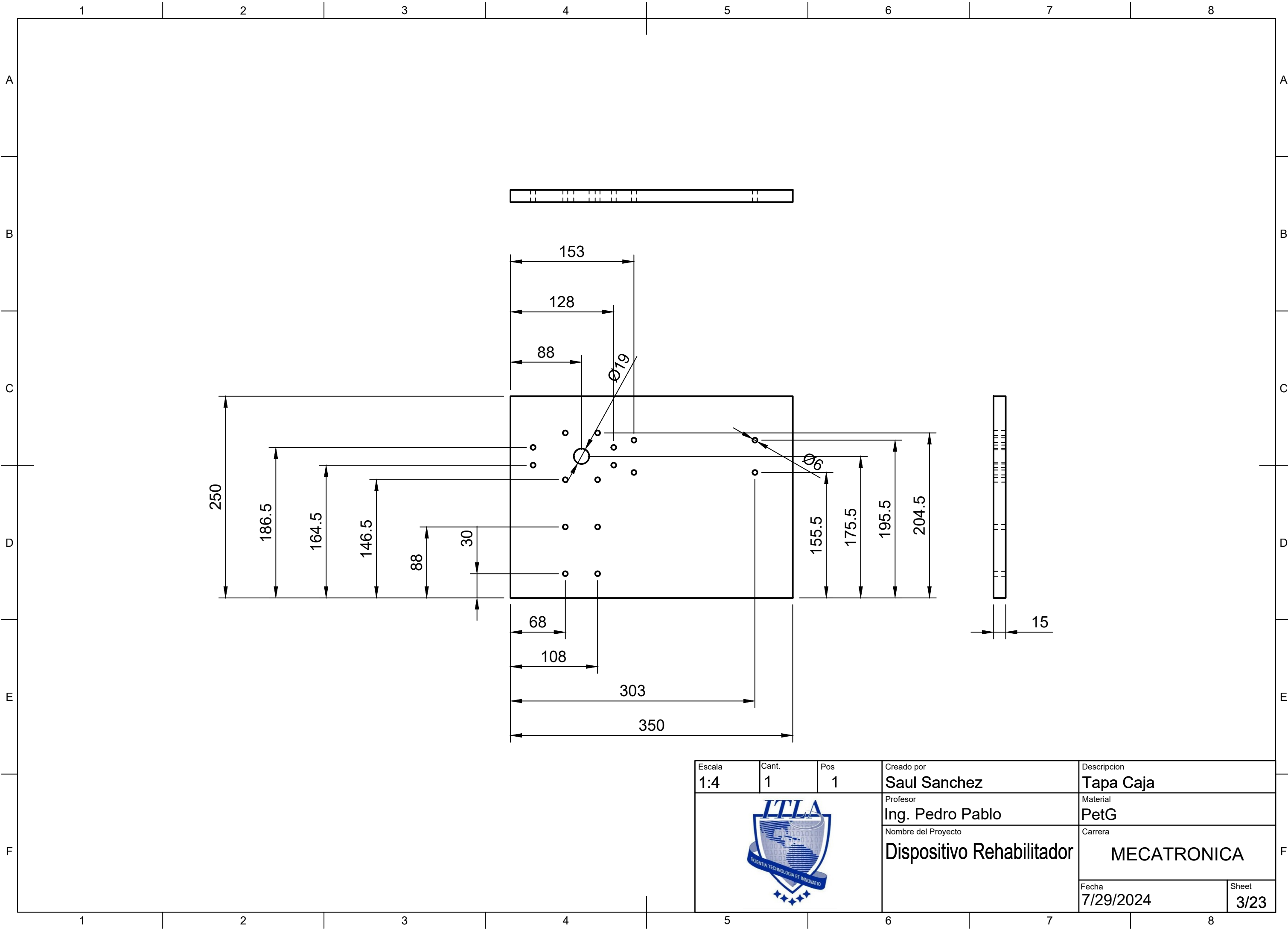
Lista de piezas		
elemento	ctd	nombre de pieza
1	1	Tapa Caja
2	1	Caja
3	1	Conjunto Lateral v9
4	1	Soporte brazo menor.f3d v1
5	1	Soporte brazo mayor.f3d v1
6	2	Base de soporte inferior.f3d v1
7	1	Soporte rodamiento inferior.f3d v4
8	1	Eje guia soporte inferior v1
9	1	Brazo soporte U.f3d v1
10	1	Brazo soporte L.f3d v7
11	1	Manubrio v1
12	1	Matrimonio inferior v3
13	1	Placa base conjunto inferior v3
14	1	Soporte servomotor inferior.f3d v1
15	2	Placa superior rosca.f3d v1
16	1	Placa lateral roscada.f3d v1
17	2	Placa inferior roscada.f3d v1
18	1	Eje guia soporte lateral v3
19	1	Matrimonio servo lateral v2
20	1	Buje guia v1
21	1	Perno guia M5 v5




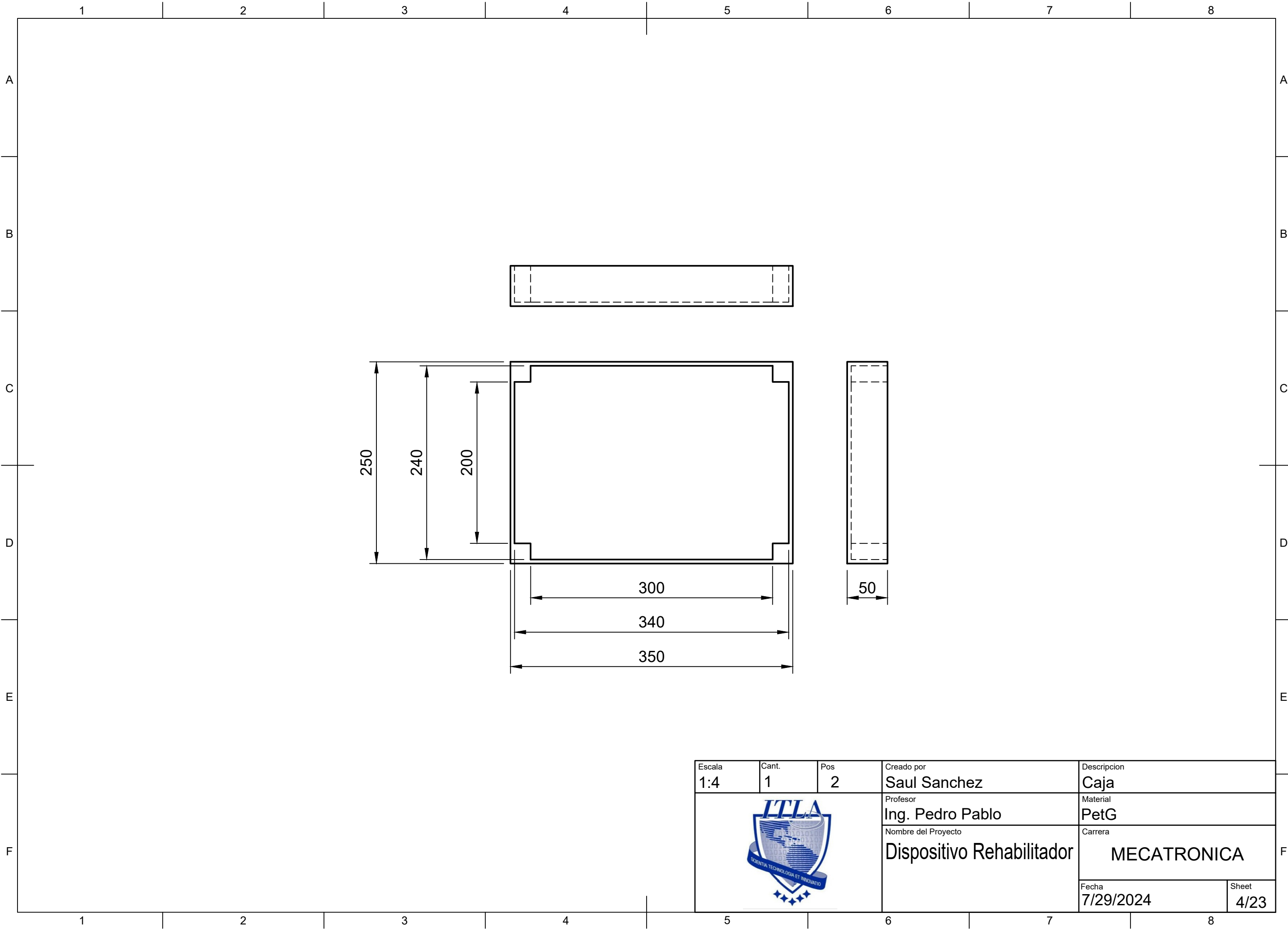
Escala 1:2	Cant. 1	Pos N/A	Creado por Saul Sanchez	Descripcion Dispositivo Rehabilitador v27	
			Profesor Ing. Pedro Pablo	Material PetG	
			Nombre del Proyecto Dispositivo Rehabilitador	Carrera MECATRONICA	
				Fecha 7/29/2024	Sheet 1/23

