

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CHASIS, SUSPENSIÓN Y DIRECCIÓN PARA  
VEHÍCULO DE TRACCIÓN ELÉCTRICA VTE TIPO COMPETENCIA VERSIÓN 2023

OSCAR FELIPE CHAVES CAMELO  
JOHAN ANTONIO PEÑA NIETO

TRABAJO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OBTENER  
EL TITULO DE INGENIERO MECÁNICO

ING. ALEJANDRO MARTINEZ ISRAEL  
ASESOR DEL PROYECTO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TECNICO CENTRAL  
ETITC  
BOGOTÁ D. C.  
FEBRERO – 2024

## AGRADECIMIENTOS

Expreso mi sincera gratitud en primer lugar a mi madre y hermano, quienes en la distancia mantuvieron su apoyo incondicional, a mi esposa por el apoyo emocional y su motivación constante para todo lo que representó el proceso de formarme como ingeniero. Es mi familia uno de los motivos de llegar a la meta.

Doy mi especial agradecimiento al ingeniero Alejandro Martínez docente de la ETITC. por sus valiosos aportes técnicos y su ejemplo como profesional, todo contribuyó significativamente a mi crecimiento como ingeniero. Así mismo, agradezco a todos los profesores de la ETITC que creyeron en el proyecto e hicieron su aporte. Sin su apoyo hubiese sido difícil llegar a la meta.

Gracias, especialmente a mi compañero y amigo Johan Peña, no siempre se encuentran personas valiosas en la vida y esta es una historia para seguir contando.

A la universidad, gracias, fue valioso todo lo aprendido este tiempo. Me enorgullece ser de la ETITC.

con agradecimiento para todos,

Oscar Felipe Chaves.

Agradezco en primer lugar a mi familia, por su apoyo incondicional y ser el motor del día a día, a mi madre y a mi padre por brindar fuerzas y aliento en momentos indispensables; al Profesor Alejandro Martínez por su asesoría y su gran compromiso para con este proyecto, a mis compañeros del Equipo E-force 2023, por tanto esfuerzo y sacrificio en la consecución de este logro, a los profesores de la facultad de mecánica de la ETITC, gracias por el aprendizaje brindado para nuestra formación profesional. A mi compañero Oscar Chaves, con quien vivimos muchas experiencias a lo largo de la formación y creamos un lazo de amistad muy grande, gracias por su colaboración y ser ejemplo de vida en muchos aspectos. A los compañeros de carrera con quienes compartí en algún momento, por su trabajo en equipo y el empeño que ofrecieron.

Finalmente agradecerle a la vida por la oportunidad de estudiar una carrera en la ETITC, un logro a nivel personal y profesional muy importante, poder desarrollar este proyecto, trabajar hombro a hombro en busca de un objetivo grupal, tener el respaldo de este maravilloso equipo y vivir una experiencia muy gratificante, con las expectativas fortalecidas para afrontar los retos por venir.

