



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LAS AMÉRICAS CENTRO DE EXCELENCIA DE MECATRÓNICA

Título del Trabajo de Grado:

SolTech Kids

Energía Limpia y Espacios Sombreados con Paneles Autolimpiables

Sustentado por:

Eimy Yaily Corcino Nolasco

2018-6245

Vladimir Lopez Cabrera

2022-0570

Yawilda Isabel Martínez Fernández

2020-10019

Para la obtención del Título:

Tecnólogo en Energías Renovables

Asesor:

Ing. Néstor Andrés Martínez Castillo

Santo Domingo,

República Dominicana 2024



Soltech KIDS

**Energía limpia y espacios sombreados
con paneles solares autolimpiables.**

Tabla de Contenido

ÍNDICE

Agradecimientos	vii
Dedicatoria.....	viii
Resumen	ix
Abstract.....	x
1.Capítulo I. Marco General De La Investigación.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación	2
1.3 Planteamiento del problema	3
1.4 Objetivo	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos	4
2. Capítulo II. Fundamentos Teóricos.....	5
2.1. Tipo de investigación.....	7
2.2 Diseño del proyecto a escala real.....	7
2.2.1 Paneles Solares JASOLAR	7
2.2.2 Rieles SMR100:	8
2.2.3 Mid Clamps (abrazaderas intermedias):	8
2.2.4 End Clamps (abrazaderas finales):	8

2.2.5 Adaptadores SMR L-Foot:	9
2.2.7 Splices (conexiones entre rieles):	9
2.2.8 Anclajes al suelo	10
2.2.9 Certificaciones.....	10
2.3 COMPONENTES DEL SISTEMA DE LIMPIEZA:	10
2.3.1 Ejes:.....	10
2.3.2 Rodillos:	11
2.3.4 Rodillo de limpieza con cerdas:	11
2.3.5 Estructura de soporte para el rodillo:.....	11
2.3.6 Bomba de agua.....	12
2.3.7 Aspersores:	12
2.3.8 Tuberías y conexiones:.....	12
2.3.9 Motor eléctrico:.....	13
2.3.10 Controlador eléctrico:	13
2.4 Idea de la instalación	13
14	
2.5 Diseño del proyecto a escala.....	14
2.5.1 Mini Bomba sumergible.	14
2.5.1 Modulo Esp32.....	15
2.6 Diseño a escala (SolidWorks)	17

3. Capítulo III. Marco Metodológico:	18
3.1 Criterios de selección.....	18
3.2 Instrumentos	18
3.3 Simulaciones Computacionales:	18
4. Capítulo IV Resultados de la Investigación.....	20
4.1 Plataforma de monitoreo del SOLÍS 6KW.	20
4.4 Ahorro en Costos de Mantenimiento:	21
• 4.4.1 Reducción de Costos Operativos:	21
• 4.4.2 Mantenimiento Mínimo:	21
4.5 Impacto Ambiental:	21
• 4.5.1 Reducción de Emisiones de CO₂:	21
4.6 Discusión	21
4.6.1 Eficiencia Energética del Sistema.....	21
4.6.2 Impacto en el Espacio Escolar	22
4.6.3 Análisis Económico	23
4.7 Presupuesto de instalación real.....	23
4.7.1 Costo por Kwh.	23
4.7.3 Cálculo de la energía generada:	24
4.7.4 Cálculo del costo por kWh solar:	24
4.8 Comparación con Proyectos Similares	25

4.8.1 Proyectos de Paneles Solares en Escuelas y Espacios Públicos	25
4.9 Conclusiones.....	25
4.10 Recomendaciones	26
 4.10.1 Ampliación del Proyecto:	26
4.11 Referencias Bibliográficas.....	27
4.12 Anexos	28
 4.12.1 Líneas de código.....	28
 4. 12.2 Anexos 2	33
Anexo 3.	34

Agradecimientos

Con gran emoción y gratitud, nos encontramos aquí, celebrando la culminación de un camino lleno de desafíos y aprendizajes. Este viaje no ha sido fácil; hemos enfrentado momentos difíciles en los que la perseverancia se puso a prueba. Sin embargo, nunca nos rendimos. La pasión por el conocimiento, el esfuerzo constante y la disciplina nos han impulsado a seguir adelante, incluso cuando parecía que todo estaba en contra.

Queremos dedicar un agradecimiento especial al profesor Néstor Martínez, nuestro guía y mentor en la realización de esta tesis. Su apoyo incondicional y sus valiosas enseñanzas nos han iluminado el camino, brindándonos la motivación necesaria para superar cada obstáculo.

A nuestros estimados maestros Obed de Jesús, Santo Mateo y Ramón Gómez, les extendemos nuestro reconocimiento sincero. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en nuestra formación, compartiendo su sabiduría y experiencia, y estimulándonos a ser mejores cada día. A nuestros padres, quienes han sido nuestro pilar inquebrantable, les agradecemos de corazón por su amor y apoyo constante. Sin su fe en nosotros, este logro no habría sido posible.

También queremos reconocer a nuestros compañeros de equipo, quienes han hecho de esta experiencia algo aún más enriquecedor. Su colaboración y amistad han sido esenciales en este proceso. Y como último, pero no menos importante, damos gracias a Dios, por guiarnos y darnos la fortaleza necesaria para seguir luchando en los momentos más difíciles.

Dedicatoria

Nosotros dedicamos esta tesis a quienes han sido parte fundamental de nuestro camino. A nuestras familias, por su apoyo incondicional y aliento constante. A nuestros maestros, por su guía y sabiduría, que nos han impulsado a crecer. Y, por supuesto, a nuestro equipo, cuyo esfuerzo, creatividad y colaboración han hecho posible este logro. Este trabajo es el resultado de nuestras experiencias compartidas y del compromiso mutuo.

Además, extendemos nuestro agradecimiento a todos aquellos que nos han acompañado en este proceso, pues cada palabra de aliento y cada consejo han sido valiosos para alcanzar nuestras metas.

Resumen

La presente tesis, titulada *SolTech Kids: Energía Limpia y Espacios Sombreados con Paneles Autolimpiables*, explora un proyecto innovador para integrar soluciones de energía limpia y sombra en áreas recreativas para niños en instituciones educativas. El objetivo principal de este proyecto es diseñar y desarrollar estructuras que incorporen paneles solares autolimpiables, los cuales no solo proporcionan sombra, sino que también generan energía renovable para alimentar pequeños dispositivos o equipos en los colegios.

Además, este enfoque innovador garantiza un mínimo mantenimiento debido a la tecnología de autolimpieza, lo que maximiza la eficiencia y reduce los costos operativos. Mediante este estudio, se evaluarán diferentes diseños y materiales, y se analizará la viabilidad técnica y económica del proyecto, lo cual puede servir como un modelo replicable en diversas instituciones.

Este trabajo no solo se enfoca en la creación de áreas recreativas, sino en el fomento de la conciencia ambiental entre los estudiantes, involucrándolos en la implementación de tecnologías sostenibles en su entorno escolar.

Abstract

This thesis, titled ***SolTech Kids: Clean Energy and Shaded Spaces with Self-Cleaning Solar Panels***, investigates an innovative project to integrate clean energy solutions and shaded recreational areas for children in educational institutions. The main objective of this project is to design and develop structures that incorporate self-cleaning solar panels, which not only provide shade but also generate renewable energy to power small devices or equipment in schools.

Moreover, this innovative approach ensures minimal maintenance due to self-cleaning technology, maximizing efficiency and reducing operational costs. Through this study, various designs and materials will be evaluated, and the technical and economic feasibility of the project will be analyzed, serving as a replicable model for other institutions.

This work focuses not only on creating recreational areas but also on fostering environmental awareness among students, engaging them in the implementation of sustainable technologies in their school environment.

1. Capítulo I. Marco General De La Investigación

1.1 Introducción

Aquí es donde entra en juego el **proyecto SolTech Kids**, que utiliza paneles solares autolimpiables para ofrecer una solución que, además de generar energía limpia, crea espacios recreativos sombreados, esenciales para el bienestar de los estudiantes, especialmente en zonas de clima cálido. Este enfoque no solo responde a una necesidad energética, sino también a la falta de áreas recreativas adecuadas en muchas instituciones educativas.

El proyecto busca transformar áreas comunes en las escuelas en espacios funcionales, educativos y sostenibles. lo que permitirá que las escuelas puedan aprovechar esta energía para alimentar dispositivos electrónicos y otros equipos pequeños, reduciendo así los costos energéticos. La inclusión de tecnología de autolimpieza también permite que los paneles solares mantengan su eficiencia sin necesidad de intervención manual constante.

1.2 Justificación

El proyecto *SolTech Kids* responde a varios problemas importantes que enfrentan las instituciones educativas, especialmente en regiones cálidas. La falta de áreas sombreadas adecuadas para actividades recreativas y la dependencia de fuentes de energía no renovables son dos de los principales desafíos. Además, el costo de mantenimiento de los paneles solares tradicionales, que requiere limpieza constante para mantener su eficiencia, representa una barrera para muchas escuelas. La integración de paneles solares autolimpiables en las áreas recreativas de las escuelas permite no solo reducir los costos operativos sino también contribuir al bienestar de los estudiantes. La creación de estos espacios sombreados ofrece a los niños un lugar seguro para jugar y aprender al aire libre, al mismo tiempo que fomenta la conciencia ambiental y el uso de energías limpias.

El proyecto es relevante porque no solo aborda una necesidad de infraestructura en las escuelas, sino que también presenta una solución que puede ser replicada en otras instituciones, lo que permite expandir el impacto de la sostenibilidad en la educación. El uso de paneles solares autolimpiables en áreas recreativas de escuelas representa una innovación que, además de ofrecer energía limpia, mejora la calidad de vida de los estudiantes.

1.3 Planteamiento del problema

En la República Dominicana, la educación enfrenta retos críticos debido a la crisis energética y la limitada infraestructura escolar. La dependencia de las escuelas de la red eléctrica convencional se ve afectada por frecuentes apagones, que persisten como un desafío estructural con pérdidas de energía superiores al 37% en 2024. Estas interrupciones impactan directamente el funcionamiento académico, reduciendo la calidad de la educación y aumentando los costos operativos.

Paralelamente, muchas instituciones carecen de espacios recreativos adecuados, lo que obliga a los estudiantes a exponerse a largas jornadas bajo el intenso sol caribeño. Esto es particularmente significativo en un país con un promedio de hasta 7 horas diarias de insolación en meses como marzo, lo que afecta el bienestar y rendimiento de los niños.

Aunque la energía solar se presenta como una solución viable, la acumulación de suciedad y el alto costo de mantenimiento de los paneles limita su eficiencia y adopción en las escuelas. Frente a esta realidad, la instalación de **paneles solares autolimpiables** no solo aborda la necesidad energética de las escuelas, sino que también representa una oportunidad para integrar la educación sobre sostenibilidad y energías renovables desde edades tempranas.

Este proyecto no solo busca garantizar un suministro energético constante y sostenible, sino también transformar las escuelas en modelos de educación ambiental, impactando positivamente en la comunidad escolar y sentando las bases para un sistema educativo resiliente y comprometido con el futuro energético del país.

1.4 Objetivo

1.4.1 Objetivo General: Desarrollar e implementar un sistema innovador de paneles solares autolimpiables en espacios recreativos escolares, con el propósito de proporcionar sombra, generar energía limpia y sostenible, y minimizar los costos operativos, mientras se promueve la conciencia ambiental y la educación sobre energías renovables entre los estudiantes.

Este objetivo mantiene el enfoque en la sostenibilidad, la eficiencia energética, y el impacto educativo, alineado con la visión de integrar tecnología limpia en las infraestructuras escolares.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Reducir los costos energéticos en las escuelas al menos un 30% mediante el uso de energía solar.
- Crear áreas recreativas sombreadas utilizando paneles solares.
- Fomentar la educación ambiental en los estudiantes y el personal escolar.
- Optimizar el mantenimiento de los paneles solares mediante la implementación de tecnología autolimpiable, reduciendo los costos operativos a largo plazo.
- Promover la sostenibilidad y reducir la huella de carbono de las instituciones educativas.
- Desarrollar un modelo replicable para otras instituciones educativas, permitiendo la expansión del uso de tecnologías limpias en las escuelas.

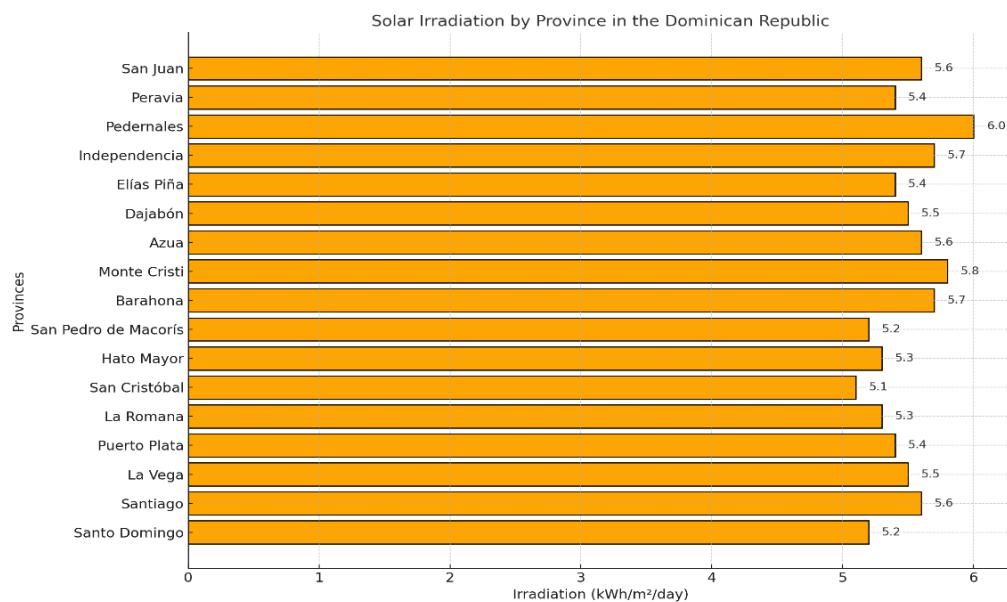
2. Capítulo II. Fundamentos Teóricos

El uso de paneles solares autolimpiables es una tendencia emergente en la generación de energía limpia, especialmente en áreas donde la acumulación de suciedad y polvo afecta la eficiencia de los paneles solares convencionales. Los paneles fotovoltaicos monocristalinos de la marca JASOLAR, con una potencia nominal de 600 WP, se han seleccionado para este proyecto debido a su alta eficiencia (27.27%). La eficiencia de los paneles solares, combinada con la tecnología de autolimpieza, reduce significativamente los costos de mantenimiento y mejora la rentabilidad del sistema a largo plazo.