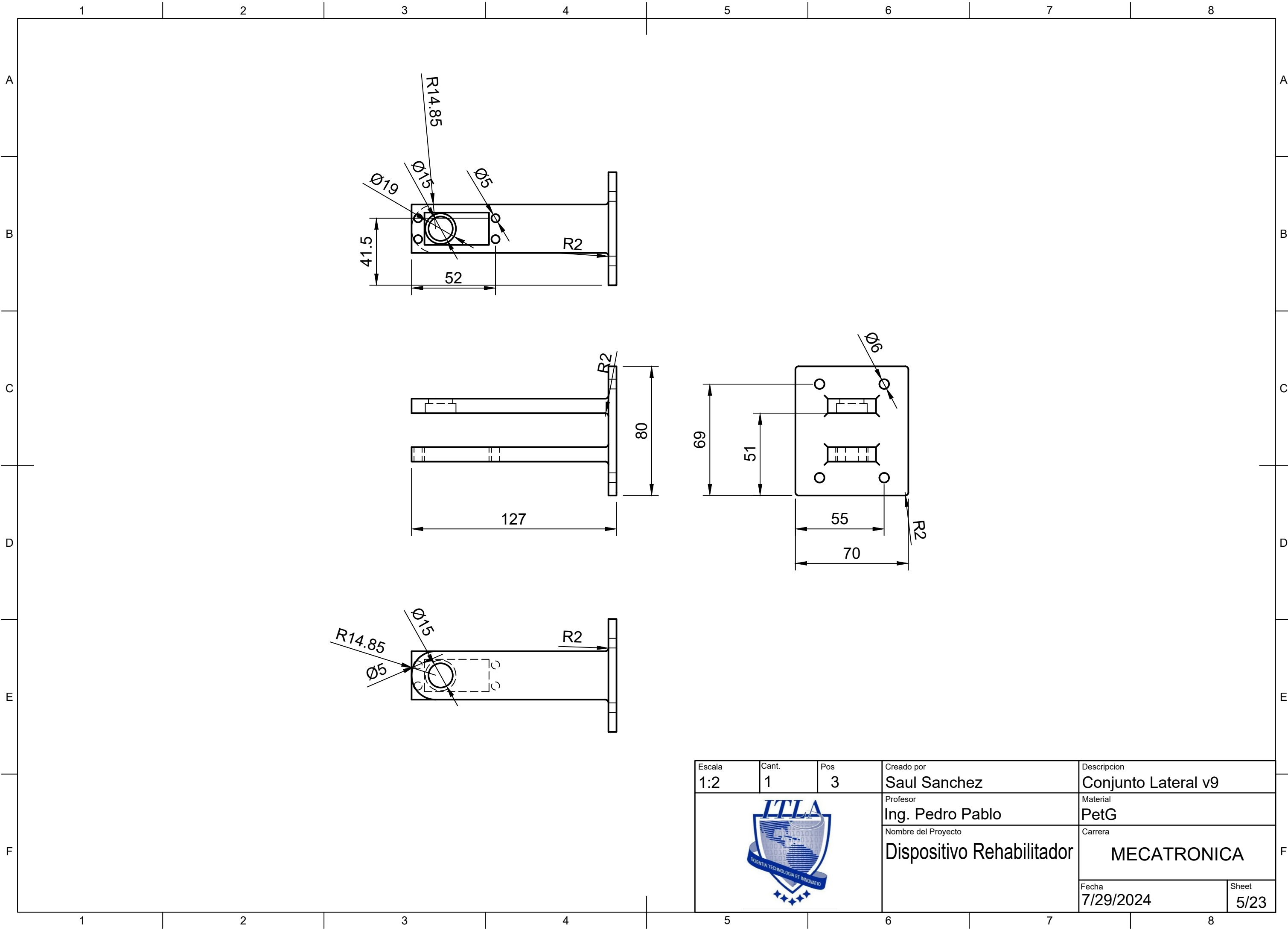





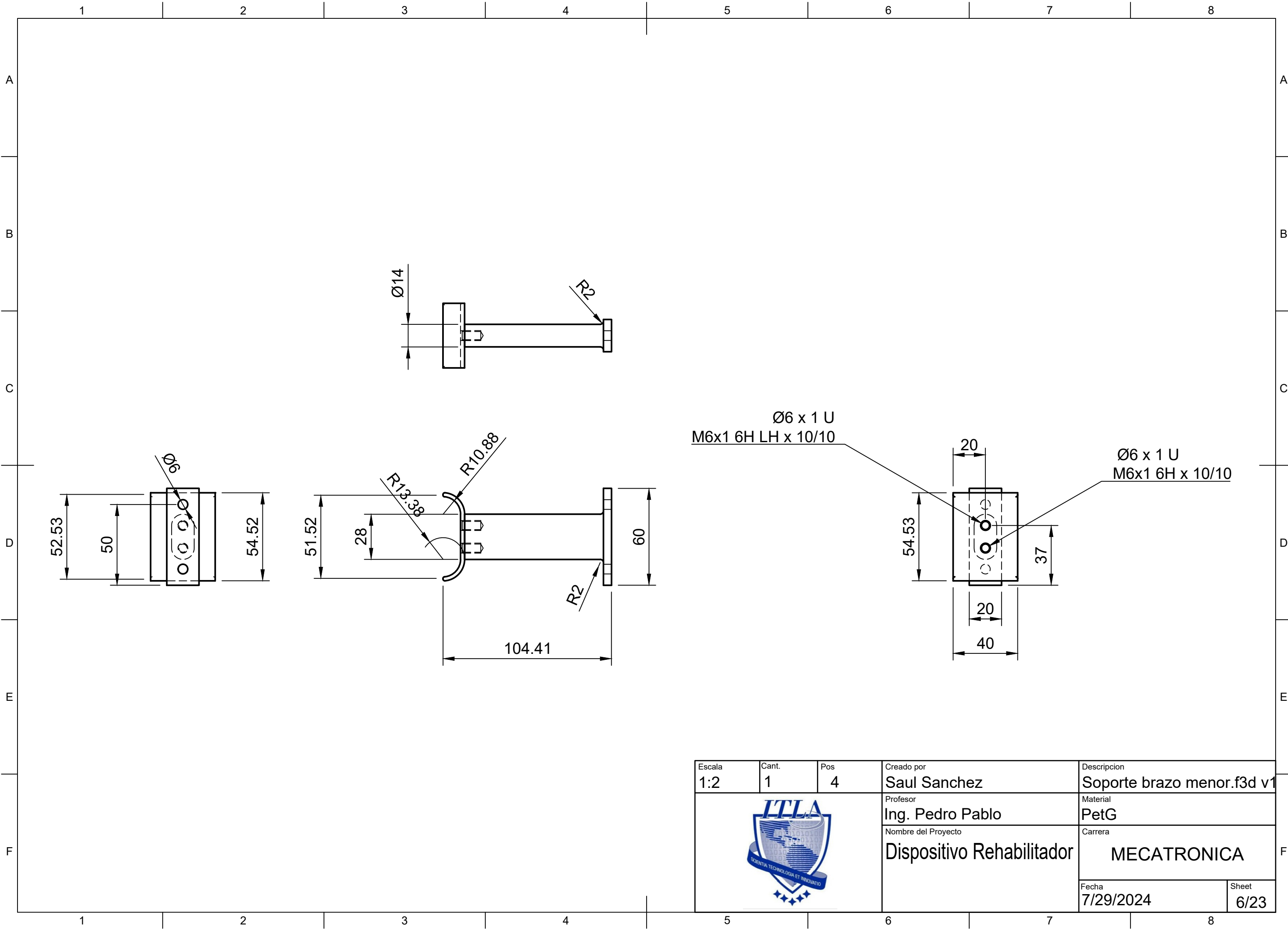



Escala 1:4	Cant. 1	Pos 1	Creado por Saul Sanchez	Descripcion Tapa Caja	
			Profesor Ing. Pedro Pablo	Material PetG	
			Nombre del Proyecto Dispositivo Rehabilitador	Carrera MECATRONICA	
				Fecha 7/29/2024	Sheet 3/23