Cordialmente,

Johan Antonio Peña Nieto

# CONTENIDO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Resumen.....</b>                             | <b>1</b>  |
| <b>Palabras Claves .....</b>                    | <b>1</b>  |
| <b>Abstract.....</b>                            | <b>2</b>  |
| <b>Keywords:.....</b>                           | <b>2</b>  |
| <b>Capítulo I.....</b>                          | <b>3</b>  |
| <b>1. Metodología de investigación.....</b>     | <b>3</b>  |
| 1.1 Justificación.....                          | 3         |
| 1.2 Antecedentes.....                           | 3         |
| 1.3 Planteamiento del problema .....            | 3         |
| 1.4 Formulación del problema.....               | 4         |
| 1.5 Tipo de proyecto.....                       | 5         |
| 1.6 Objetivos.....                              | 5         |
| 1.7 Alcance.....                                | 5         |
| <b>Capítulo II .....</b>                        | <b>6</b>  |
| <b>2. El vehículo de competencias.....</b>      | <b>6</b>  |
| 2.1 Generalidades.....                          | 6         |
| 2.2 Marco teórico .....                         | 8         |
| 2.3 Marco Contextual .....                      | 20        |
| 2.4 Marco Conceptual.....                       | 21        |
| 2.5 Parametros de diseño.....                   | 21        |
| <b>Capítulo III.....</b>                        | <b>26</b> |
| <b>3. ¿Qué tipo de vehículos existen? .....</b> | <b>26</b> |
| 3.1 Análisis de soluciones existentes.....      | 26        |
| 3.2 Clasificación .....                         | 26        |
| 3.3 Criterios de análisis .....                 | 26        |
| 3.4 Resultados del análisis .....               | 26        |
| <b>Capítulo IV.....</b>                         | <b>27</b> |
| <b>4. Especificaciones generales .....</b>      | <b>27</b> |
| 4.1 Designación de servicio .....               | 27        |
| 4.2 Especificaciones de diseño .....            | 28        |
| 4.3 Especificaciones de manufactura .....       | 28        |
| 4.4 Especificaciones de funcionalidad .....     | 28        |
| 4.5 Especificaciones de producto .....          | 30        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Capítulo V.....</b>  | <b>31</b> |
| <b>5. Alternativas y criterios de selección .....</b>         | <b>31</b> |
| 5.1 Diseño y presentación de alternativas "A", "B", "C" ..... | 31        |
| 5.2 análisis y evaluación de alternativas.....                | 32        |
| 5.3 Matriz de decisión.....                                   | 33        |
| 5.4 Resultados del análisis de alternativas .....             | 33        |
| 5.5 Selección de la mejor alternativa.....                    | 33        |
| <b>CAPITULO VI .....</b>                                      | <b>34</b> |
| <b>6. Diseño de detalle .....</b>                             | <b>34</b> |
| 6.1 Diseño Dimensional .....                                  | 34        |
| 6.2 Diseño Volumétrico .....                                  | 36        |
| 6.3 Memoria de cálculos.....                                  | 37        |
| 6.4 Análisis de elementos finitos: .....                      | 42        |
| 6.5 Sistemas principales.....                                 | 47        |
| 6.6 Principio de Ackermann:.....                              | 54        |
| <b>CAPITULO VII .....</b>                                     | <b>57</b> |
| <b>7. Proceso de fabricación .....</b>                        | <b>57</b> |
| 7.1 Tabla de Materiales .....                                 | 60        |
| 7.2 Lista maestra de planos .....                             | 60        |
| 7.3 Análisis de costos.....                                   | 60        |
| <b>8. Participación en la competencia .....</b>               | <b>60</b> |
| <b>9. Conclusiones.....</b>                                   | <b>63</b> |
| <b>10. Glosario.....</b>                                      | <b>65</b> |
| <b>11. Referencias.....</b>                                   | <b>70</b> |
| <b>12. Bibliografía.....</b>                                  | <b>71</b> |