Además, el análisis de proyectos similares a nivel nacional e internacional demuestra que los sistemas solares en instituciones educativas no solo ayudan a reducir costos, sino que también sirven como herramientas educativas, promoviendo la conciencia ambiental entre los estudiantes.

Para mayor apoyo de cálculo para nuestro sistema fotovoltaico utilizaremos la potencia de radiación solar, cuya información nos la proporcionó la Comisión Nacional de Energía (CNE) y SOLARGIS.

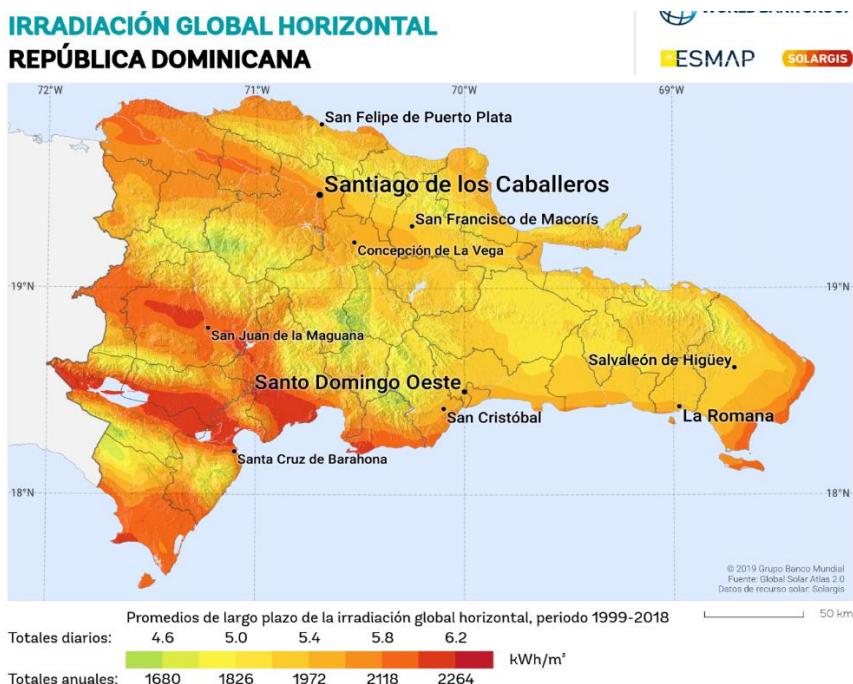
Figura 1.



Nota. La tabla muestra la insolación por provincia en Rep. Dom.

Fuente: SOLARGIS

Figura 2.



Nota. La tabla muestra la insolación promedio en Rep. Dom.

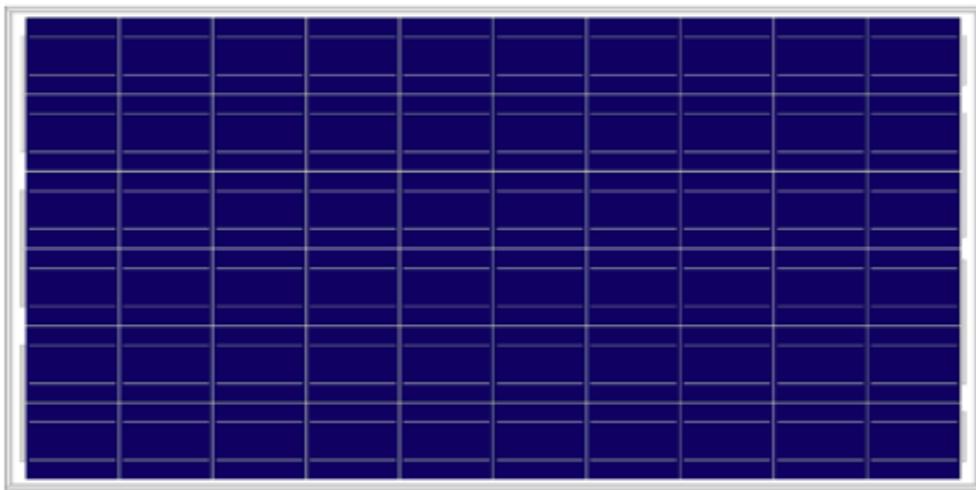
Fuente: SOLARGIS

2.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo **descriptivo**, ya que busca detallar las características y el funcionamiento de los paneles solares autolimpiables en contextos educativos, proporcionando un análisis exhaustivo de su rendimiento, eficiencia y beneficios en áreas recreativas escolares. Además, es de tipo experimental, dado que se llevarán a cabo pruebas prácticas en entornos reales, específicamente en escuelas seleccionadas, para evaluar el impacto del sistema en términos de generación de energía, reducción de costos operativos y efectividad en el mantenimiento.

2.2 Diseño del proyecto a escala real.

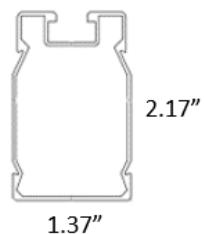
2.2.1 Paneles Solares JASOLAR: Los paneles solares JA Solar **600 WP** son una solución confiable y eficiente para proyectos fotovoltaicos de mediana y gran escala. Su diseño avanzado y robustez los convierten en una excelente opción para maximizar la generación de energía y reducir costos a largo plazo.



2.2.2 Rieles SMR100:

Descripción: Estructuras de aluminio o metal ligero diseñadas para soportar los paneles solares y fijarlos en una posición óptima. Cada fila de paneles utiliza dos rieles: uno para soportar la parte superior y otro para la inferior en este caso de 246 pulgadas y soporta vientos de 190mph, típicos del caribe.

Función: Proveen estabilidad estructural y garantizan la alineación de los paneles.



2.2.3 Mid Clamps (abrazaderas intermedias):

Descripción: Abrazaderas metálicas utilizadas para fijar paneles adyacentes en una fila, asegurando que estén conectados de manera segura.

Función: Sujetan los bordes de dos paneles vecinos y permiten ajustar la posición durante la instalación.



2.2.4 End Clamps (abrazaderas finales):

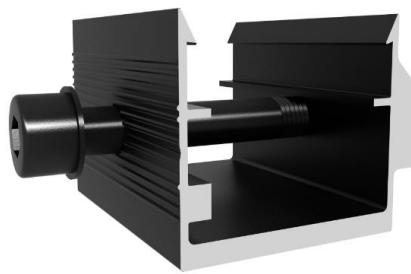
Descripción: Abrazaderas diseñadas para asegurar los paneles en los extremos de cada fila.

Función: Fijan firmemente los bordes exteriores de los paneles para evitar movimientos o desplazamientos.



2.2.5 Adaptadores SMR L-Foot:

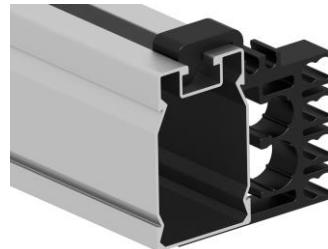
Descripción: Pequeñas piezas en forma de "L" que conectan los rieles a la estructura base (techo o suelo). Incorporan una superficie dentada para mayor estabilidad.



Función: Actúan como un punto de unión entre los rieles y los anclajes, proporcionando resistencia estructural.

2.2.6 Clips de gestión de cableado:

Descripción: Clips plásticos o metálicos diseñados para organizar los cables eléctricos debajo o junto a los rieles.



Función: Garantizan un manejo ordenado de los cables fotovoltaicos, evitando enredos y reduciendo riesgos de daños.

2.2.7 Splices (conexiones entre rieles):

Descripción: Piezas metálicas internas que conectan dos rieles en línea, formando una unión fuerte y estructuralmente sólida.



Función: Permiten extender la longitud de los rieles para cubrir filas más largas de paneles.

2.2.8 Anclajes al suelo:

Descripción: Puntos de fijación que aseguran los rieles SMR a la superficie de instalación, ya sea un techo o el suelo.

Función: Proveen la base estructural del sistema, resistiendo las fuerzas del viento, peso y otras cargas.



2.2.9 Certificaciones

Estos materiales cuentan con certificaciones como:

TAS 100(a) Hurricane Wind Driven Rain standard.

Most stringent water penetration test standard in the solar industry
Meets the requirements of Miami Dade County

ASTM E331 and E2140.

Pressure and static water column testing.

2.3 COMPONENTES DEL SISTEMA DE LIMPIEZA:

2.3.1 Ejes:

Descripción: Barras metálicas (normalmente de acero inoxidable) que soportan y permiten el movimiento de los rodillos.



Función: Facilitan la rotación y proporcionan estabilidad al rodillo de limpieza.

2.3.2 Rodillos:

Descripción: Cilindros recubiertos con cerdas suaves o material especializado para limpiar la superficie de los paneles.

Función: Remueven polvo, suciedad y residuos de la superficie del panel solar, maximizando la eficiencia.



2.3.3 Rodamientos:

Descripción: Componentes mecánicos colocados entre los ejes y los soportes que permiten un giro suave del rodillo.

Función: Reducen la fricción y aseguran el movimiento eficiente del rodillo.



2.3.4 Rodillo de limpieza con cerdas:

Descripción: Rodillo diseñado específicamente con cerdas suaves para no dañar la superficie de los paneles solares.

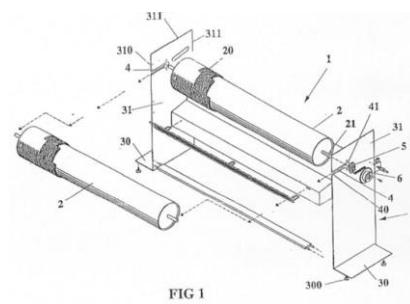
Función: Realiza la limpieza física de los paneles, eliminando polvo, hojas y partículas.



2.3.5 Estructura de soporte para el rodillo:

Descripción: Guías lineales o marcos que sostienen el rodillo en su posición sobre los paneles.

Función: Aseguran el movimiento controlado y preciso del rodillo sobre los paneles.



2.3.6 Bomba de agua.

Descripción: Bomba eléctrica (opcionalmente de 24V) diseñada para impulsar agua desde un depósito o suministro principal hacia los aspersores.



Función: Garantiza un flujo constante y con suficiente presión para una limpieza eficiente, especialmente en sistemas que cubren grandes áreas.

Ventaja adicional: Puede integrarse con un controlador eléctrico para automatizar su funcionamiento.

2.3.7 Aspersores:

Descripción: Boquillas conectadas al sistema hidráulico que rocían agua o solución limpiadora sobre los paneles.



Función: Facilitan la eliminación de suciedad adherida antes de que el rodillo pase.

2.3.8 Tuberías y conexiones:

Descripción: Conductos y accesorios necesarios para transportar agua desde el suministro hasta los aspersores.

Función: Proveen el flujo constante de agua al sistema de limpieza.



2.3.9 Motor eléctrico:

Descripción: Motor de 24V o similar que impulsa el movimiento del rodillo o del sistema de limpieza automatizado.



Función: Permite la operación automática del sistema, mejorando la eficiencia del mantenimiento.

2.3.10 Controlador eléctrico:

Descripción: Dispositivo que gestiona el encendido, apagado y velocidad del motor y otros componentes del sistema.



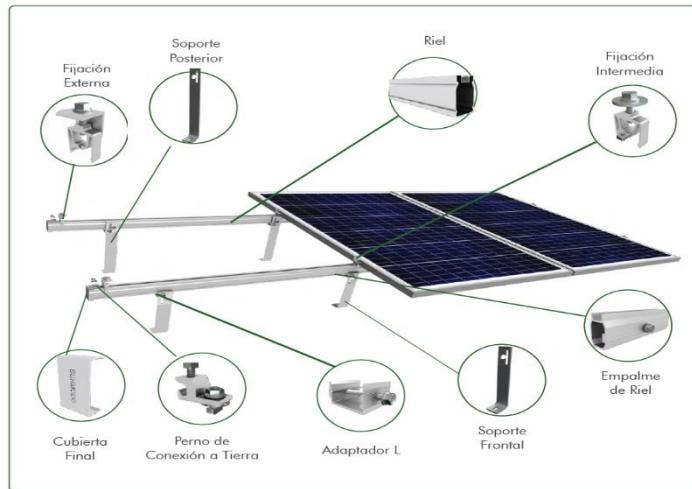
Función: Coordina las funciones del sistema de limpieza para optimizar el desempeño.

2.4 Idea de la instalación

Figura 3.



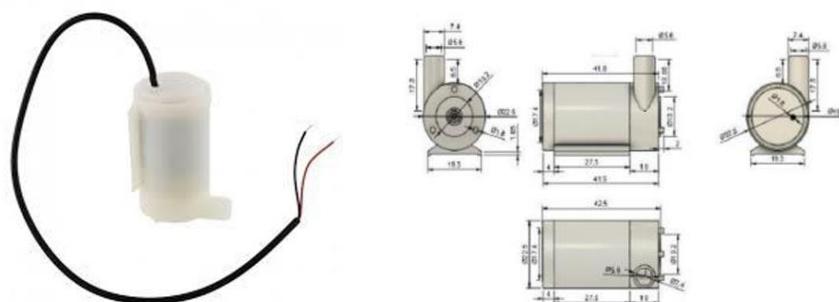
Figura 4.



2.5 Diseño del proyecto a escala.

Estaremos utilizando un esp32 para el control y automatización del sistema de limpieza, una bomba pequeña, un motor y mini paneles solares como fuente de alimentación con sus respectivas baterías.

2.5.1 Mini Bomba sumergible.



2.5.2 Módulo I298n puente h

El módulo L298N es un controlador de motores (driver) con un doble Puente H que permite manejar dos motores de corriente continua.

Especificaciones técnicas

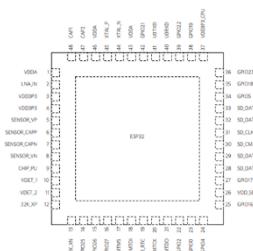
- Voltaje de trabajo: 2.5 – 6 VCD
 - Altura Bombeo máximo: 0.4 – 1.1 metros
 - Caudal Bombeo máximo: 80-120 l/H
 - Corriente: 800mA
 - Potencia: 0.4 -1.5 W
 - Horas de trabajo continuo: 500 horas
 - Longitud cable: 20 cm
 - No cuenta con manguera
 - SKU: AR0366
 - Color: Amarillo
 - Dimensiones: 45x34x23 aproximadamente

Elementos de la bomba de agua sumergible



2.5.1 Modulo Esp32

Utilizaremos un módulo ESP32 para programar el sistema de autolimpieza de los paneles solares. Este microcontrolador permitirá establecer el tiempo de limpieza, simulando los intervalos necesarios para mantener los paneles limpios a lo largo de los meses, pero en unidades de minutos.