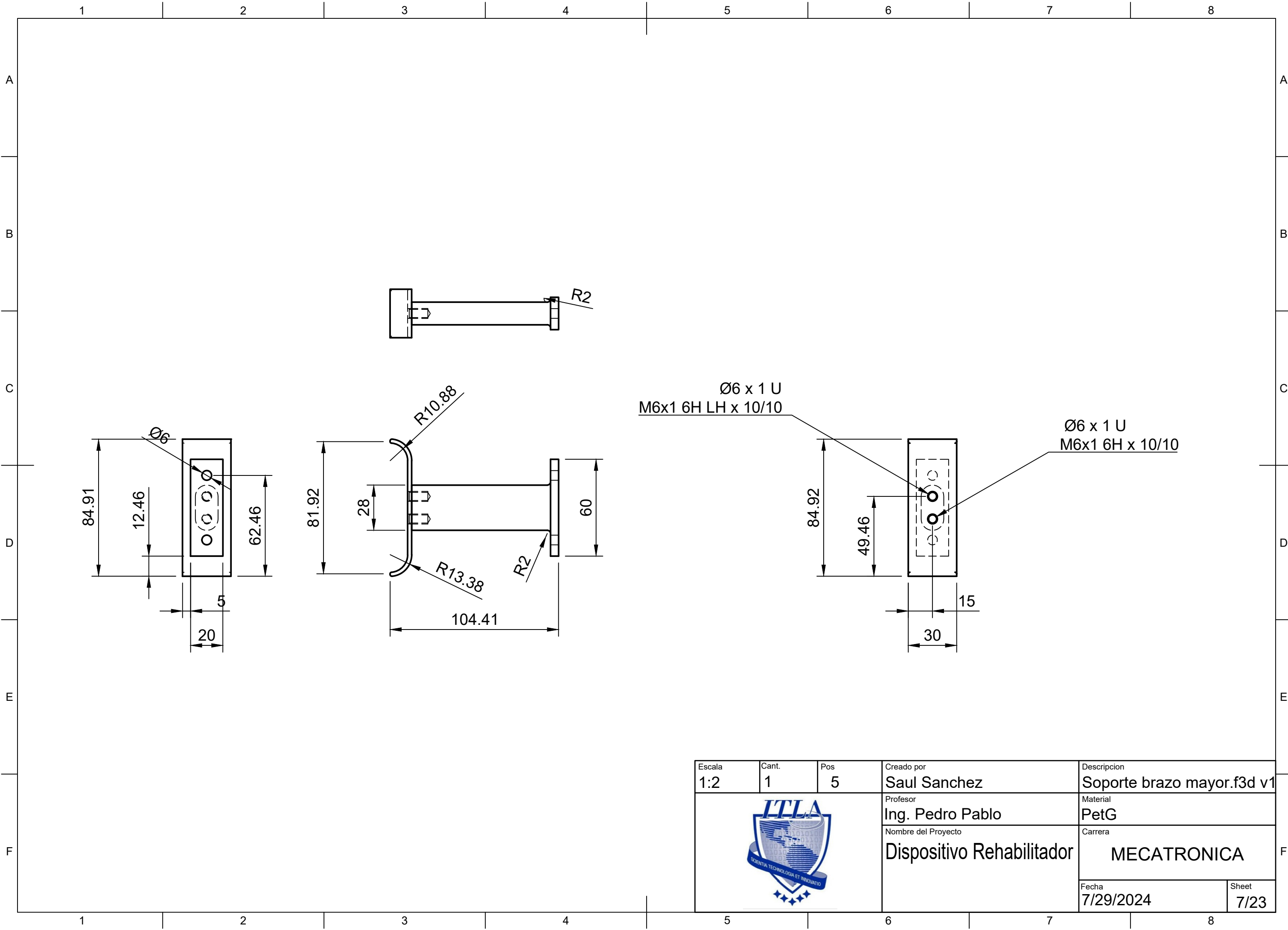





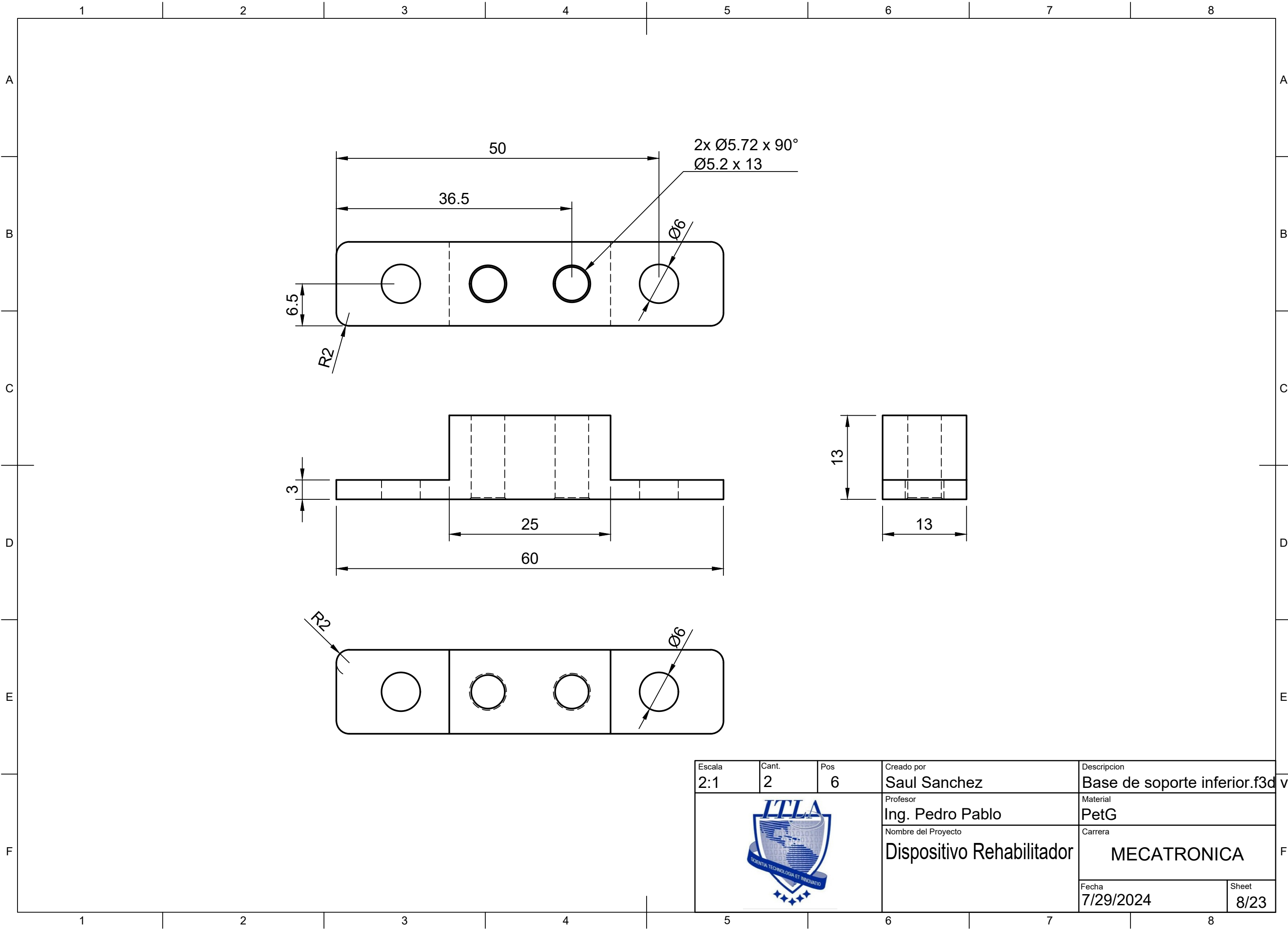
Escala 1:2	Cant. 1	Pos 3	Creado por Saul Sanchez	Descripcion Conjunto Lateral v9	
			Profesor Ing. Pedro Pablo	Material PetG	
			Nombre del Proyecto Dispositivo Rehabilitador	Carrera MECATRONICA	
				Fecha 7/29/2024	Sheet 5/23



Escala 1:2	Cant. 1	Pos 4	Creado por Saul Sanchez	Descripcion Soporte brazo menor.f3d v1	
			Profesor Ing. Pedro Pablo	Material PetG	
			Nombre del Proyecto Dispositivo Rehabilitador	Carrera MECATRONICA	
				Fecha 7/29/2024	Sheet 6/23



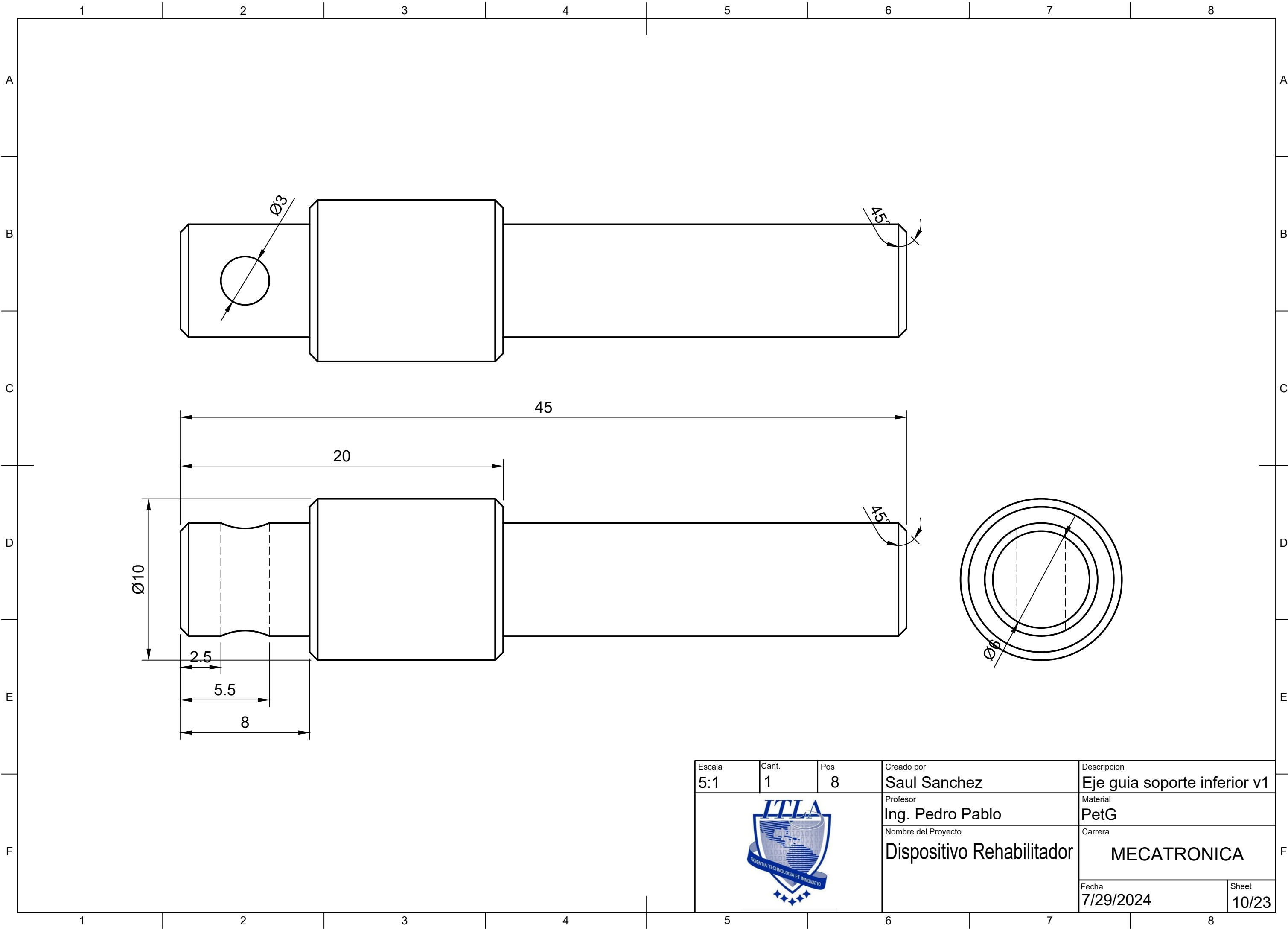
Escala	Cant.	Pos	Creado por	Descripcion
1:2	1	5	Saul Sanchez	Soporte brazo mayor.f3d v1
			Profesor	Material
			Ing. Pedro Pablo	PetG
			Nombre del Proyecto	Carrera
			Dispositivo Rehabilitador	MECATRONICA
			Fecha	Sheet
			7/29/2024	7/23