## Ilustraciones

|   |    |
|---|----|
| ILUSTRACIÓN 1 - CHASIS MONOCASCO MCLAREN .....                                    | 7  |
| ILUSTRACIÓN 2 - SUSPENSIÓN DE COMPETENCIAS PARA ALTO RENDIMIENTO.....             | 7  |
| ILUSTRACIÓN 3 - TREN DELANTERO .....  | 8  |
| ILUSTRACIÓN 4 - ARIEL ATOM .....  | 9  |
| ILUSTRACIÓN 5 - CARGAS DE FLEXIÓN.....  | 10 |
| ILUSTRACIÓN 6 - CARGAS DE TORSIÓN .....   | 10 |
| ILUSTRACIÓN 7 - CARGAS COMBINADAS .....   | 11 |
| ILUSTRACIÓN 8 - CARGAS LATERALES.....   | 11 |
| ILUSTRACIÓN 9 - CARGAS LONGITUDINALES .....                                       | 12 |
| ILUSTRACIÓN 10 - ANÁLISIS DEFORMACIONES POR CHOQUE (RIFI, 2020/21, PÁG. 41) ..... | 13 |
| ILUSTRACIÓN 11 - RIGIDEZ POR TORSIÓN.....   | 14 |
| ILUSTRACIÓN 12 - TRIANGULO DE GEOMETRÍA DE GIRO (HINCAPIÉ, 2020) .....            | 16 |
| ILUSTRACIÓN 13 - GEOMETRÍAS DE GIRO Y CONDICIONES DE ACKERMAN .....               | 17 |
| ILUSTRACIÓN 14 - ÁNGULOS Y GEOMETRÍA DE LA SUSPENSIÓN EN CURVAS .....             | 18 |
| ILUSTRACIÓN 15 - REPRESENTACIÓN CAMBER SOBRE LA RUEDA .....                       | 19 |
| ILUSTRACIÓN 16 - ANGULO DE CONVERGENCIA. ....                                     | 19 |
| ILUSTRACIÓN 17 – CONFIGURACIÓN DE CASTER .....                                    | 20 |
| ILUSTRACIÓN 18 - ESTRUCTURA TUBULAR (RIFI, 2020/21, PÁG. 17).....                 | 22 |
| ILUSTRACIÓN 19 - BARRA ANTIVUELCO (REGLAMENTO IIICNVTE, 2023, PÁG. 17) .....      | 23 |
| ILUSTRACIÓN 20 - COTAS DEL MODELO (REGLAMENTO IIICNVTE, 2023, PÁG. 17).....       | 23 |
| ILUSTRACIÓN 21 - RADIO DE GIRO DE 5 MTS. ....                                     | 25 |
| ILUSTRACIÓN 22 – MODELO 1 _ VTE VERSIÓN 2019 "E-FORCE 1" .....                    | 25 |
| ILUSTRACIÓN 23 – MODELO 2 _ DISEÑO 1 .....  | 25 |
| ILUSTRACIÓN 24 – MODELO 3 _ ESTRUCTURA MODELO "RIFI" .....                        | 25 |
| ILUSTRACIÓN 25 - DIAGRAMA CAJA NEGRA PROCESO .....                                | 29 |
| ILUSTRACIÓN 26 - CAJA GRIS PROCESO.....   | 30 |
| ILUSTRACIÓN 27 - ALTERNATIVA A - MODELO GRUPO CARROCEÍA .....                     | 31 |
| ILUSTRACIÓN 28 - ALTERNATIVA B - MODELO VTE 2020 .....                            | 31 |
| ILUSTRACIÓN 29 - ALTERNATIVA C – MODELO VTE 2023 .....                            | 32 |
| ILUSTRACIÓN 30 - MODELO FINAL VTE 2023 .....                                      | 33 |
| ILUSTRACIÓN 31 - PROPIEDADES FÍSICAS MODELO 3D .....                              | 34 |
| ILUSTRACIÓN 32 - SUSPENSIÓN DELANTERA .....                                       | 35 |
| ILUSTRACIÓN 33 - SUSPENSIÓN TRASERA.....  | 35 |
| ILUSTRACIÓN 34 - CONJUNTO DIRECCIÓN - SUSPENSIÓN.....                             | 36 |
| ILUSTRACIÓN 35 - VOLUMEN OCUPADO POR EL PILOTO .....                              | 36 |
| ILUSTRACIÓN 36 - VOLUMEN DEL HABITÁCULO.....                                      | 37 |
| ILUSTRACIÓN 37 - DEFORMACIÓN POR COLISIÓN FRONTAL .....                           | 39 |
| ILUSTRACIÓN 38 - RELACIÓN FUERZA VS DISTANCIA AMORTIGUACIÓN .....                 | 41 |
| ILUSTRACIÓN 39 – ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS .....                              | 42 |
| ILUSTRACIÓN 40 - DISTRIBUCIÓN DE CARGAS Y APOYOS.....                             | 42 |