2.5.2 Motorreductor

Este motorreductor es un pequeño dispositivo electromecánico que combina un motor de corriente continua con una caja reductora de engranajes que reduce la velocidad del motor y aumenta su par o fuerza.



Color: Amarillo.

Engranes: Plástico.

Reducción: 48:1

Velocidad: 170RPM. (Sin carga)

Voltaje de operación: 3 a 12V.

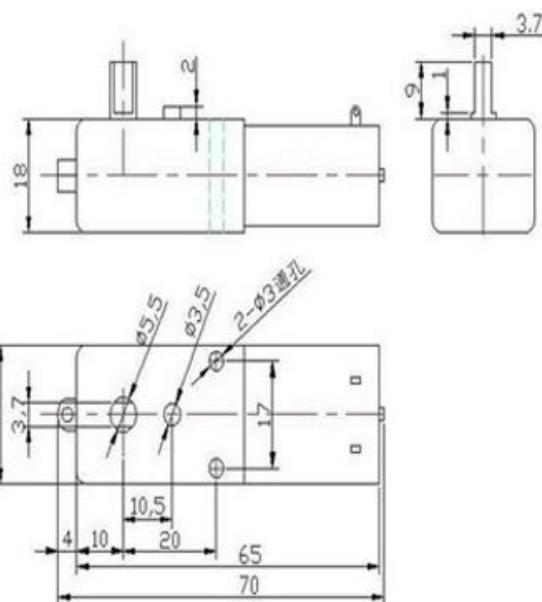
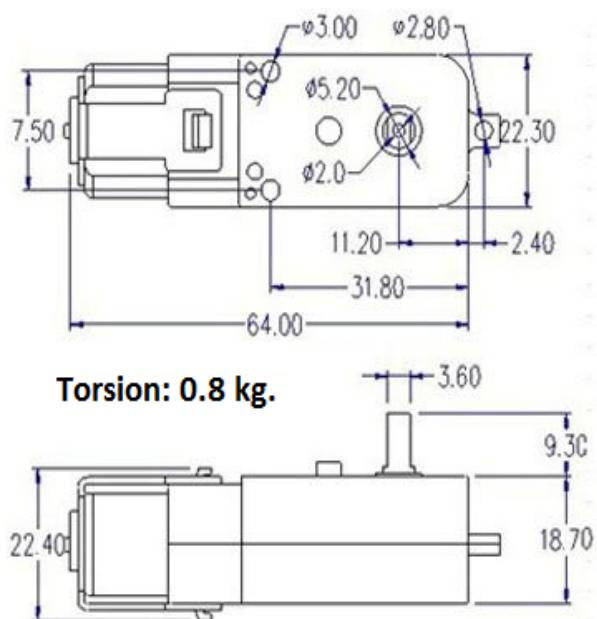
Voltaje recomendado de operación: 6-8V

Dimensiones: 7.0cm x 3.6cm x 2.2cm

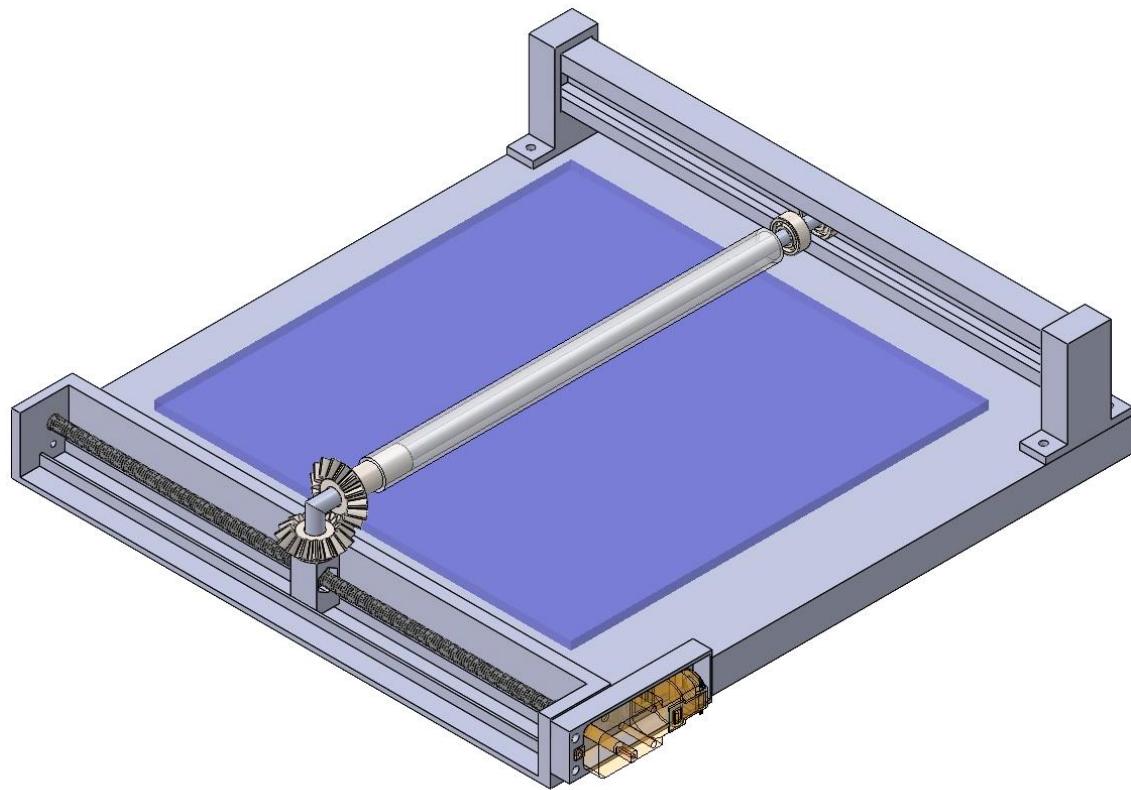
Peso: 27 gramos total.

Corriente 250mA

Torque máximo: 800g/cm @ 3V



2.6 Diseño a escala (SolidWorks)



3. Capítulo III. Marco Metodológico:

La población de la investigación está constituida por instituciones educativas de nivel primario y secundario ubicadas en áreas urbanas y rurales, en particular aquellas que carecen de áreas recreativas sombreadas y enfrentan desafíos en cuanto a costos energéticos. Escuelas públicas y privadas que cuenten con un espacio adecuado para la instalación de paneles solares y una orientación hacia la innovación educativa y el fomento de la sostenibilidad.

3.1 Criterios de selección

Preferiblemente en zonas con alta radiación solar para maximizar el rendimiento de los paneles solares. Escuelas que cuenten con áreas recreativas abiertas y suficientes para la instalación de los paneles solares. Instituciones con disposición para adoptar tecnologías sostenibles y que estén interesadas en proyectos de energía limpia y educación ambiental.

3.2 Instrumentos

Para la validación y evaluación del sistema de paneles solares autolimpiables en entornos escolares, se utilizarán una variedad de herramientas y métodos que permitan asegurar la efectividad, eficiencia y viabilidad del proyecto. Los principales instrumentos y técnicas utilizados serán los siguientes.

3.3 Simulaciones Computacionales:

Se utilizarán software de simulación energética (como PVsyst o SAM) para modelar el comportamiento de los paneles solares en diferentes condiciones climáticas y geográficas. Estas simulaciones permiten predecir la cantidad de energía que el sistema fotovoltaico generará en función de la radiación solar disponible, la ubicación y las características de los paneles solares.

3.4 Instrumentos de Medición y Monitoreo:

Para medir la eficiencia energética de los paneles solares en condiciones reales, se utilizarán medidores de energía (**como medidores de potencia y radiación solar**) que registren la producción de energía durante diferentes períodos del día.

4. Capítulo IV Resultados de la Investigación

El sistema de paneles solares autolimpiables propuesto para las áreas recreativas escolares ha sido diseñado para maximizar la eficiencia energética y minimizar los costos operativos.

4.1 Plataforma de monitoreo del SOLÍS 6KW.

Con este enfoque, la plataforma web del inversor se convierte en un componente central del sistema de recolección de datos, proporcionando información confiable, accesible y alineada con los objetivos de la investigación.

4.2 Eficiencia Energética:

- **Producción de Energía Anual:** Con la instalación de 28 paneles solares SunPower de 600 Wp cada uno, el sistema es capaz de generar aproximadamente **27,594kWh al año**, asumiendo un promedio de 12 horas de radiación solar directa diaria y condiciones ideales.

- **Eficiencia del Sistema:** Los paneles solares presentan una eficiencia de aproximadamente **27.27%**, lo que significa que convierten el 27.27% de la radiación solar en electricidad utilizable. Este valor es superior al de muchos paneles solares convencionales, lo que asegura un rendimiento eficiente incluso en condiciones de baja radiación.

4.3 Ahorro Estimado en Costos de Energía:

- **Ahorro Anual:** **0.41DOP/kWh**, el sistema puede generar un ahorro anual estimado de **RD\$293,268.36** en costos de energía para la institución educativa.

4.4 Ahorro en Costos de Mantenimiento:

- **4.4.1 Reducción de Costos Operativos:**

El sistema de autolimpieza reduce significativamente los costos asociados con el mantenimiento regular de los paneles solares, ya que elimina la necesidad de limpieza manual frecuente. En un sistema convencional, la limpieza regular puede generar costos adicionales de hasta 500 USD anuales debido a la contratación de personal especializado.

- **4.4.2 Mantenimiento Mínimo:**

Gracias a los mecanismos de autolimpieza, el sistema mantiene una alta eficiencia de generación de energía sin la intervención constante, lo que permite a las escuelas ahorrar no solo en costos directos de limpieza, sino también en la contratación de mantenimiento especializado.

4.5 Impacto Ambiental:

- **4.5.1 Reducción de Emisiones de CO₂:** Al generar energía limpia y reducir el consumo de fuentes de energía no renovables, se estima que el sistema puede evitar la emisión de aproximadamente **10.7 toneladas de CO₂ anuales**, contribuyendo significativamente a la lucha contra el cambio climático y promoviendo la sostenibilidad ambiental.

4.6 Discusión

4.6.1 Eficiencia Energética del Sistema

El análisis de los resultados muestra que el sistema de paneles solares autolimpiables es altamente eficiente, alcanzando una producción de 27,594kWh anuales con 28 paneles solares JASOLR de 600 WP. Esta producción cubre una parte significativa de la demanda energética de las áreas recreativas y otras instalaciones de las instituciones

educativas seleccionadas para la implementación. La eficiencia del sistema se ve reforzada por la tecnología autolimpiable, que reduce las pérdidas de energía debidas a la acumulación de polvo y suciedad, lo cual es un problema común en las regiones con clima árido y semiárido.

La tecnología de autolimpieza aplicada a los paneles solares contribuye a mantener los niveles de eficiencia sin necesidad de intervención manual constante. Además, los datos obtenidos de los sistemas instalados muestran una reducción en los costos operativos en comparación con sistemas tradicionales, donde el mantenimiento de los paneles solares puede implicar gastos adicionales en mano de obra y materiales.

4.6.2 Impacto en el Espacio Escolar

El diseño de las estructuras solares también ha tenido un impacto positivo en el espacio escolar. Las áreas recreativas sombreadas creadas con los paneles solares autolimpiables proporcionan a los estudiantes un lugar seguro y cómodo para realizar actividades al aire libre, lo cual es especialmente importante en regiones con altas temperaturas. Estos espacios también promueven la interacción social y física entre los estudiantes, lo que tiene beneficios directos en su desarrollo físico y mental.

La creación de estos espacios no solo mejora la calidad de vida de los estudiantes, sino que también sirve como una herramienta educativa al integrarse con los esfuerzos de enseñanza sobre energías renovables y sostenibilidad. Los alumnos tienen la oportunidad de aprender sobre cómo la tecnología solar puede ser utilizada de manera eficiente y cómo se puede aplicar para mejorar su entorno cotidiano.

4.6.3 Análisis Económico

El análisis económico del proyecto muestra que, a pesar de la inversión inicial en paneles solares y las estructuras, el retorno de inversión es considerablemente alto debido a la reducción de los costos de energía. El sistema de paneles solares autolimpiables no solo ahorra dinero en términos de energía, sino que también minimiza los costos de mantenimiento, lo que se traduce en una mayor rentabilidad a largo plazo.

Las instituciones educativas que adopten este tipo de sistema solar pueden esperar una recuperación de la inversión en un período de 1 - 3 años, dependiendo de factores como el coste inicial de instalación y las tarifas de electricidad en la región. Además, los ahorros obtenidos permitirán destinar recursos a otras áreas prioritarias dentro de las instituciones.

4.7 Presupuesto de instalación real.

Dependiendo del consumo eléctrico que se toma de la factura eléctrica, se determinará que potencia instalar: (Ver Anexo 2)

4.7.1 Costo por Kwh.

Total de inversión en paneles solares e instalación:

RD\$ 254,258.00.

Total de inversión en sistema de limpieza:

RD\$ 23,400.00.

Inversión total:

RD\$ 277,658.00.

4.7.2 Potencia generada del sistema.

Potencia por panel: 600 W.

Número de paneles: 28.

Potencia total del sistema: $600 \text{ W} \times 28 = 16,800 \text{ W (16.8 kW)}$.

4.7.3 Cálculo de la energía generada:

Factor de generación promedio en República Dominicana: 4.5 kWh/día.

Producción estimada mensual:

$16.8\text{kW} \times 4.5\text{kWh} \times 30 \text{ días} = 2,268\text{kWh/mes.}$

4.7.4 Cálculo del costo por kWh solar:

Producción anual= $16.8\text{kW} \times 4.5\text{kWh} \times 365 \text{ días} = 27,594\text{kWh/ año.}$

$$\text{Costo por kWh generado} = \frac{\text{RD\$277,658}}{27,594\text{kWh}} = \text{RD\$0.41/Kwh}$$

Ahorro anual:

RD\$ 293,268.36.

Ahorro en 5 años:

RD\$ 1,466,431.80

Si los precios de la electricidad aumentan, el ahorro sería aún mayor.