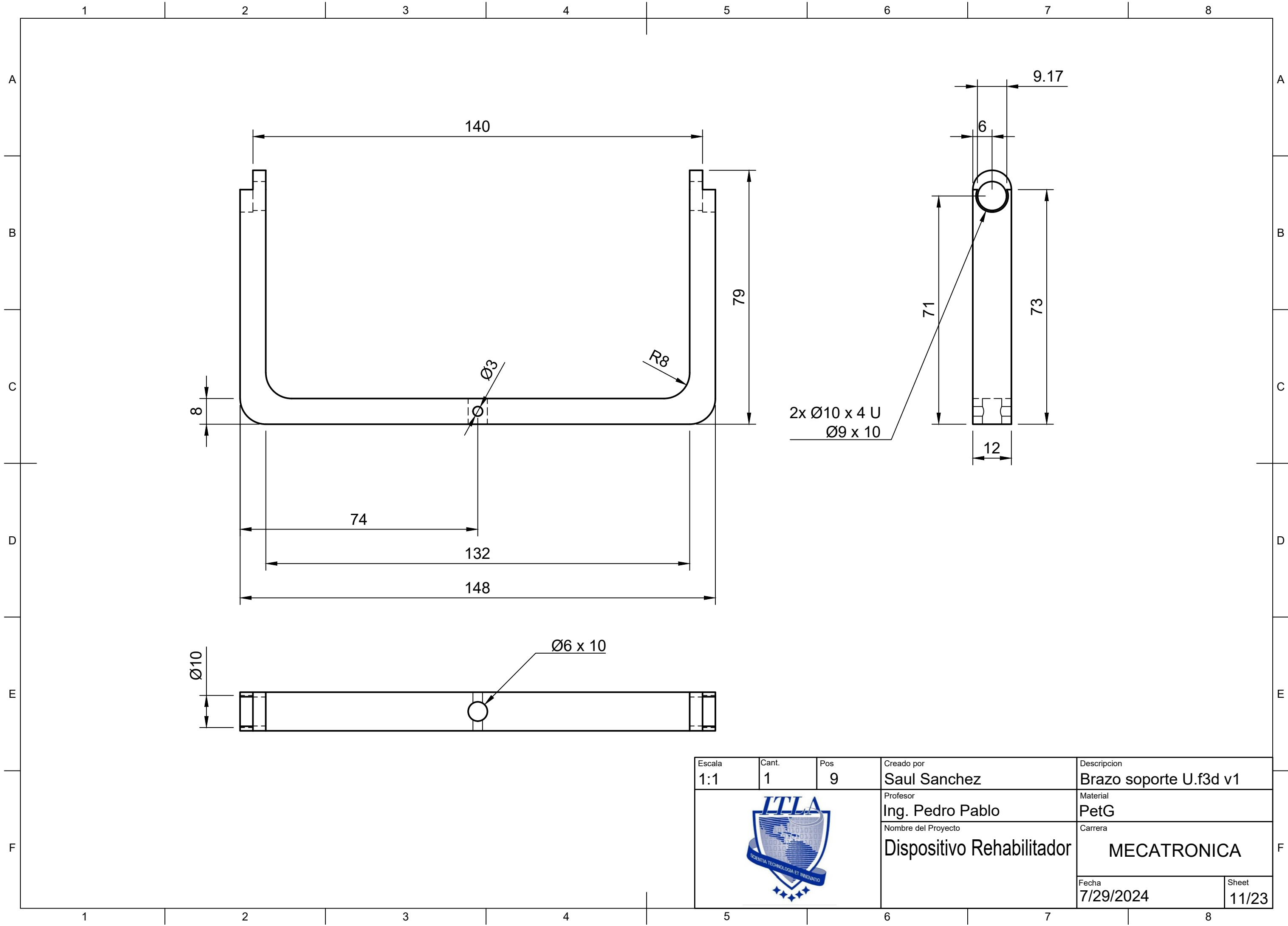
Escala 2:1	Cant. 2	Pos 6	Creado por Saul Sanchez	Descripcion Base de soporte inferior.f3d v1	
			Profesor Ing. Pedro Pablo	Material PetG	
			Nombre del Proyecto Dispositivo Rehabilitador	Carrera MECATRONICA	
				Fecha 7/29/2024	Sheet 8/23