|  |    |
|--|----|
| ILUSTRACIÓN 41 - ESFUERZOS SOBRE LA ESTRUCTURA.....                          | 43 |
| ILUSTRACIÓN 42 - DESPLAZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA.....                        | 43 |
| ILUSTRACIÓN 43 - ESFUERZOS EN CARGA LATERAL.....                             | 44 |
| ILUSTRACIÓN 44 – DESPLAZAMIENTO CON CARGA LATERAL.....                       | 44 |
| ILUSTRACIÓN 45 FACTOR DE SEGURIDAD CARGA LATERAL .....                       | 45 |
| ILUSTRACIÓN 46 - DEFORMACIONES CARGA SUPERIOR .....                          | 45 |
| ILUSTRACIÓN 47 - DEFORMACIONES CARGA SUPERIOR .....                          | 46 |
| ILUSTRACIÓN 48 - FACTOR DE SEGURIDAD CARGAS SUPERIORES .....                 | 46 |
| ILUSTRACIÓN 49 - DISTRIBUCIÓN DE MASA .....                                  | 47 |
| ILUSTRACIÓN 50 - DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DISTRIBUCIÓN DE MASAS.....         | 48 |
| ILUSTRACIÓN 51 - DISTRIBUCIÓN DE FRENADO .....                               | 50 |
| ILUSTRACIÓN 52 - CARGAS COMBINADAS .....                                     | 52 |
| ILUSTRACIÓN 53 – FUERZAS EN LA SUSPENSIÓN TRASERA .....                      | 53 |
| ILUSTRACIÓN 54 - DIAGRAMA CUERPO LIBRE SUSPENSIÓN TRASERA.....               | 53 |
| ILUSTRACIÓN 55 - DIMENSIONES DIRECCIÓN .....                                 | 55 |
| ILUSTRACIÓN 56 - RADIO DE CURVATURA .....                                    | 56 |
| ILUSTRACIÓN 57 - VERIFICACIÓN DE ESPACIOS Y ELEMENTOS .....                  | 57 |
| ILUSTRACIÓN 58 - FABRICACIÓN CHASIS.....                                     | 58 |
| ILUSTRACIÓN 59 - PRUEBAS DE CARGA.....                                       | 58 |
| ILUSTRACIÓN 60 ETAPAS DE FABRICACIÓN – CHASIS - SUSPENSIÓN - DIRECCIÓN ..... | 59 |
| ILUSTRACIÓN 61 - INTEGRACIÓN DE LOS SUBSISTEMAS AL CHASIS .....              | 59 |
| ILUSTRACIÓN 62 - LISTADO DE MATERIALES .....                                 | 60 |
| ILUSTRACIÓN 63 - DATOS DE ANÁLISIS VTE 2023 .....                            | 61 |
| ILUSTRACIÓN 64 - PARTICIPACIÓN COMPETENCIA VTE 2023 .....                    | 61 |
| ILUSTRACIÓN 65 - VTE 2023 .....  | 62 |
| ILUSTRACIÓN 66 - EFICIENCIA DURANTE GRAND PRIX .....                         | 62 |
| ILUSTRACIÓN 67 - PRUEBAS CONSUMO DE POTENCIA VTE 2019 .....                  | 63 |

## Tablas

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabla 1 - Comparativo Modelos Existentes .....</b> | <b>26</b> |
| <b>Tabla 2 - Resultados .....</b>                     | <b>27</b> |
| <b>Tabla 3 - Matriz modelo Final .....</b>            | <b>33</b> |

## Ecuaciones

|  |    |
|--|----|
| ECUACIÓN 1 - RIGIDEZ UNIDIMENSIONAL .....  | 13 |
| ECUACIÓN 2 - ÁNGULOS PEQUEÑOS DE LA DIRECCIÓN .....  | 17 |
| ECUACIÓN 3 - ÁNGULOS PEQUEÑOS DE LA DIRECCIÓN .....  | 17 |
| ECUACIÓN 4 - ENERGÍA CINÉTICA .....  | 38 |
| ECUACIÓN 5 - ENERGÍA DE IMPACTO .....  | 38 |
| ECUACIÓN 6 - VELOCIDAD MEDIA.....  | 38 |
| ECUACIÓN 7 - TIEMPO MEDIO .....  | 40 |
| ECUACIÓN 8 - ACELERACIÓN MEDIA.....  | 40 |
| ECUACIÓN 9 - FUERZA MEDIA.....   | 40 |
| ECUACIÓN 10 – FUERZA EN TÉRMINOS DE LA ACELERACIÓN .....                                   | 41 |
| ECUACIÓN 11 – REMPLAZO DEL TIEMPO .....  | 41 |
| ECUACIÓN 12 - FUERZA RESULTANTE .....  | 41 |
| ECUACIÓN 13 - CALCULO PESO .....   | 47 |
| ECUACIÓN 14 - CALCULO FUERZAS Y MOMENTOS .....   | 48 |
| ECUACIÓN 15 - ECUACIÓN DE POSICIÓN .....   | 49 |
| ECUACIÓN 16 - ECUACIÓN DE VELOCIDAD.....   | 50 |
| ECUACIÓN 17 - ECUACIÓN DE ACELERACIÓN.....   | 50 |
| ECUACIÓN 18 - ECUACIÓN DE FUERZA DE FRENADO PORCENTUAL .....                               | 51 |
| ECUACIÓN 19 - ECUACIÓN DE PRESIÓN DE FRENADO EN PASTILLAS .....                            | 52 |
| ECUACIÓN 20 - ECUACIÓN DE FUERZA DE AMORTIGUACIÓN .....                                    | 53 |
| ECUACIÓN 21 - ECUACIÓN DE EQUIVALENCIAS DE MOMENTOS EN ARTICULACIÓN DE TIJERA TRASERA..... | 54 |