4.8 Comparación con Proyectos Similares

4.8.1 Proyectos de Paneles Solares en Escuelas y Espacios Públicos

En muchas instituciones educativas a nivel mundial, la implementación de paneles solares ha sido una práctica común para promover la energía limpia y reducir costos de energía. Proyectos como el de **Solar Schools Australia** y la **Escuela Secundaria Green Mountain en los EE. UU.** han utilizado paneles solares para alimentar parte de las necesidades energéticas de las escuelas, con el objetivo de reducir el impacto ambiental y los costos operativos.

Sin embargo, en la mayoría de estos casos, el sistema solar se limita únicamente a la generación de energía y no integra otras funcionalidades. "**SolTech Kids**", por otro lado, va más allá al combinar los paneles solares con espacios recreativos sombreados que protegen a los niños del sol mientras generan energía limpia. Esto no solo resuelve el problema de la falta de áreas sombreadas en muchas escuelas, sino que también optimiza el uso del espacio público, creando entornos multifuncionales que promueven la sostenibilidad y el aprendizaje ambiental.

4.9 Conclusiones

SolTech Kids ha logrado integrar con éxito paneles solares autolimpiables en áreas recreativas escolares, generando energía limpia y creando espacios sombreados para el bienestar de los estudiantes. El proyecto ha reducido costos de energía y mantenimiento, promoviendo la conciencia ambiental y el uso de energías renovables entre los jóvenes. Además, ha demostrado la viabilidad de esta tecnología, abriendo la puerta a su replicabilidad en otras instituciones educativas y contribuyendo a un modelo educativo más sostenible y responsable.

La reducción de la huella de carbono y el mejoramiento de la calidad de vida en las escuelas son algunos de los impactos más significativos del proyecto. La combinación de estos beneficios con la eficiencia de los paneles solares y su capacidad de autolimpieza lo convierte en una solución escalable que puede ser replicada en otras instituciones educativas, contribuyendo a una transición hacia un modelo más sostenible y responsable.

4.10 Recomendaciones

4.10.1 Ampliación del Proyecto: Es recomendable expandir el proyecto a otras escuelas de diferentes regiones, considerando las particularidades climáticas y geográficas de cada área. Esto permitirá evaluar el rendimiento de los paneles solares autolimpiables en diversas condiciones y adaptar el diseño según sea necesario.

4.10.2 Educación Ambiental: Se sugiere integrar en el currículo escolar actividades que permitan a los estudiantes conocer más sobre energías renovables y el funcionamiento de los sistemas solares. Esto fomentará una cultura de sostenibilidad en las futuras generaciones.

4.10.3 Mantenimiento y Monitoreo Continuo: Aunque la tecnología autolimpiable reduce la necesidad de mantenimiento, es importante implementar un sistema de monitoreo continuo para verificar la eficiencia de los paneles y realizar ajustes si es necesario.

4.10.4 Fortalecer la capacitación docente: Capacitar a los docentes en el uso y mantenimiento básico de los sistemas de paneles solares autolimpiables, para que puedan actuar como agentes multiplicadores del conocimiento sobre energías limpias y sostenibilidad, tanto en las aulas como en sus comunidades.

4.11 Referencias Bibliográficas.

1. <https://es.rst-cleantech.com/blog/5-benefits-of-automatic-solar-panel-cleaning>
2. <https://es.rst-cleantech.com/>
3. <https://presidencia.gob.do/noticias/mem-y-minerd-instalaran-paneles-solares-en-mas-de-300-escuelas-del-pais>
4. <https://www.solarreviews.com/es/blog/cuantos-paneles-solares-necesito-para-mi-casa>
5. <https://wandres.com/es/aplicaciones/limpieza-paneles/paneles-sandwich-y-placas-mdf/>
6. <https://www.technologyreview.es/s/1408/paneles-solares-que-se-limpian-solos>
7. <https://www.ragassolar.es/energia-solar-y-educacion-incorporando-paneles-solares-en-escuelas/>
8. <https://www.getcleartouch.com/es/the-pros-and-cons-of-interactive-panels-in-the-classroom/>
9. <https://www.thinkbright.mx/blog/ilumina-el-regreso-a-clases-con-energia-solar-beneficios-claves-para-escuelas-e-institutos>
10. <https://deyeess.com/es/about-solar-panels-20-things-you-need-to-know/>
11. <https://www.portafolio.co/energia/como-la-solar-podria-ayudar-a-hacerle-frente-al-fenomeno-de-el-nino-588748>
12. <https://ases.org/solartoday/>
13. www.solargis.com

4.12 Anexos

4.12.1 Líneas de código.

```
#include <WiFi.h>

#include <WebServer.h>

// Configuración de red Wi-Fi

const char* ssid = "ESP32_Motor_Control"; // Nombre de la red Wi-Fi

const char* password = "12345678"; // Contraseña de la red Wi-Fi

// Pines del puente H

#define IN1 26

#define IN2 27

#define ENA 25

// Servidor web en el puerto 80

WebServer server(80);

void setup() {

    // Configurar pines como salida

    pinMode(IN1, OUTPUT);

    pinMode(IN2, OUTPUT);

    pinMode(ENA, OUTPUT);
```

```
// Inicializar pines en LOW

digitalWrite(IN1, LOW);

digitalWrite(IN2, LOW);

ledcAttachPin(ENA, 0); // Canal 0 para PWM

ledcSetup(0, 5000, 8); // Frecuencia de 5 kHz y resolución de 8 bits

// Iniciar conexión Wi-Fi

WiFi.softAP(ssid, password); // Modo punto de acceso

Serial.begin(115200);

Serial.println("Wi-Fi iniciado.");

Serial.print("IP del ESP32: ");

Serial.println(WiFi.softAPIP());

// Rutas del servidor

server.on("/", handleRoot);      // Página principal

server.on("/forward", handleForward); // Avanzar

server.on("/backward", handleBackward); // Retroceder

server.on("/stop", handleStop);     // Detener

server.begin();                  // Iniciar servidor

Serial.println("Servidor iniciado.");
```

}

// Función para mover el motor hacia adelante

```
void handleForward() {
```

```
    digitalWrite(IN1, HIGH);
```

```
    digitalWrite(IN2, LOW);
```

```
    ledcWrite(0128); // Velocidad 50%
```

```
    server.send(200, "text/plain", "Motor avanzando");
```

}

// Función para mover el motor hacia atrás

```
void handleBackward() {
```

```
    digitalWrite(IN1, LOW);
```

```
    digitalWrite(IN2, HIGH);
```

```
    ledcWrite(0, 128); // Velocidad 50%
```

```
    server.send(200, "text/plain", "Motor retrocediendo");
```

}

// Función para detener el motor

```
void handleStop() {
```

```
    digitalWrite(IN1, LOW);
```

```
digitalWrite(IN2, LOW);

ledcWrite(0, 0); // Detener velocidad

server.send(200, "text/plain", "Motor detenido");

}

// Página principal

void handleRoot() {

String html = R"rawliteral(

<!DOCTYPE html>

<html>

<head>

<title>Control de Motor</title>

<style>

button {

font-size: 20px;

padding: 10px 20px;

margin: 5px;

}

</style>
)
```

```
</head>

<body>

<h1>Control de Motor por Wi-Fi</h1>

<button onclick="sendRequest('/forward')">Avanzar</button>

<button onclick="sendRequest('/backward')">Retroceder</button>

<button onclick="sendRequest('/stop')">Detener</button>

<script>

function sendRequest(route) {

    fetch(route).then(response => response.text()).then(data => alert(data));

}

</script>

</body>

</html>

)rawliteral";

server.send(200, "text/html", html);

}

void loop() {

    server.handleClient(); // Manejar solicitudes HTTP

}
```

4. 12.2 Anexos 2



RNC: 1-01-82124-8

1. Referencia de pago y fecha límite de pago. 6. Importe facturado y fecha límite de consumo.

2. Número de contrato y resumen de consumo.

3. Cálculo de consumo.

4. Número de contrato y Período de facturación.

5. Cálculo de la factura.

6. Número de contrato y fecha límite de consumo.

PUNTO DE EMISION: 1101 - LA FERIA PROL HEROES DE LUPERON, 1	TELEFONO: 809-683-9393
REFERENCIA DE PAGO: 6588155078 15	FECHA DE EMISION: 09/07/2024
MI MUNDO KIDS, S.R.L	RNC - CEDULA: 131797972
FECHA LIMITE DE PAGO : 08/08/2024	
Importante	

1

DIRECCION DEL SUMINISTRO CALLE EL LLANO No.: 1/A	LOC.: TROPICAL - METALDOM	REF.: PROX ESQ SOMBRERO
NIS: 2062500		
DATOS DEL CONTRATO	VOLTAJE:	POTENCIA CONTRATADA
TARIFA: BTS1	Baja 120/240 Doble Monofásica	.639 kW

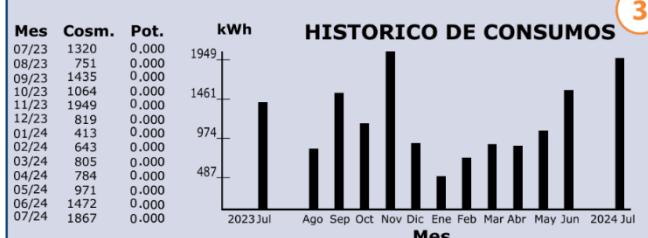
2

TIPO DE LECTURA	NO. DE CONTADOR	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	MULTIPLICO	CONSUMO
Potencia B.T.	15640925	0	11.996	1.0000	11.996 kW
Activa B.T.	15640925	7868	9735	1.0000	1867 kWh

Municipio: SANTO DOMINGO DE GUZMAN	Provincia: 2062500-DISTRITO NACIONAL	NIC
		6588155
TITULAR DEL CONTRATO		
MI MUNDO KIDS, S.R.L		
POTENCIA CONTRATADA	PERIODO DE FACTURACION	
.639 kW	09/06/2024 - 09/07/2024 = 30 días	

4

Este es su número de contrato



3

CALCULO DE LA FACTURA		
Cargo fijo	30 dias, RD\$ 128.59	RD\$ 128.59
Energía	1867 kWh X RD\$ 13.09	RD\$ 24,439.03
IMPORTE TOTAL EN RD\$		24,567.62
FECHA LIMITE DE PAGO		08/08/2024

5

6

RESERVADO PARA LA OFICINA DE COBRO

ORIGINAL	
titular del contrato	REFERENCIA DE PAGO 658815507815
MI MUNDO KIDS, S.R.L	FECHA LIMITE DE PAGO 08/08/2024
DIRECCION DEL SUMINISTRO	IMPORTE EN RD\$ 24,567.62
CALLE EL LLANO	
No.: 1/A	
LOC.:TROPICAL - METALDOM	
REF.:PROX ESQ SOMBRERO	
TARIFA: BTS1	
Ruta: 07	
Itiner.: 0001	

Presupuesto Inst. Paneles solares

Material	Cantidad	Costo Unitario (DOP)	Subtotal (DOP)
Paneles solares JASOLAR	28	\$ 5,900.00	\$ 165,200.00
Inversor Solis de 5kW	1	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00
Rieles de aluminio	6	\$ 2,500.00	\$ 15,000.00
Mid Clamps	24	\$ 65.00	\$ 1,560.00
End Clamps	12	\$ 65.00	\$ 780.00
Conectores MC4	12	\$ 54.00	\$ 648.00
Cable fotovoltaico	100m	\$ 100.00	\$ 10,000.00
Caja de conexiones DC	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
Disyuntores AC/DC	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Sistema de puesta a tierra	1	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00
Estructura lateral para bordes	12m	500/m	\$ 6,000.00
Baterias Soluna Litium 5KW	12	\$ 10,500.00	\$ 126,000.00
Mano de obra e instalación	0	\$ 40,000.00	\$ 40,000.00
Wifi Stick Solis	1	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00
Conektor Comunicación Solis	1	\$ 270.00	\$ 270.00
		TOTAL	\$ 254,258.00

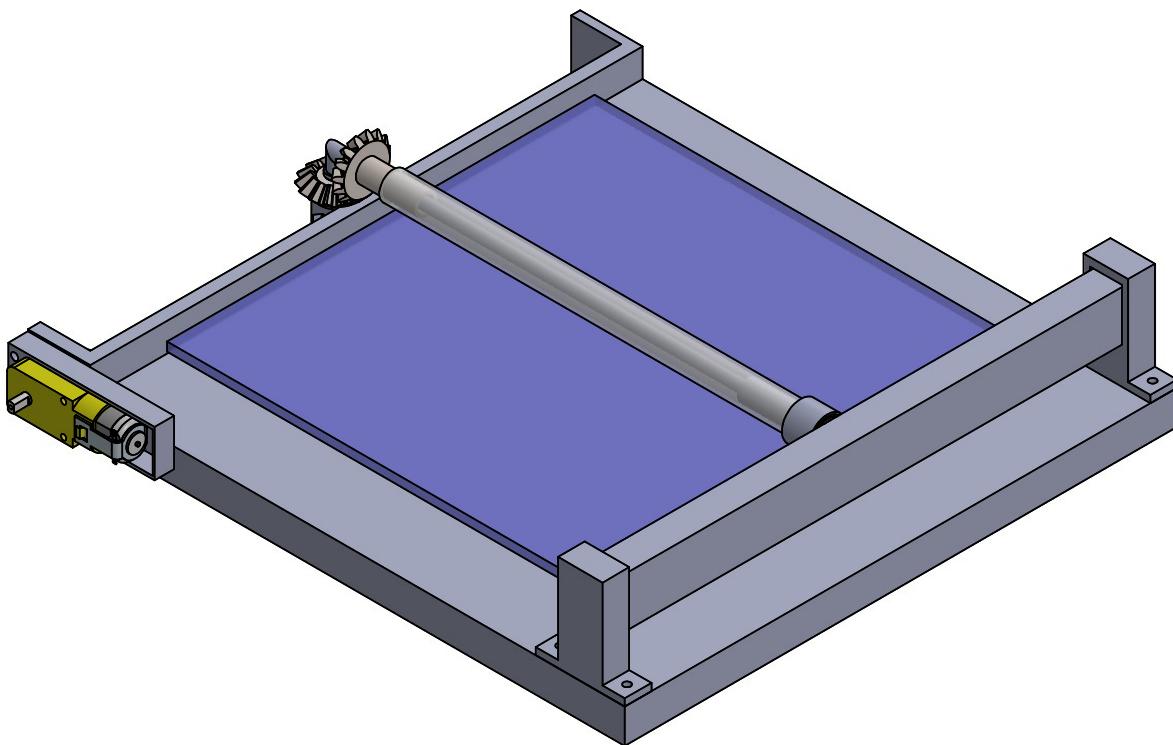
Presupuesto Inst. Sistema Limpieza

Material	Cantidad	Costo Unitario (DOP)	Subtotal (DOP)
Estructura Base (metal o aluminio)	2	\$ 2,500.00	\$ 5,000.00
Motor eléctrico (24V)	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Rodillo de limpieza con cerdas suaves	1	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
Soporte para el rodillo (guías lineales)	2	\$ 1,000.00	\$ 2,000.00
Aspersores	8	\$ 300.00	\$ 2,400.00
Tuberías y accesorios	10	\$ 200.00	\$ 2,000.00
Bomba de agua (opcional)	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Controlador eléctrico	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Cables y conectores eléctricos	5	\$ 300.00	\$ 1,500.00
		TOTAL	\$ 23,400.00