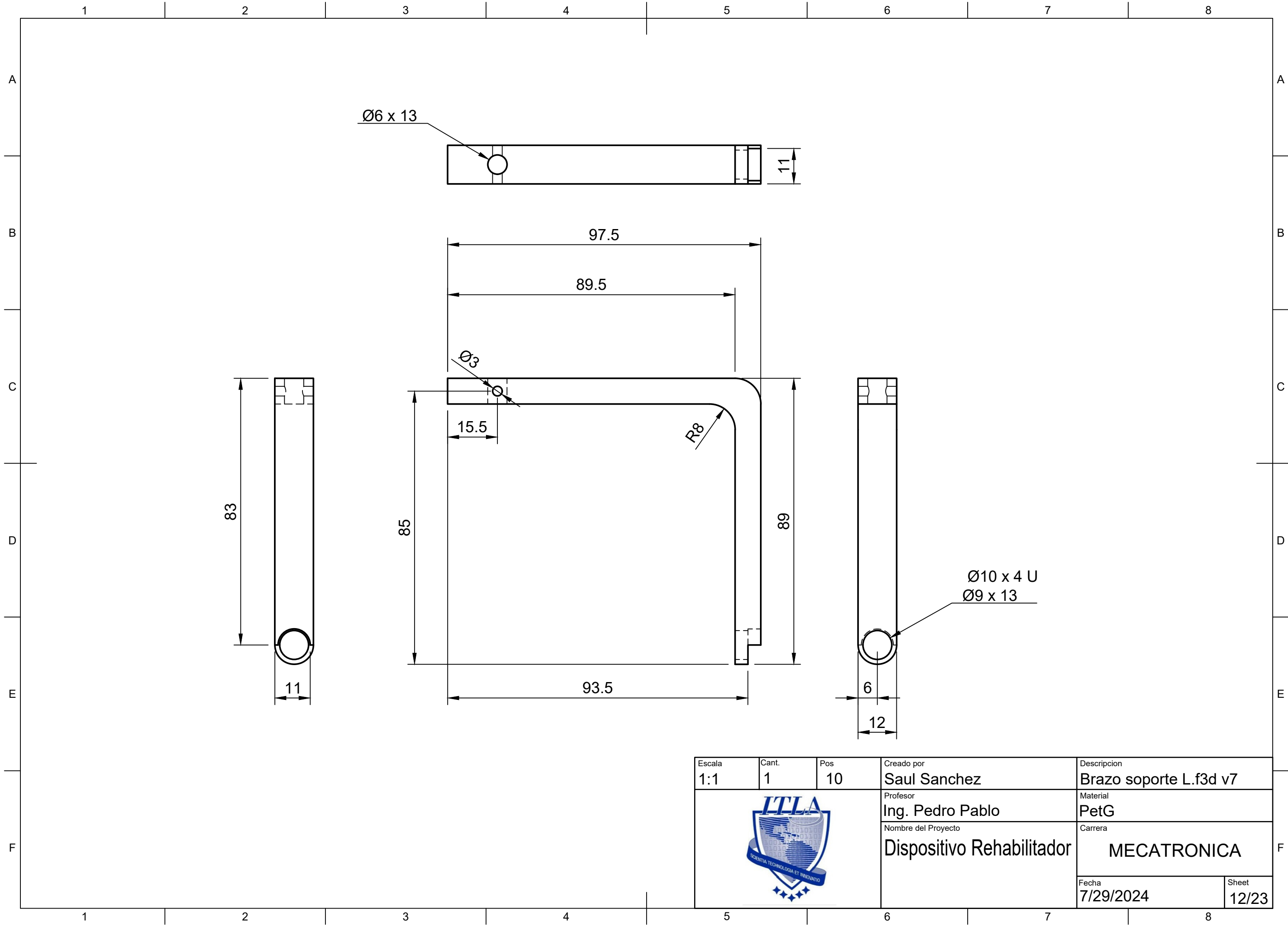


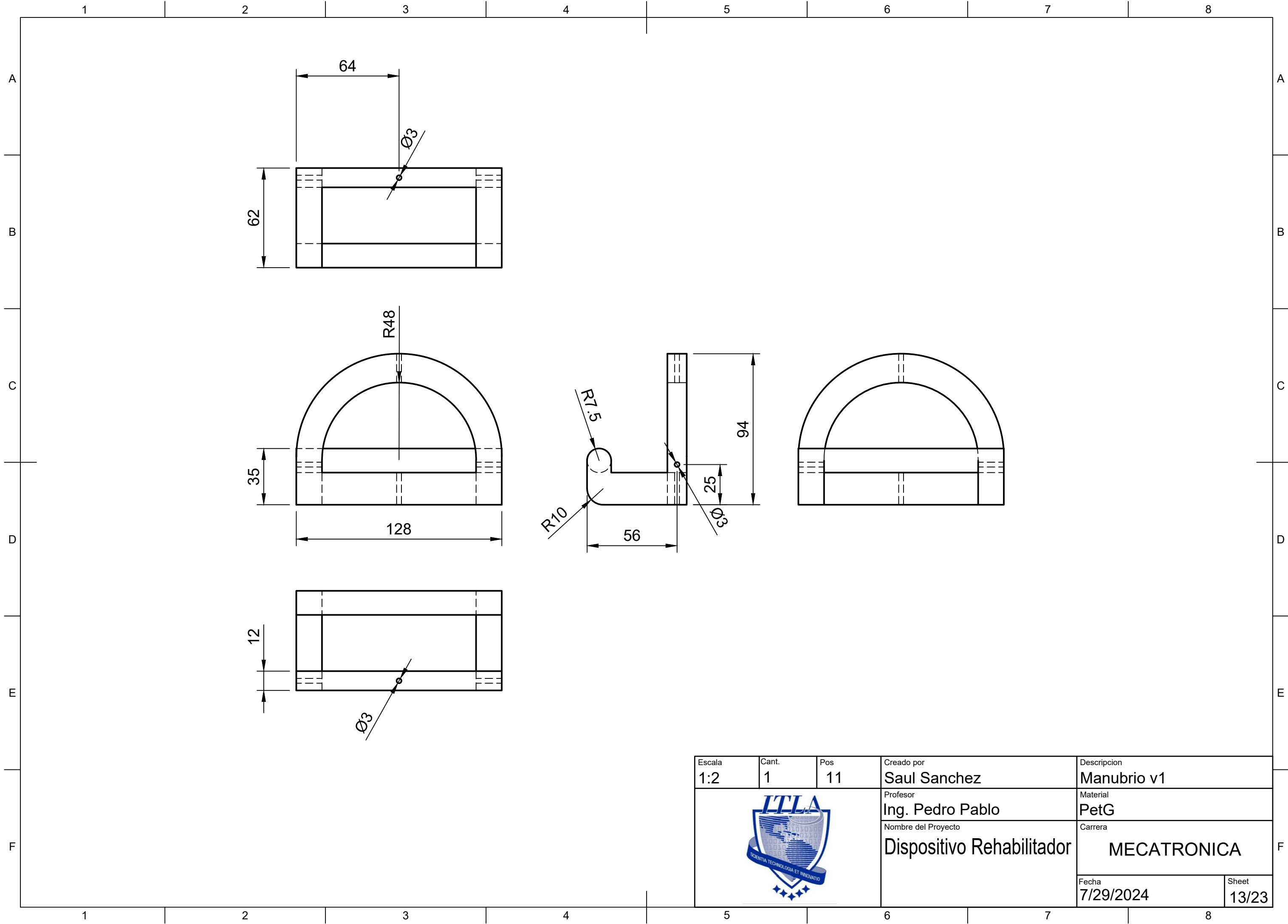


Escala	Cant.	Pos	Creado por	Descripcion	
5:1	1	8	Saul Sanchez	Eje guia soporte inferior v1	
			Profesor	Material	
			Ing. Pedro Pablo	PetG	
			Nombre del Proyecto	Carrera	
			Dispositivo Rehabilitador	MECATRONICA	
				Fecha	Sheet
				7/29/2024	10/23

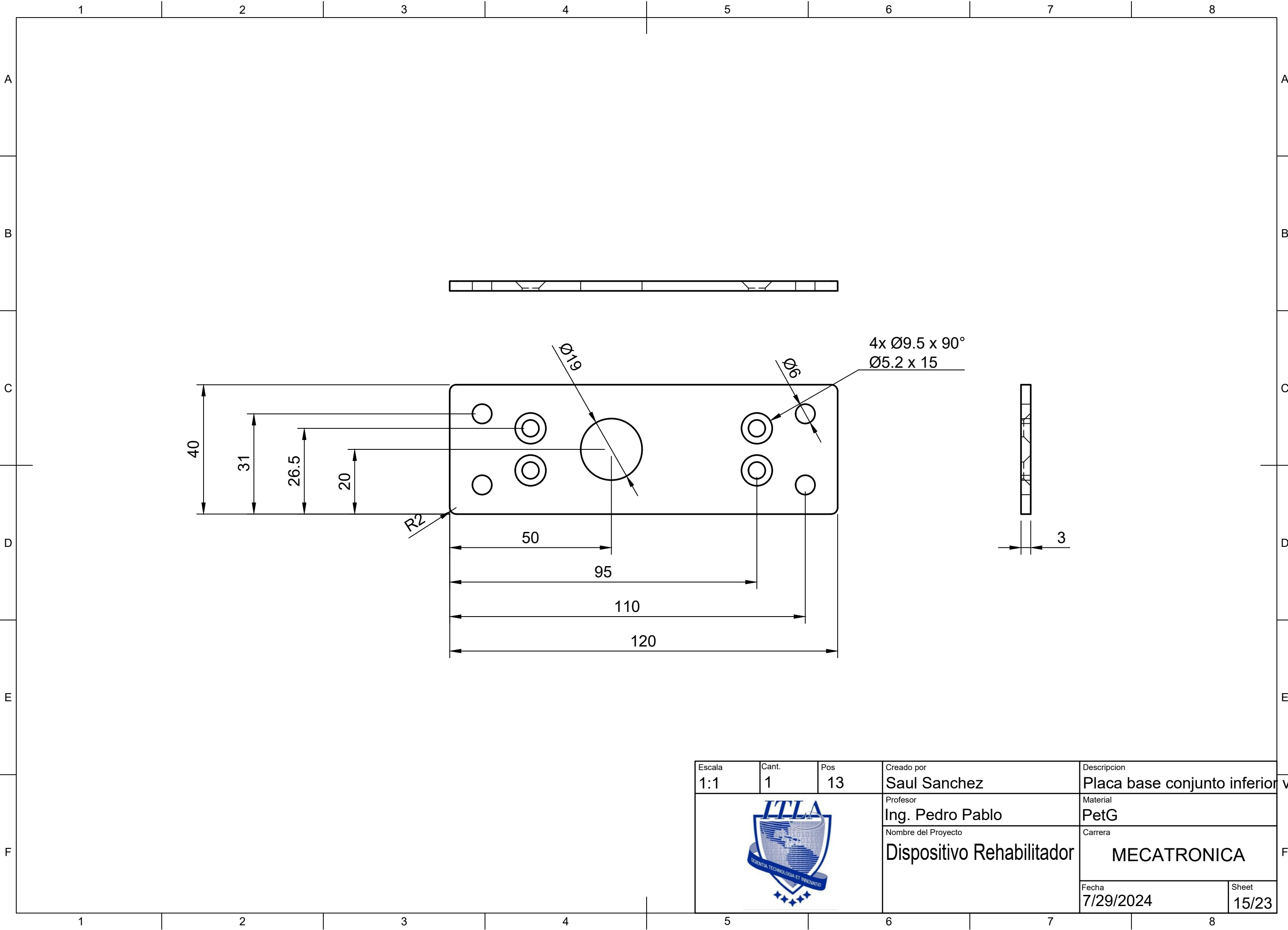


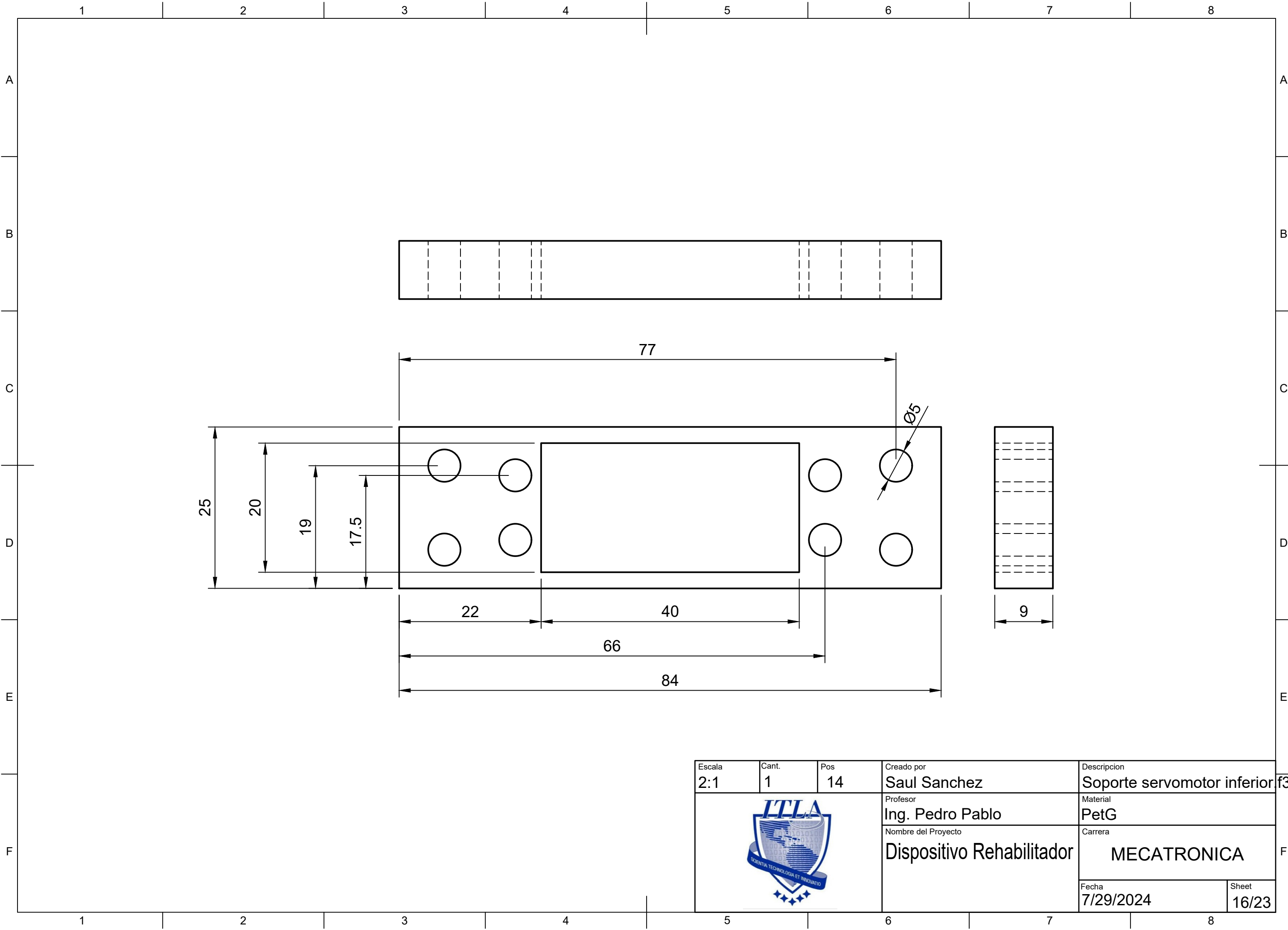
Escala 1:1	Cant. 1	Pos 9	Creado por Saul Sanchez	Descripcion Brazo soporte U.f3d v1	
			Profesor Ing. Pedro Pablo	Material PetG	
			Nombre del Proyecto Dispositivo Rehabilitador	Carrera MECATRONICA	
				Fecha 7/29/2024	Sheet 11/23