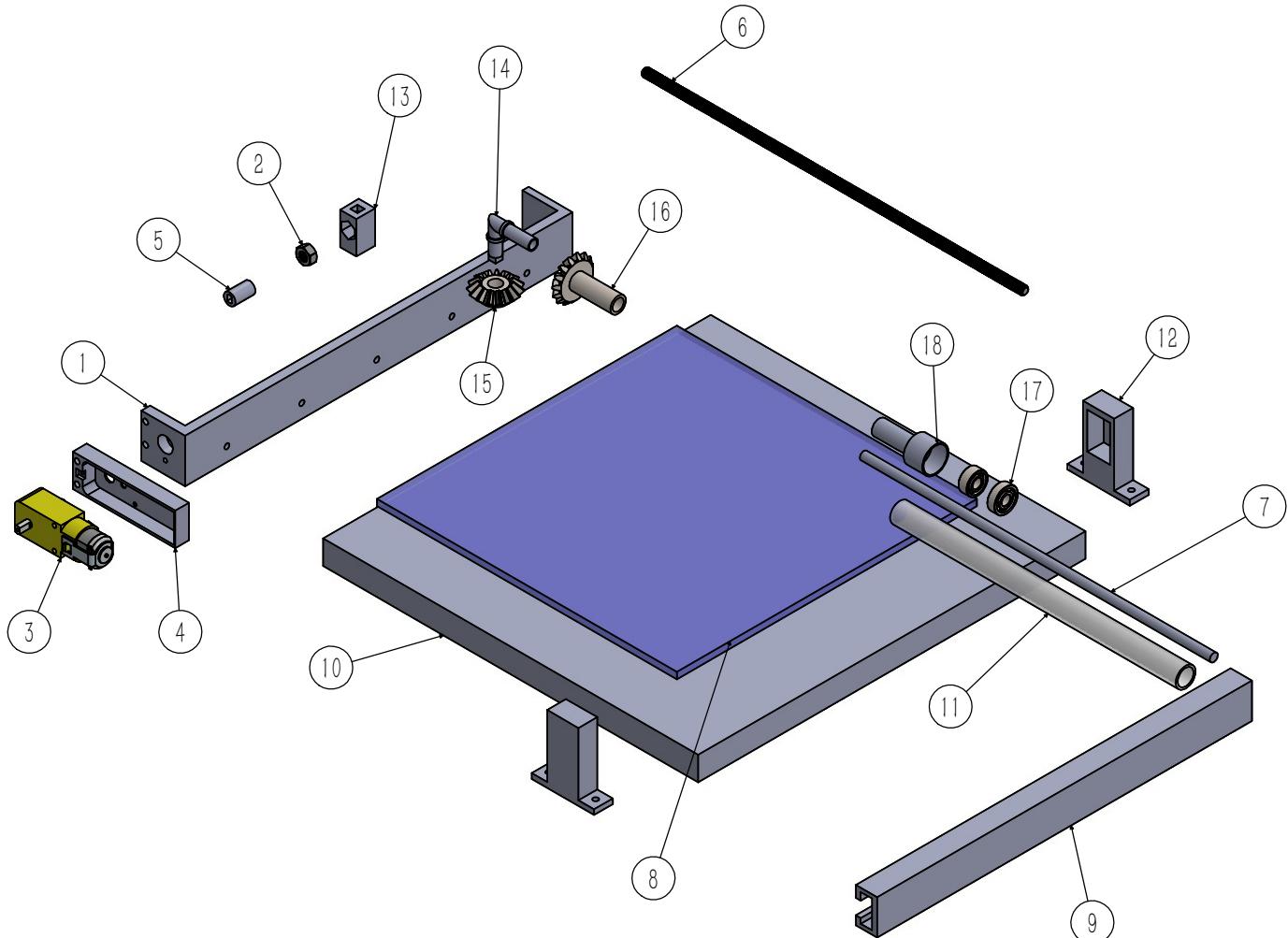
COSTO TOTAL

\$	277,658.00
----	------------

Anexo 3.

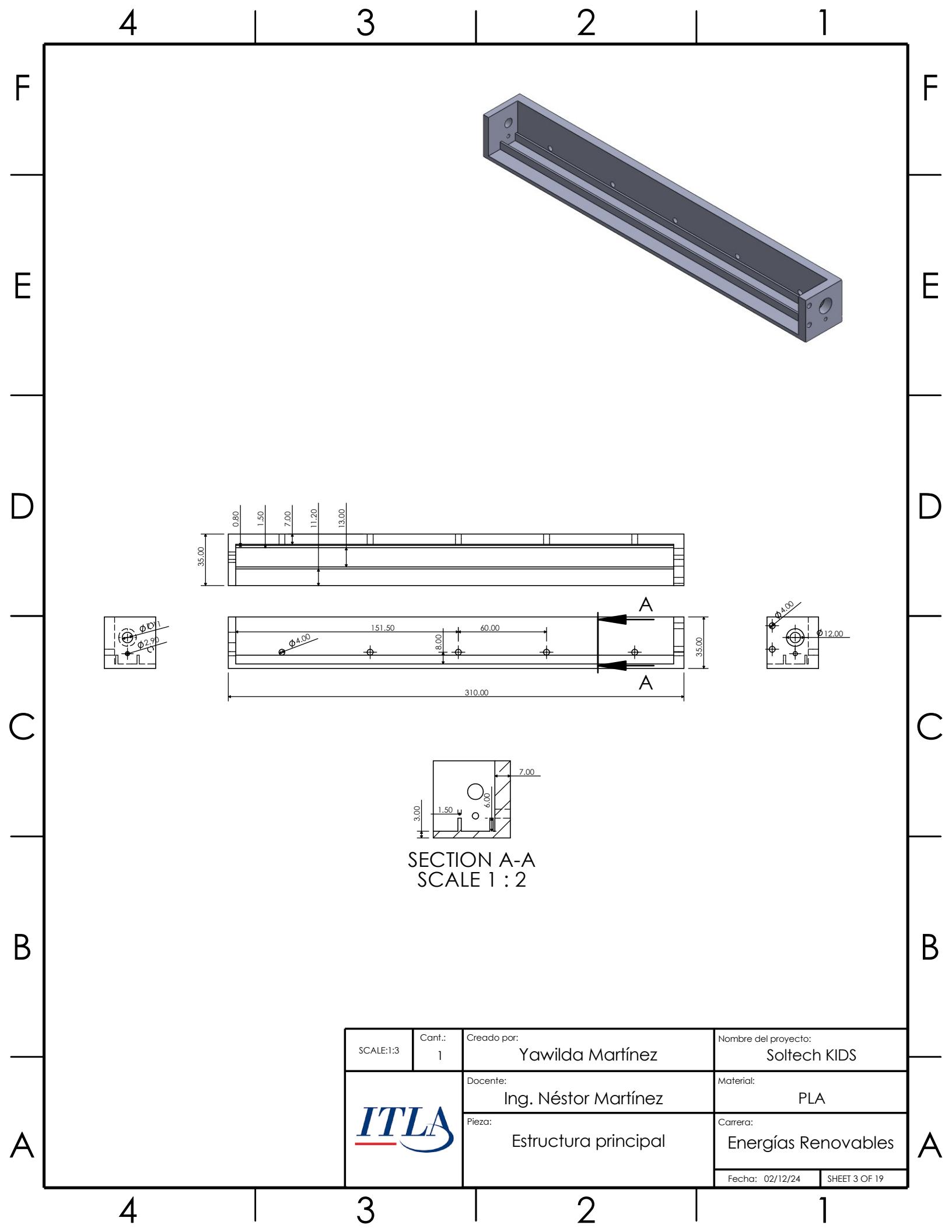


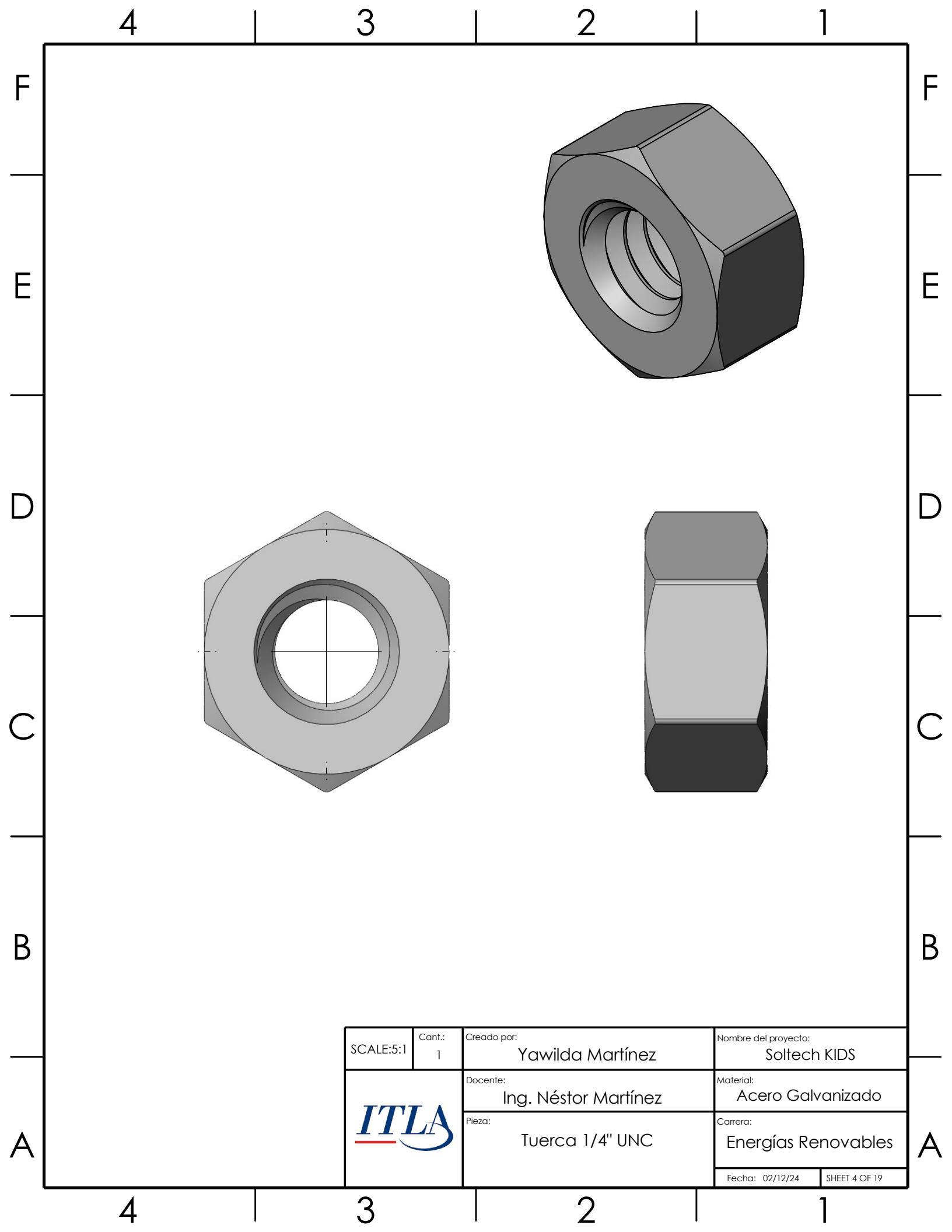
SCALE:1:2	Cant.: 1	Creado por: Yawilda Martínez	Nombre del proyecto: SolTech KIDS
ITLA		Docente: Ing. Néstor Martínez	Material: PLA
Pieza: Ensamble		Carrera: Energías Renovables	
Fecha: 02/12/24		SHEET 1 OF 19	

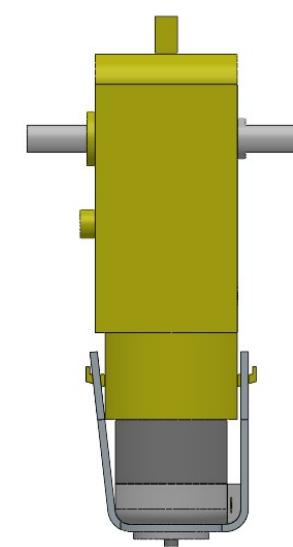
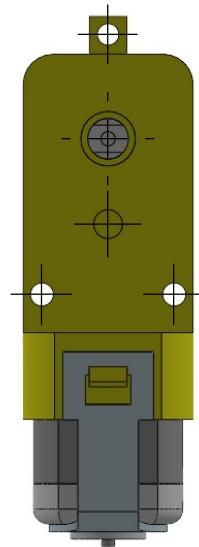
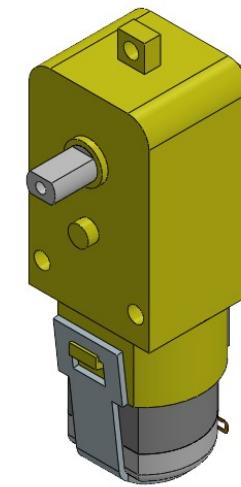


ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Estructura principal	1
2	Tuerca 1/4"	1
3	Motor	1
4	Estructura motor	1
5	Unión eje motor	1
6	Barra Roscada 1/4"	1
7	Eje fijo escobilla	1
8	Panel	1
9	Riel de apoyo	1
10	Base MDF	1
11	Escobilla	1
12	Base riel	2
13	Montura Escobilla	1
14	Montura engranajes	1
15	Engranaje	1
16	Piñon	1
17	Rodamiento	2
18	Soporte escobilla	1

SCALE:1:3	Cant.: 1	Creado por: Yawilda Martínez	Nombre del proyecto: Soltech KIDS
Docente: Ing. Néstor Martínez		Material: PLA	Carrera: Energías Renovables
Pieza: Vista Explosinada			
ITLA			Fecha: 02/12/24
			SHEET 2 OF 19