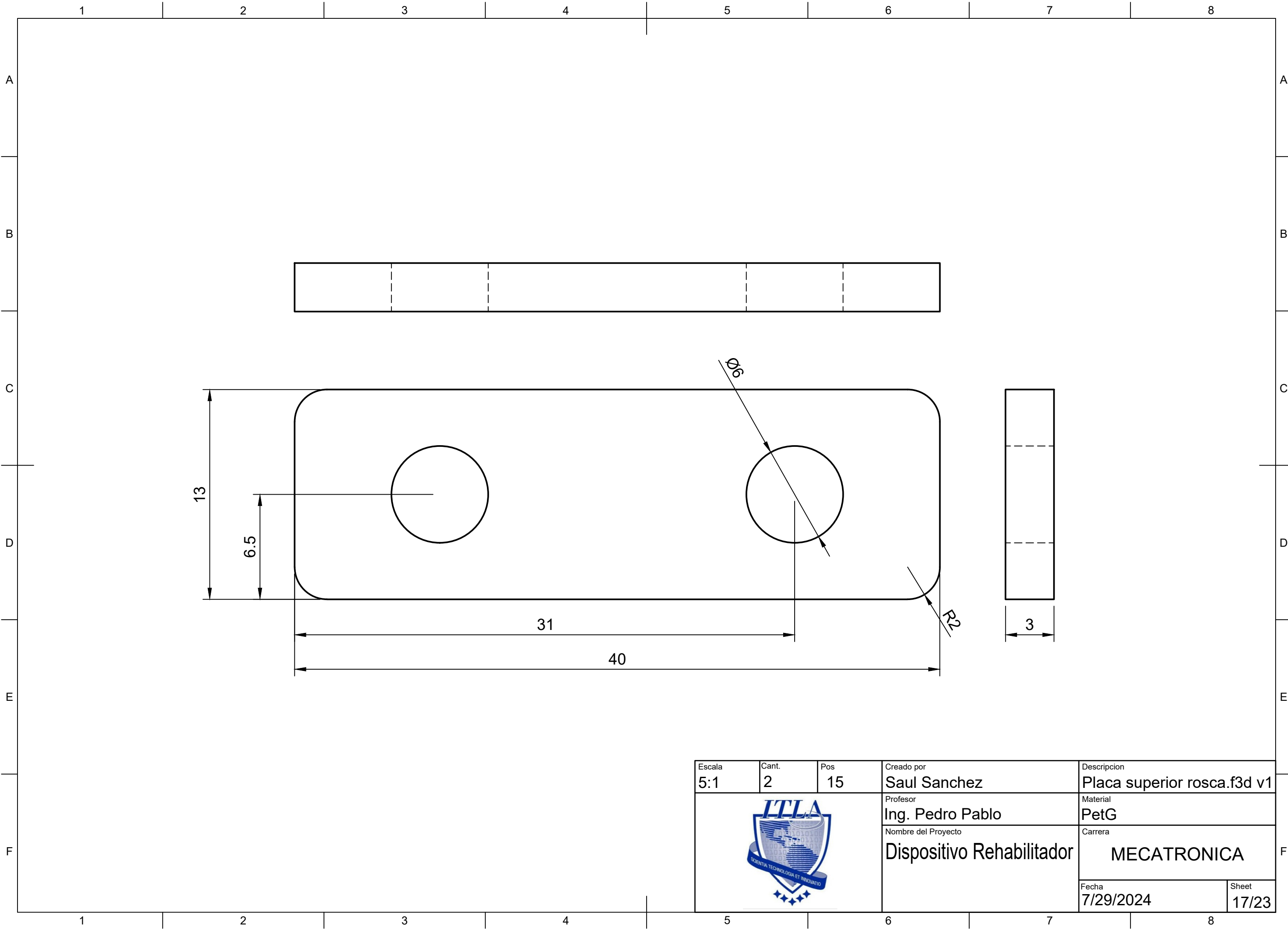




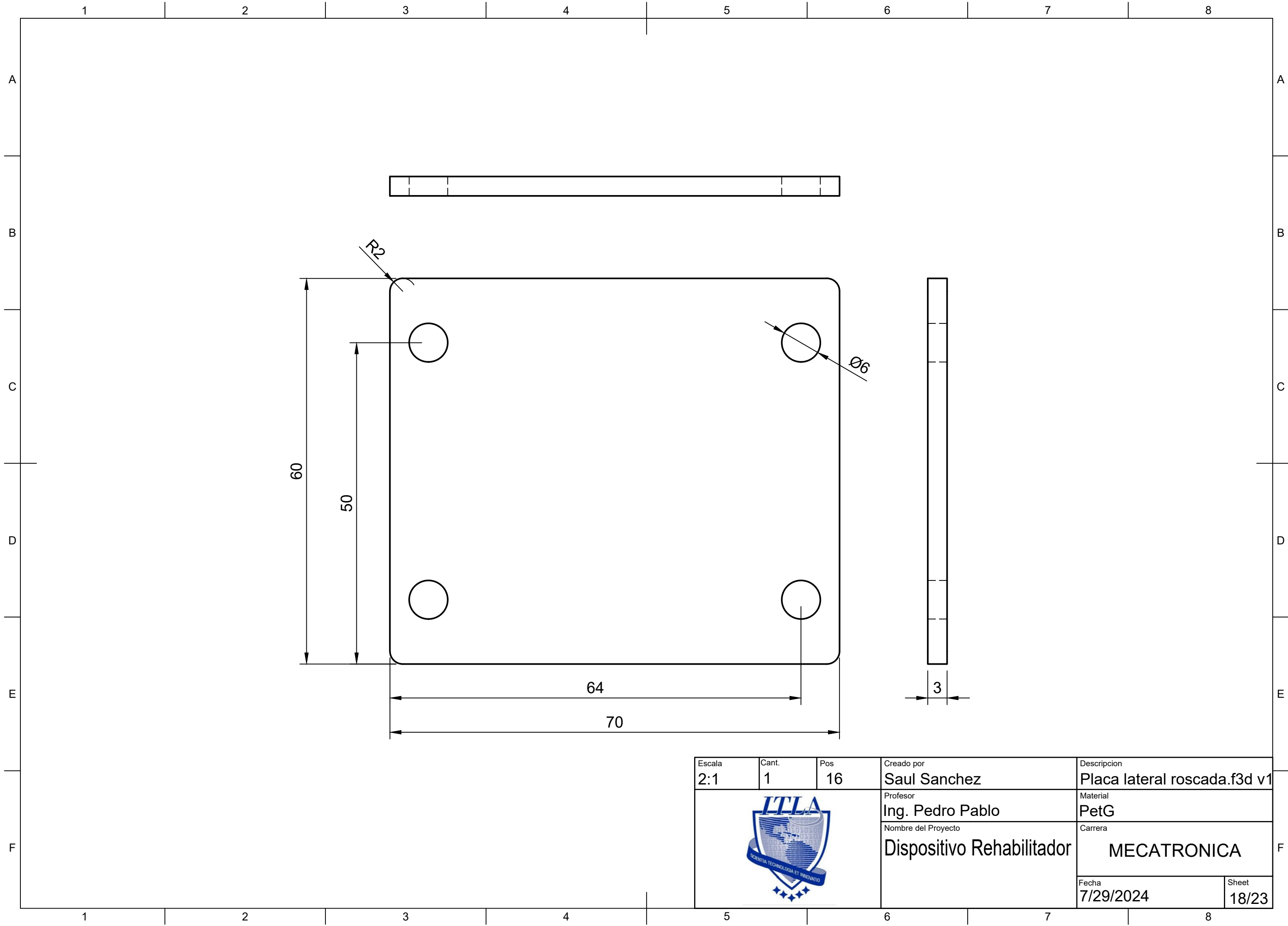


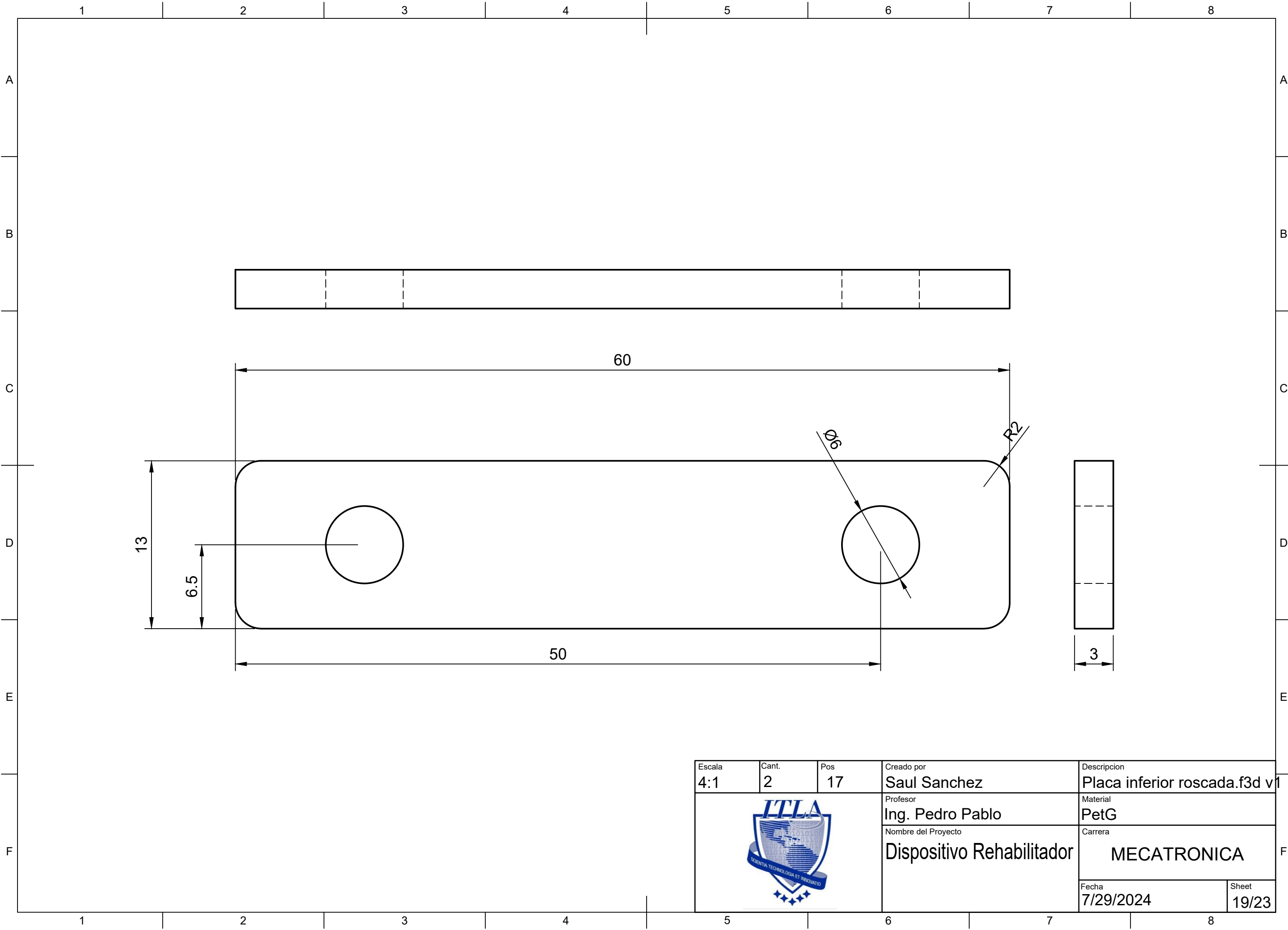



Escala 2:1	Cant. 1	Pos 14	Creado por Saul Sanchez	Descripcion Soporte servomotor inferior f3d v	
			Profesor Ing. Pedro Pablo	Material PetG	
			Nombre del Proyecto Dispositivo Rehabilitador	Carrera MECATRONICA	
				Fecha 7/29/2024	Sheet 16/23