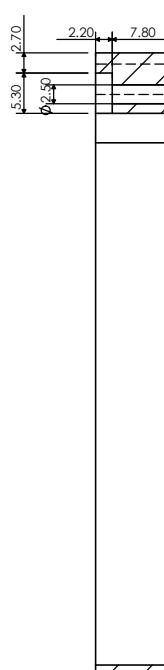
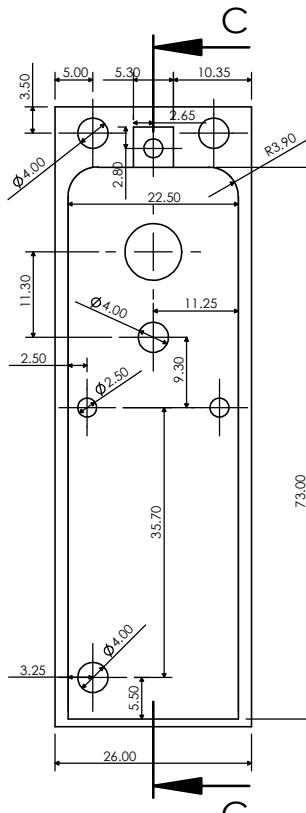
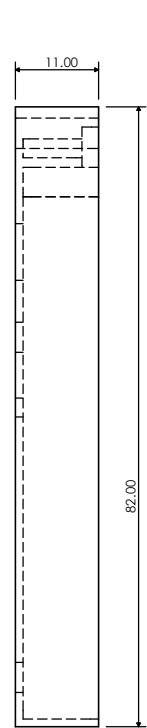
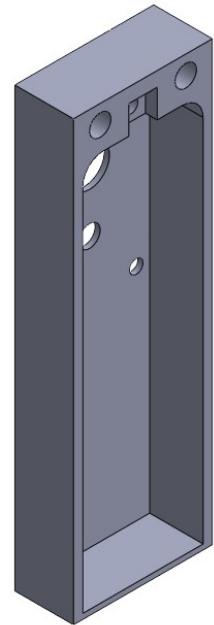




SCALE:1:1	Cant.: 1	Creado por: Yawilda Martínez	Nombre del proyecto: Soltech KIDS
Docente: Ing. Néstor Martínez		Material: PLA	
Pieza: Motor		Carrera: Energías Renovables	

ITLA

Fecha: 02/12/24	SHEET 5 OF 19
-----------------	---------------



SECTION C-C

SCALE:1:1	Cant.: 1	Creado por: Yawilda Martínez	Nombre del proyecto: Soltech KIDS
		Docente: Ing. Néstor Martínez	Material: PLA
		Pieza: Estructura Motor	Carrera: Energías Renovables
			Fecha: 02/12/24
			SHEET 6 OF 19

4 3 2 1

F

E

D

C

B

A

F

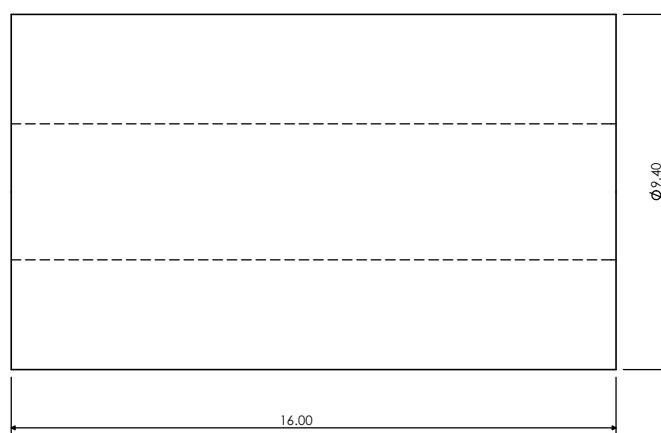
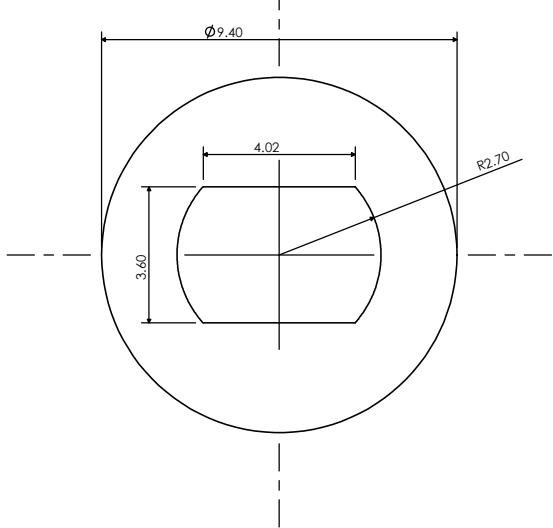
E

D

C

B

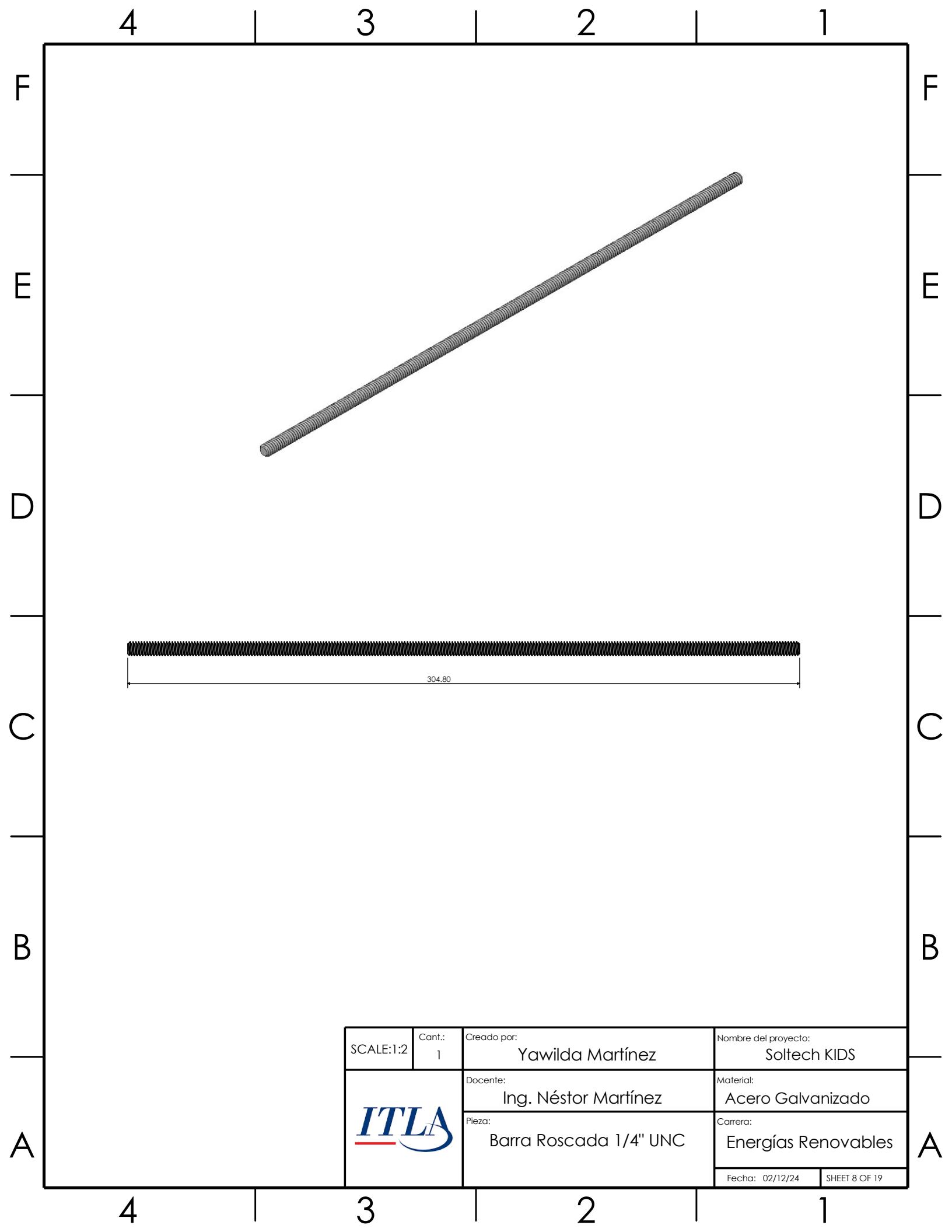
A

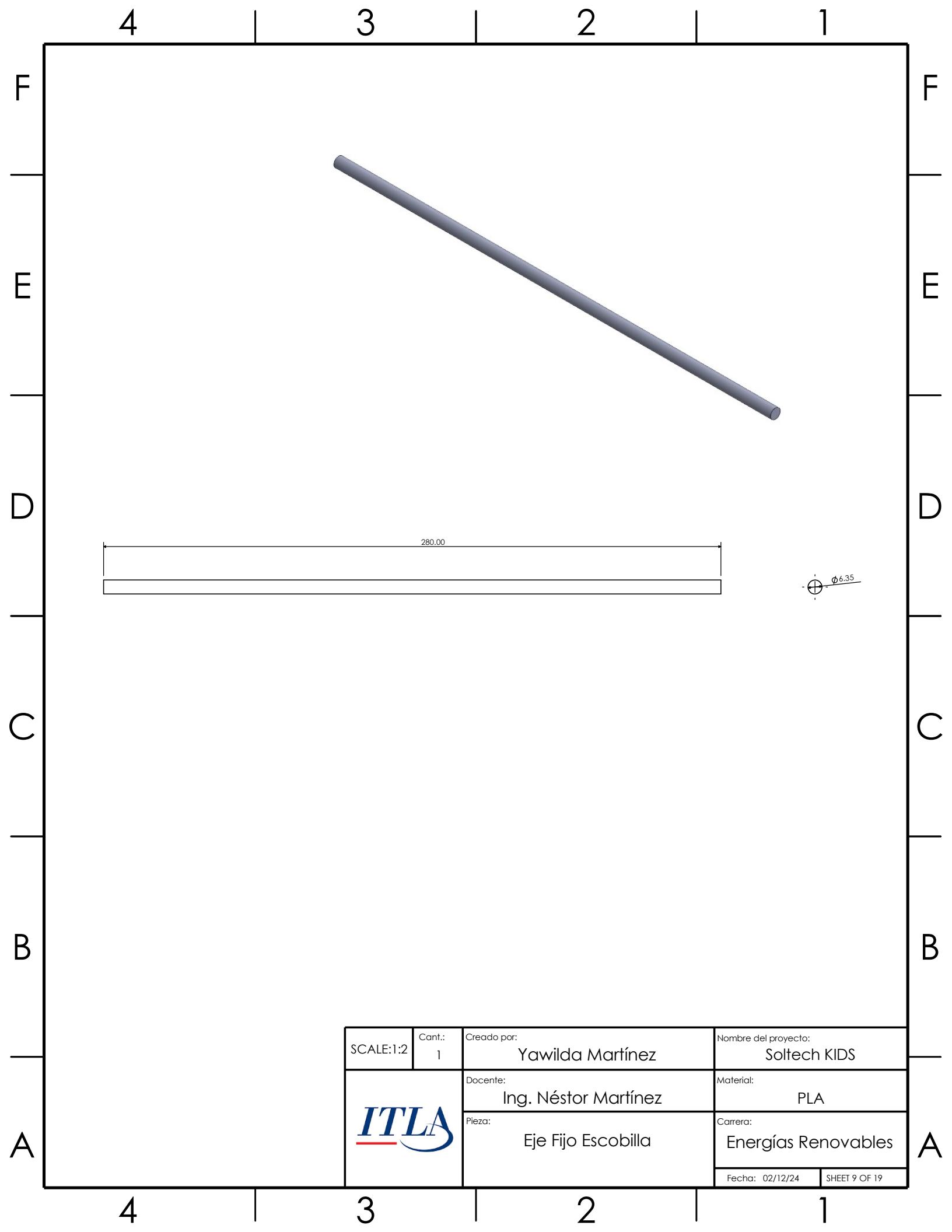


SCALE:2:1	Cant.: 1	Creado por: Yawilda Martínez	Nombre del proyecto: Soltech KIDS
Docente: Ing. Néstor Martínez		Material: PLA	
Pieza: Unión Eje Motor		Carrera: Energías Renovables	
Fecha: 02/12/24			SHEET 7 OF 19

ITLA

4 3 2 1

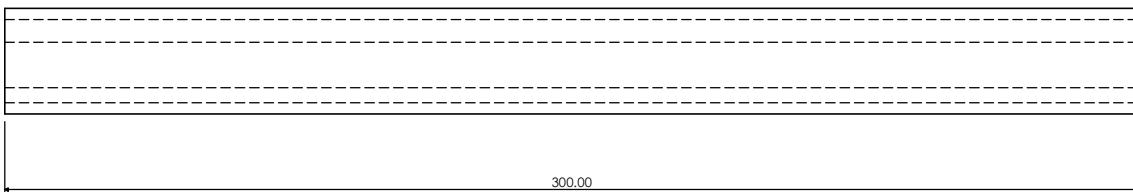
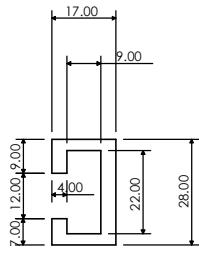
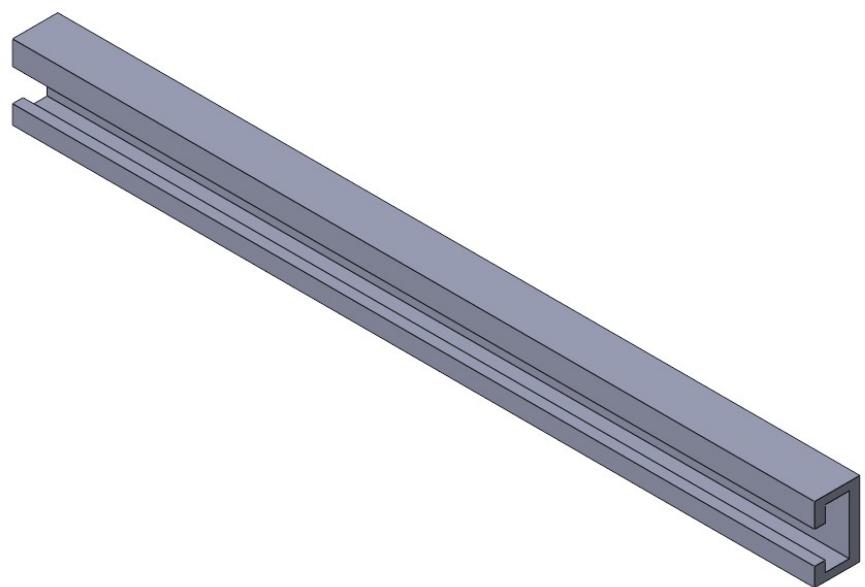