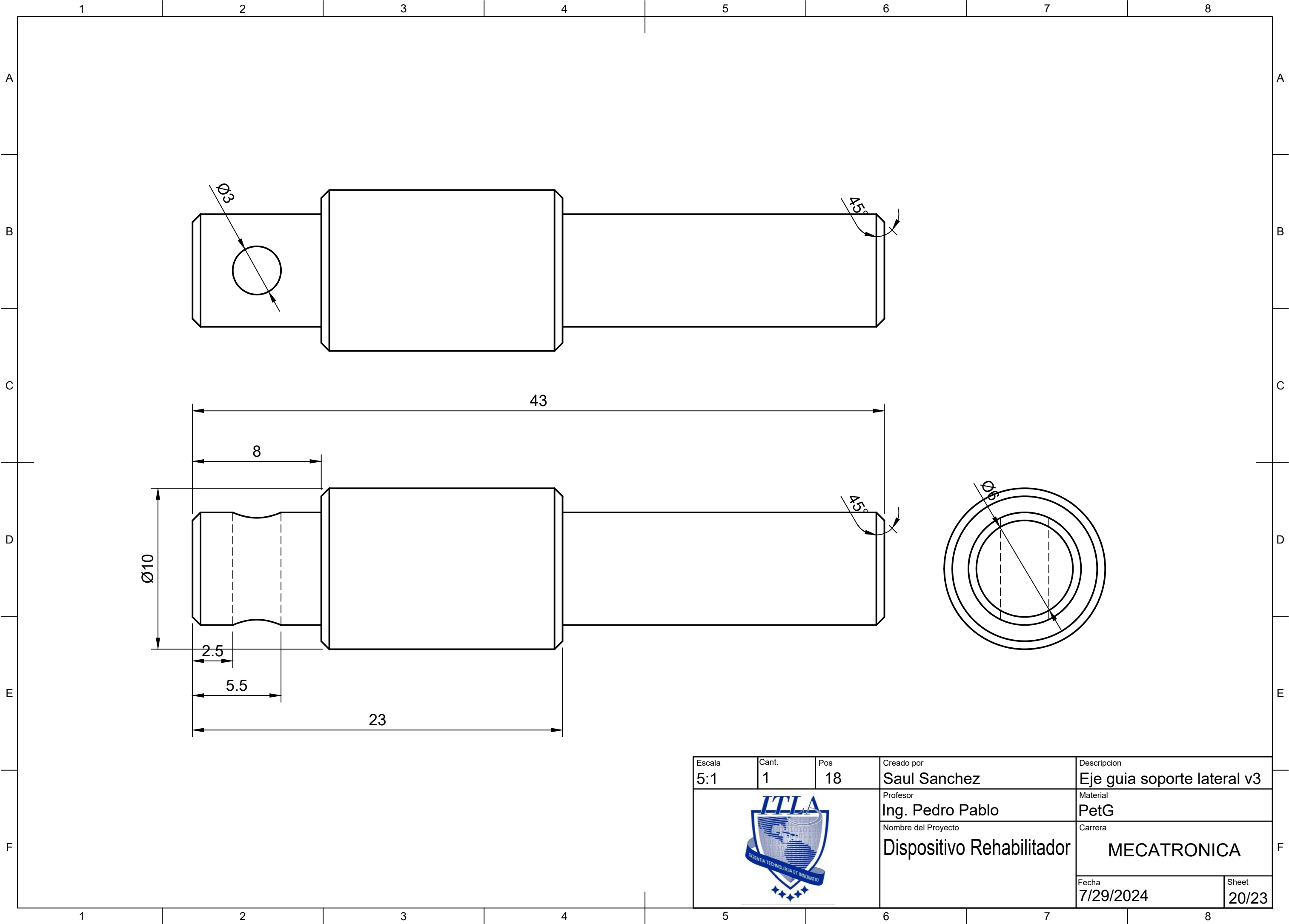


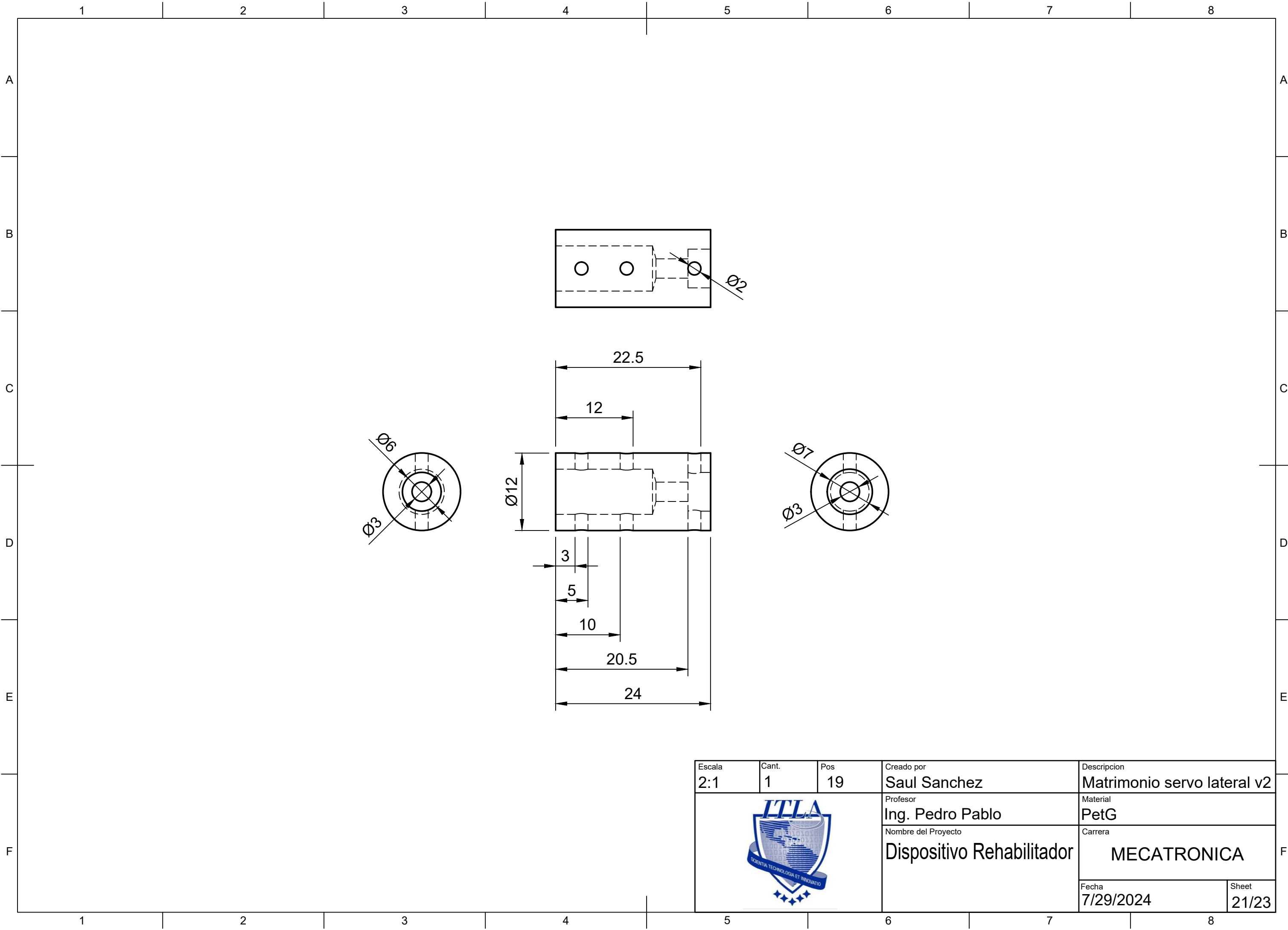





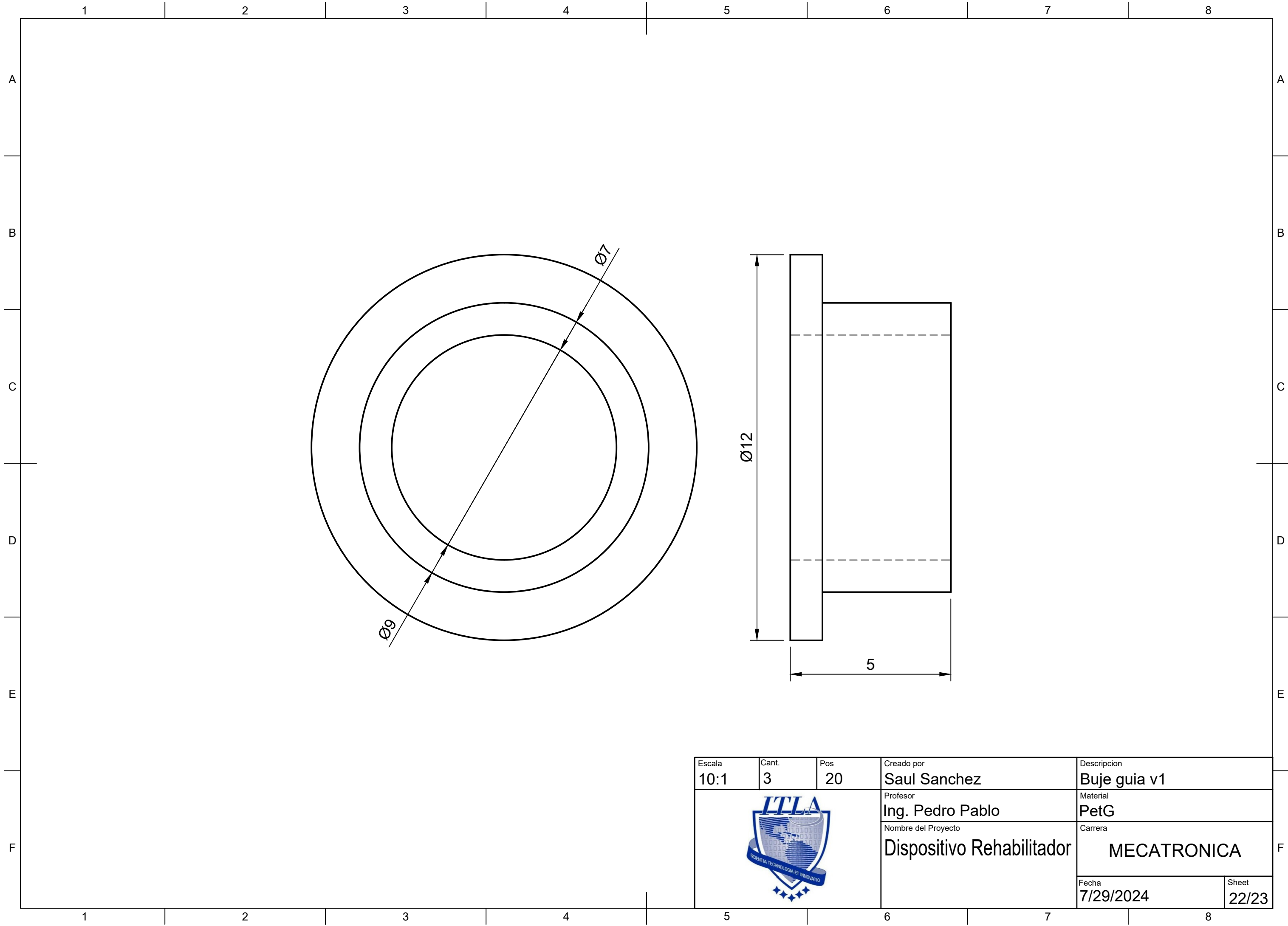


Escala	Cant.	Pos	Creado por	Descripcion	
4:1	2	17	Saul Sanchez	Placa inferior roscada.f3d v1	
			Profesor	Material	
			Ing. Pedro Pablo	PetG	
			Nombre del Proyecto	Carrera	
			Dispositivo Rehabilitador	MECATRONICA	
				Fecha	Sheet
				7/29/2024	19/23





Escala	Cant.	Pos	Creado por	Descripcion	
2:1	1	19	Saul Sanchez	Matrimonio servo lateral v2	
			Profesor	Material	
			Ing. Pedro Pablo	PetG	
			Nombre del Proyecto	Carrera	
			Dispositivo Rehabilitador	MECATRONICA	
				Fecha	Sheet
				7/29/2024	21/23



Escala 10:1	Cant. 3	Pos 20	Creado por Saul Sanchez	Descripcion Buje guia v1	
			Profesor Ing. Pedro Pablo	Material PetG	
			Nombre del Proyecto Dispositivo Rehabilitador	Carrera MECATRONICA	
				Fecha 7/29/2024	Sheet 22/23