4 3 2 1

F
E
D
C
B
A

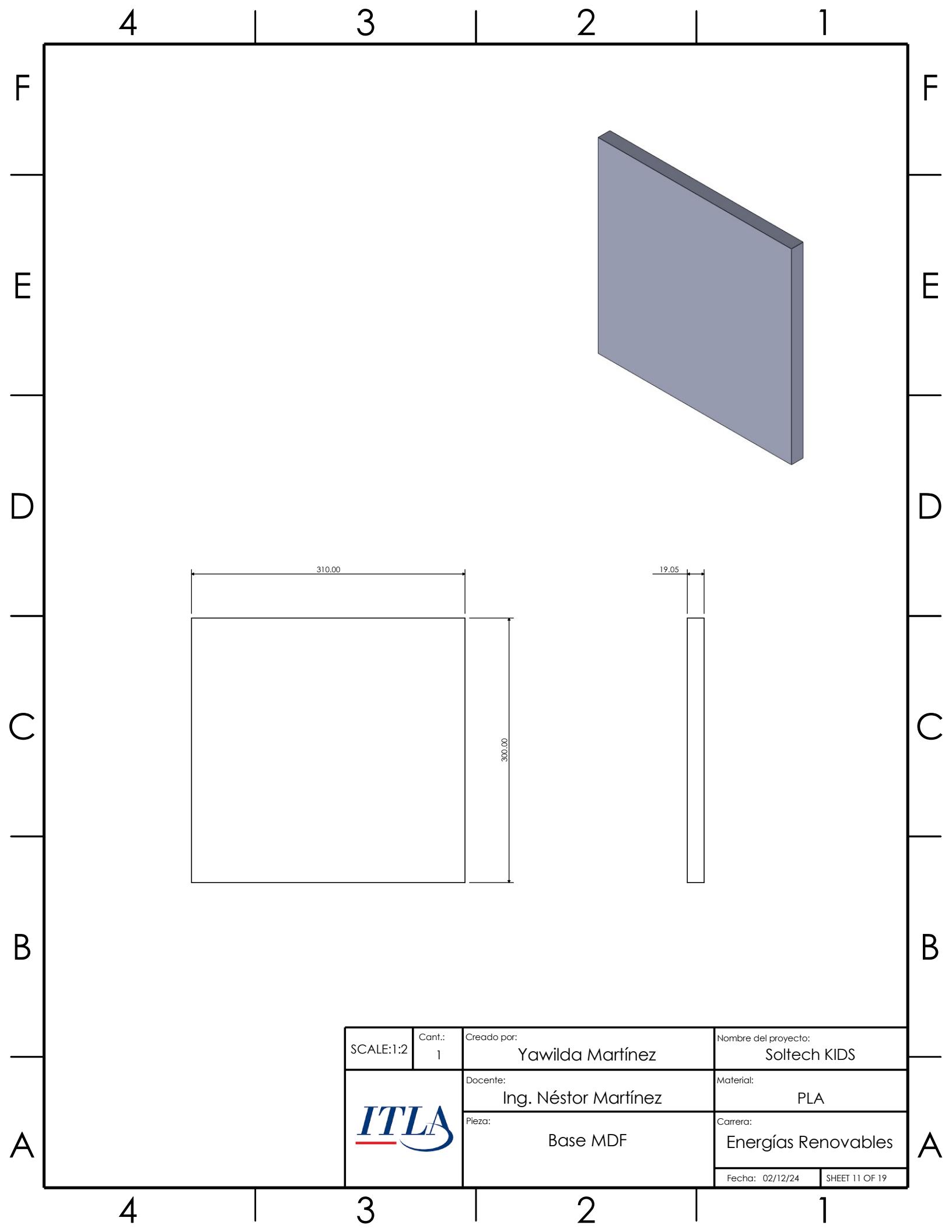
F
E
D
C
B
A

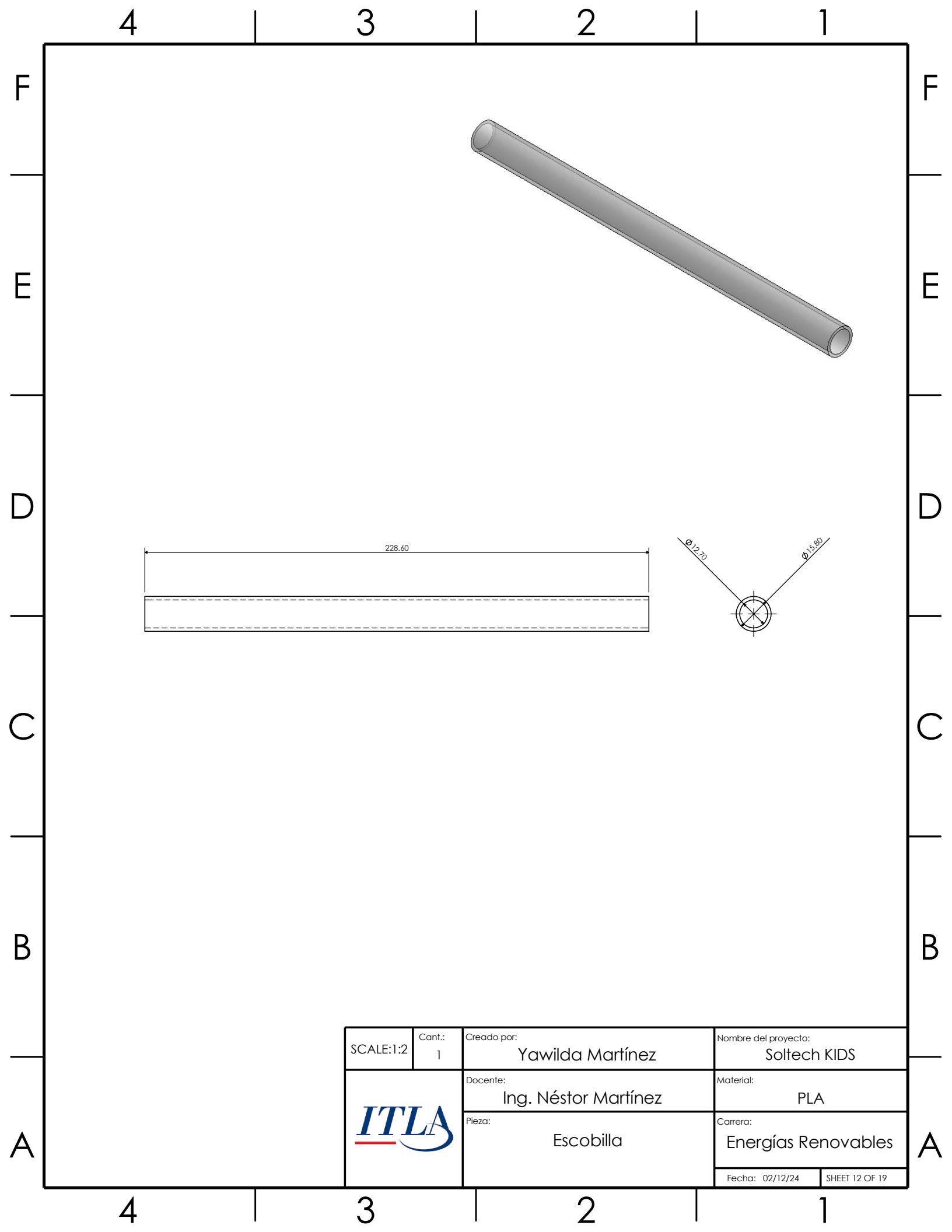


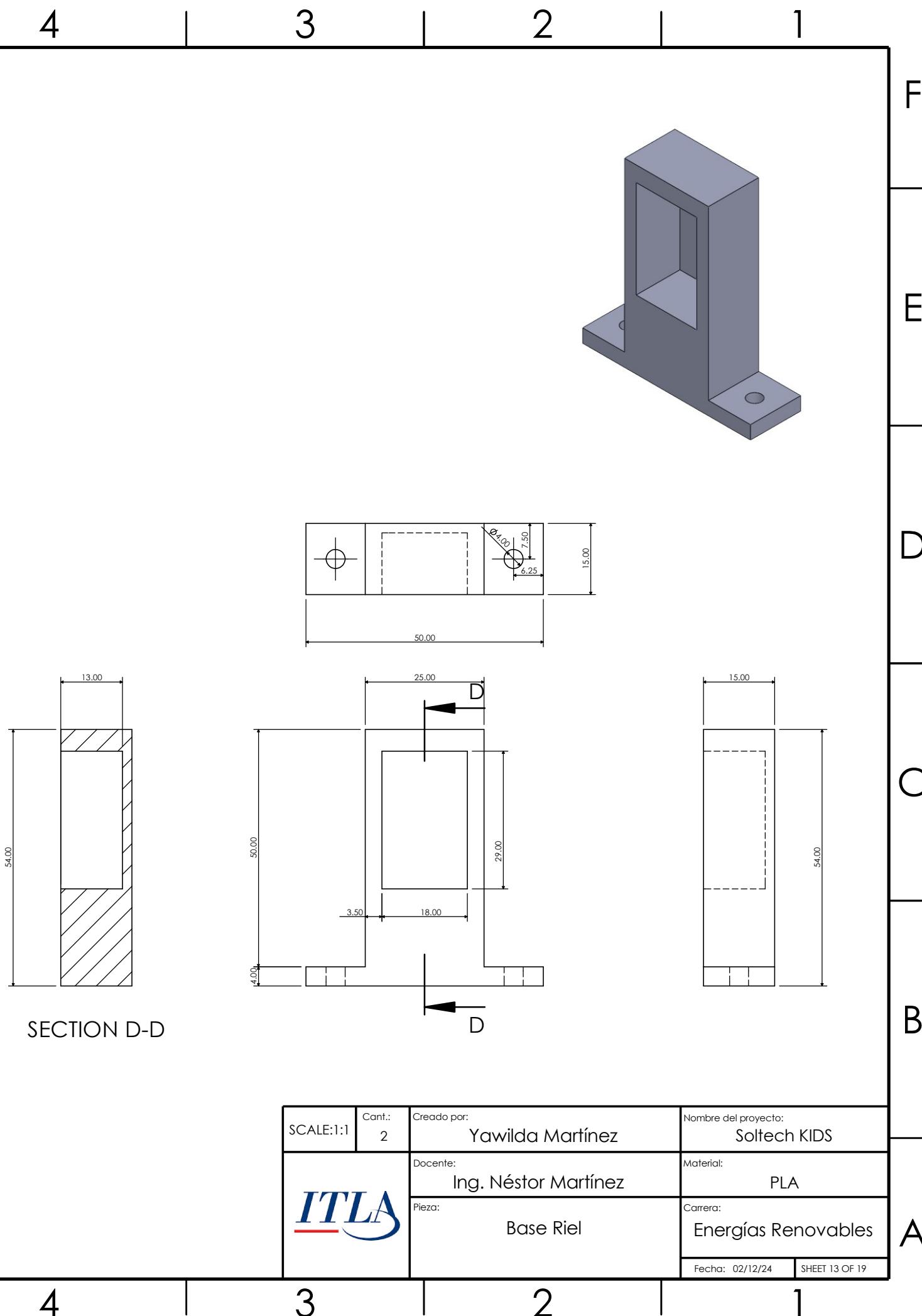
SCALE:1:2	Cant.: 1	Creado por: Yawilda Martínez	Nombre del proyecto: Soltech KIDS
Docente: Ing. Néstor Martínez		Material: PLA	
Pieza: Riel de apoyo		Carrera: Energías Renovables	
Fecha: 02/12/24			SHEET 10 OF 19

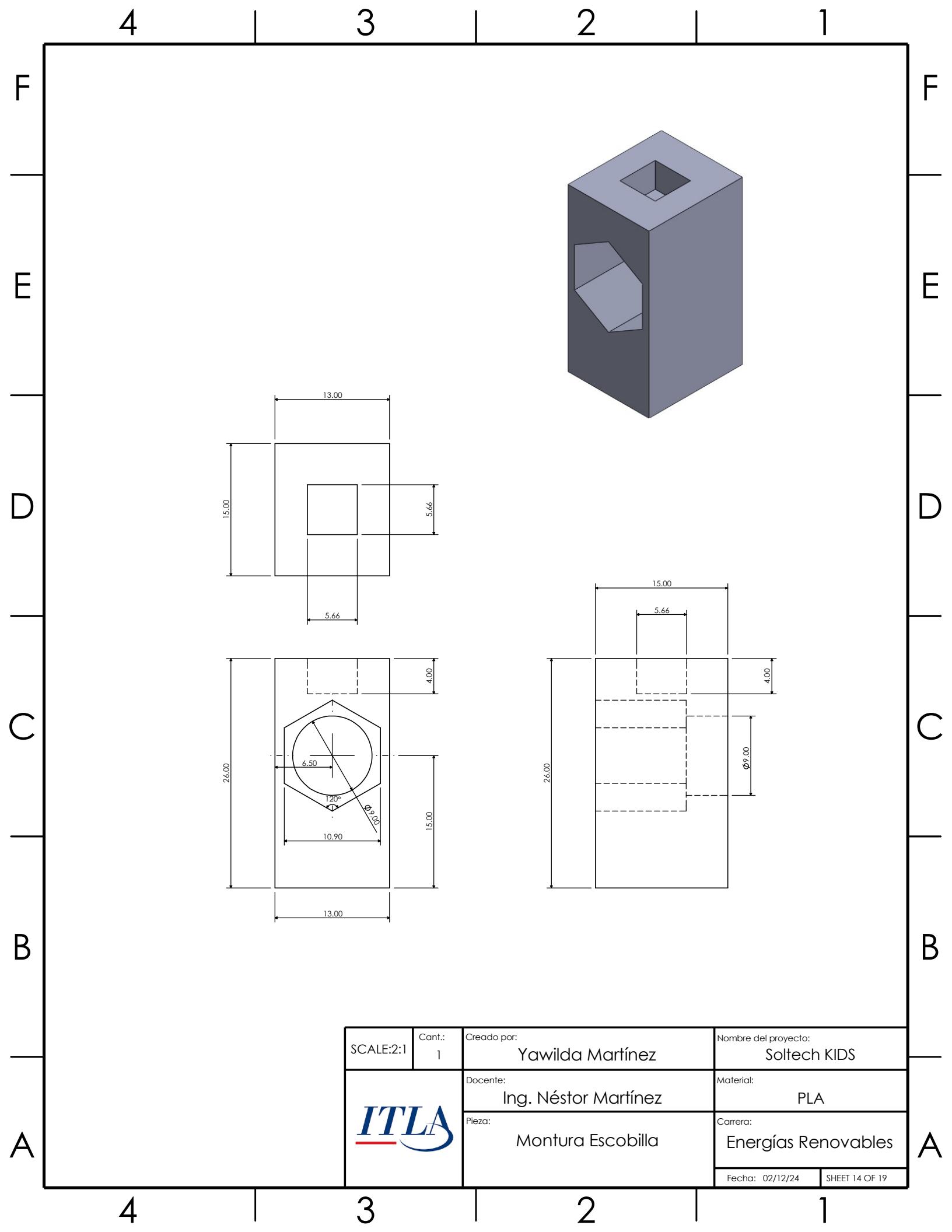
ITLA

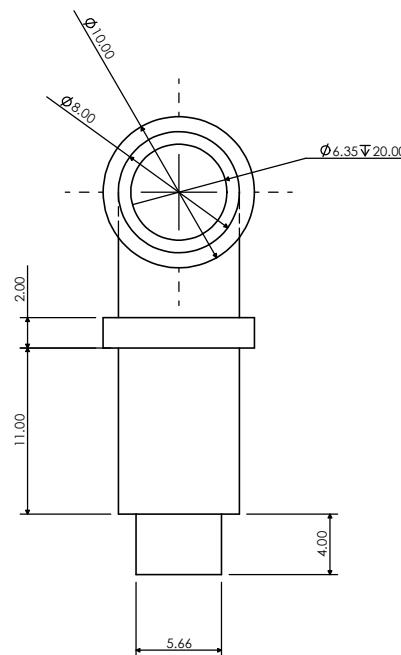
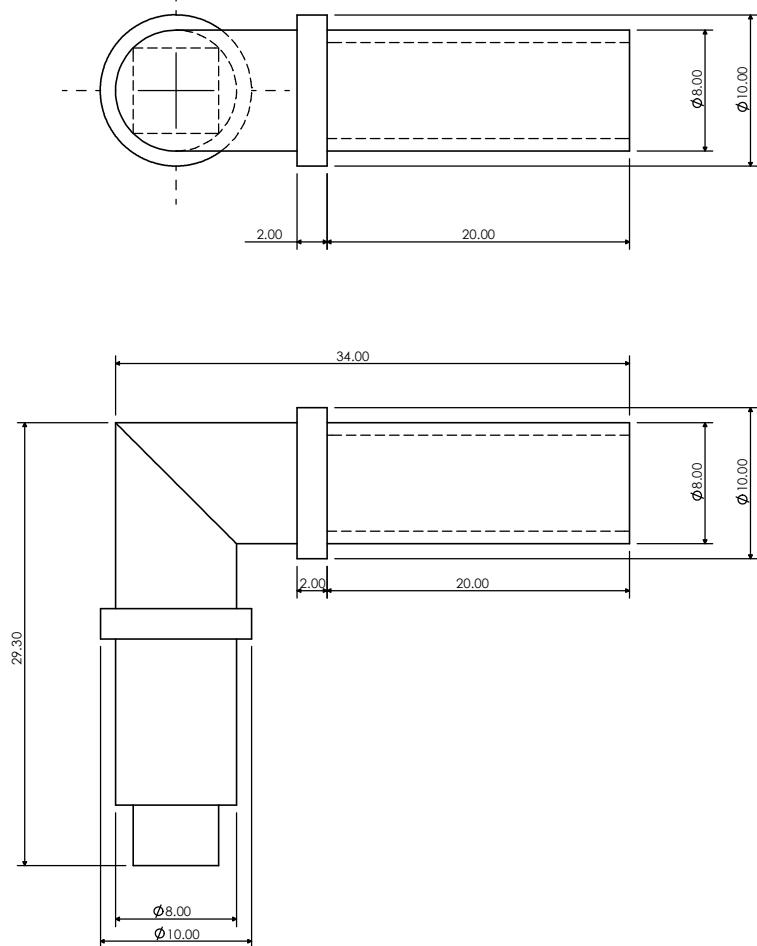
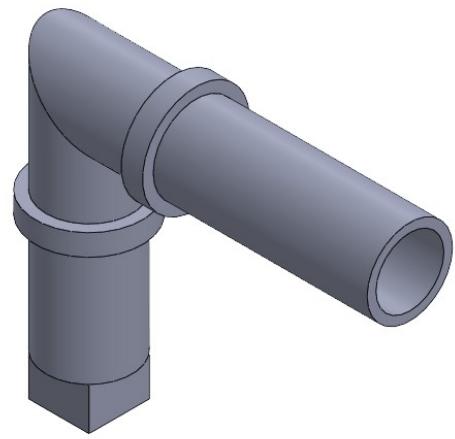
4 3 2 1



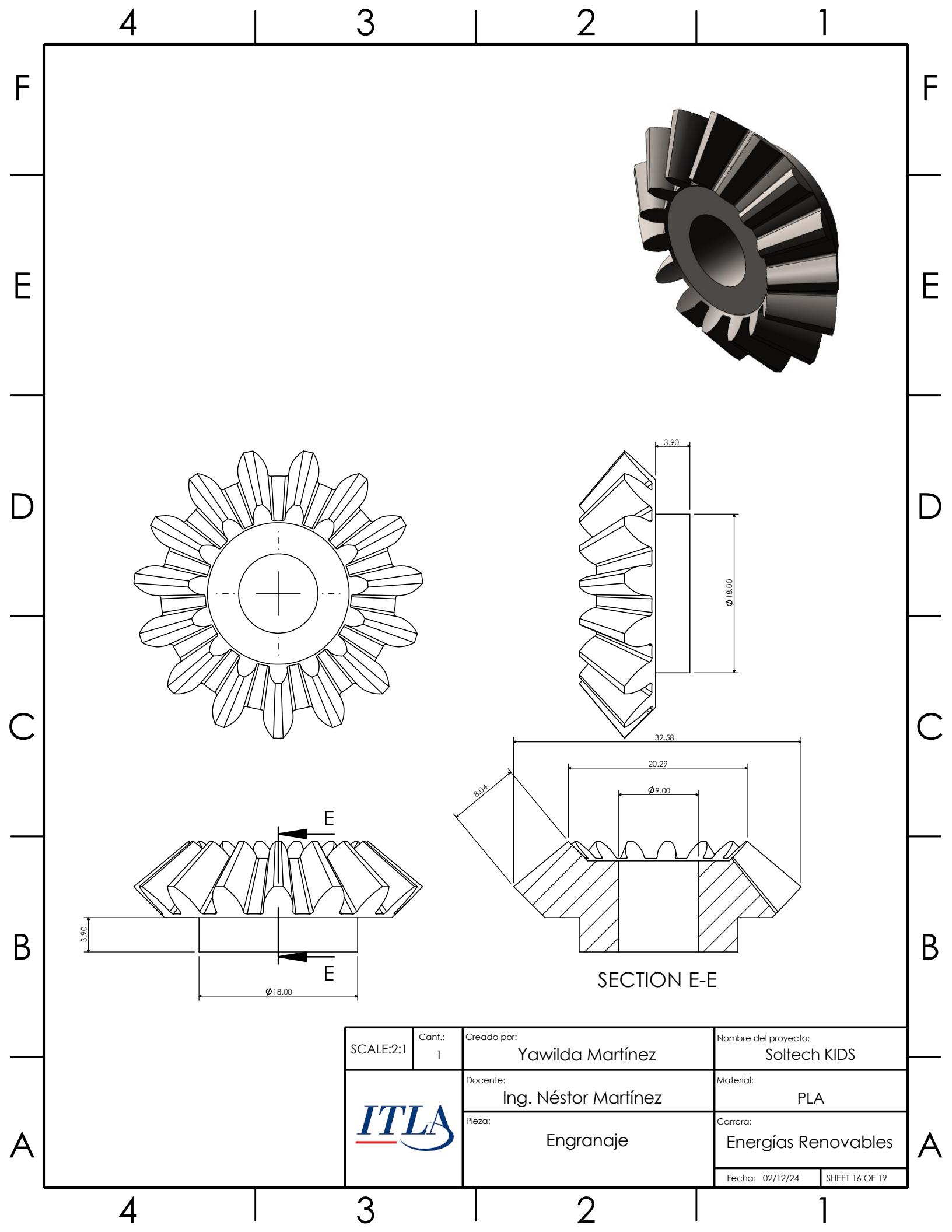


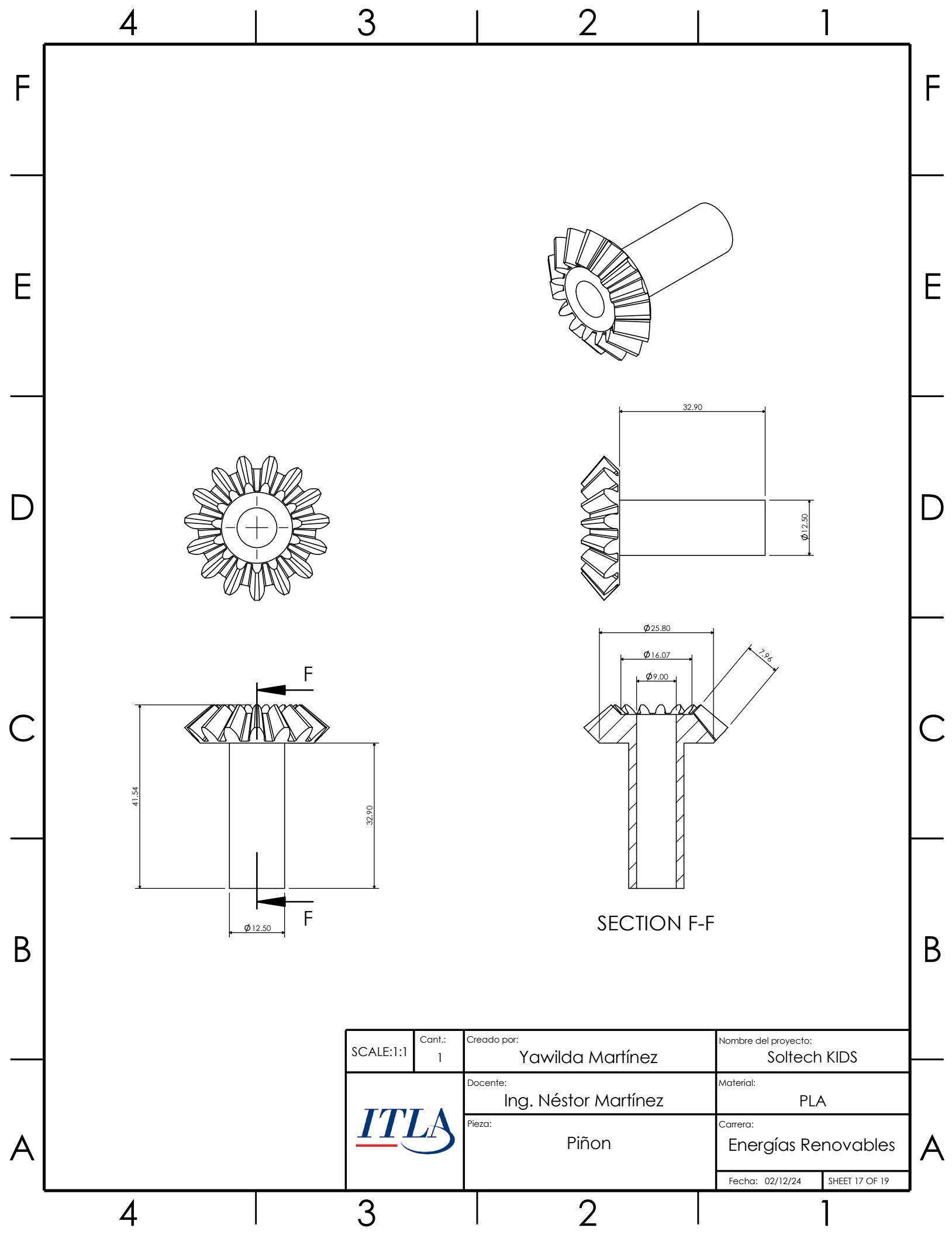


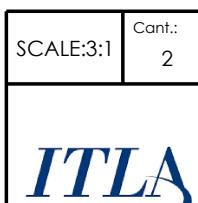
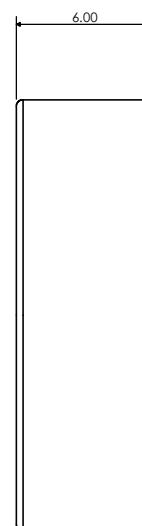
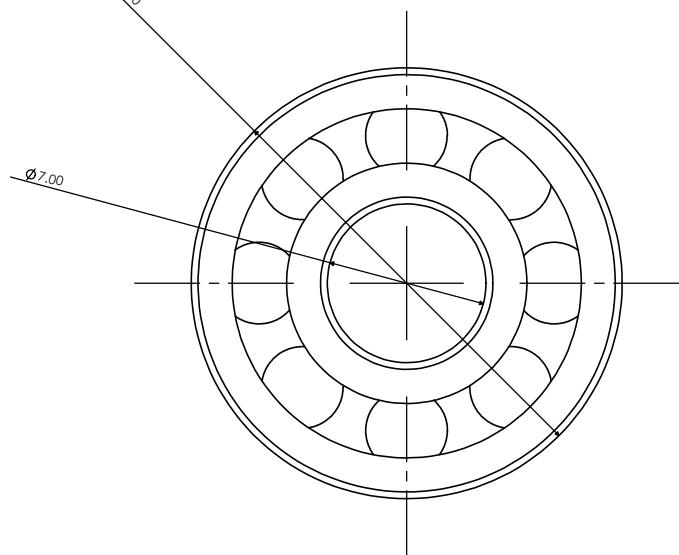




SCALE:2:1	Cant.: 1	Creado por: Yawilda Martínez	Nombre del proyecto: Soltech KIDS
		Docente: Ing. Néstor Martínez	Material: PLA
		Pieza: Montura engranajes	Carrera: Energías Renovables
			Fecha: 02/12/24
SHEET 15 OF 19			A







SCALE:3:1 Cant.: 2

Creado por:
Yawilda Martínez

Docente:
Ing. Néstor Martínez

Pieza:
Rodamiento

Nombre del proyecto:
SolTech KIDS

Material:
PLA

Carrera:
Energías Renovables

Fecha: 02/12/24 SHEET 18 OF 19