## **RESUMEN**

El proyecto de desarrollo tecnológico de un vehículo de tracción eléctrica (VTE), se lleva a cabo en la ETITC con el propósito de participar en la tercera competencia nacional de vehículos de tracción eléctrica encuentro que reúne a las diferentes universidades del territorio nacional. Este proyecto, pretende poner a prueba, la capacidad de diseñar y construir con la mayor eficiencia, un vehículo de tracción eléctrica, que será medido bajo estándares de calidad, mediante pruebas de resistencia estática, dinámica y funcionalidad del prototipo.

Uno de los principales retos del diseño es la seguridad del piloto, ya que este debe en todo momento estar protegido ante volcamientos, colisiones o imprevistos que resulten en la evacuación pronta y eficaz del mismo. Por otra parte, es necesario implementar un sistema de amortiguación que logre mantener tracción en las ruedas para los diferentes obstáculos de los circuitos, haciendo necesario involucrar el sistema de dirección que responde al piloto en cada maniobra de forma correcta.

Dado el alcance del proyecto, este debe ser direccionado para su fabricación, lo que implica gestionar los recursos, métodos y disposición de espacios de trabajo disponibles por la ETITC. Desde el diseño, se denotan los procesos necesarios para establecer la ruta crítica de fabricación, que define el punto de partida para el cronograma de actividades que ajuste los tiempos de entrega del proyecto.

Como proceso final, todos los subsistemas de Chasis, suspensión, Dirección, Frenos, carrocería, habitáculo y sistema eléctrico serán presentados en un conjunto como el vehículo de tracción eléctrica tipo monoplaza de competencia; reservando en este documento etapas de desarrollo de los conjuntos de chasis, dirección y suspensión.

## **PALABRAS CLAVES**

Vehículo eléctrico, Vehículo de tracción eléctrica, VTE, Chasis, Competencia nacional de vehículos de tracción eléctrica, CNVTE, Monoplaza, Seguridad.



## **ABSTRACT**

The technological development project of an electrically powered vehicle (VTE) is carried out at the ETITC with the purpose of participating in the third national competition for electric traction vehicles, a contest that brings together the different universities of the national territory. This project aims to test the ability to design and build with the greatest efficiency, an electric traction vehicle, which will be measured under quality standards, through tests of static resistance, dynamics, and functionality of the prototype.

One of the main challenges of the design is the safety of the pilot, since he or she must always be protected against overturns, collisions or unforeseen events that result in his prompt and effective evacuation. On the other hand, it is necessary to implement a damping system that maintains traction on the wheels for the different obstacles on the circuits, making it necessary to involve the steering system that responds to the pilot in each maneuver correctly.

Given the scope of the project, it must be designed for its manufacturing, which implies managing the resources, methods, and layout of workspaces available by the ETITC. From the design, the necessary processes and the critical manufacturing path were established, which defines the starting point for the schedule of activities that adjusts the delivery times of the project.

As a final process, all the subsystems of Chassis, suspension, Steering, Brakes, bodywork, passenger compartment and electrical system will be presented as the competition single-seat electric traction vehicle, including in this document the development stages of the chassis, steering and suspension assemblies.

## **KEYWORDS:**

Electric vehicle, Electric traction vehicle, VTE, Chassis, National competition for electric traction vehicles, CNVTE, Single-seat, Safety.

# **CAPÍTULO I**

## **1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

En este capítulo se desarrolla la metodología de investigación, basados en la definición de la situación problema, los lineamientos de la competencia nacional de vehículos eléctricos y la trazabilidad de los objetivos para llegar al alcance del proyecto.

### **1.1 JUSTIFICACIÓN**

En el marco de la formación académica profesional, los resultados de aprendizaje se ven evidenciados con proyectos donde se puedan poner en práctica estos conceptos, así como validar su cumplimiento mediante un producto o desarrollo científico. Un escenario predilecto para la puesta en práctica de las habilidades requeridas por un ingeniero mecánico es la III Competencia Nacional de Vehículos de Tracción Eléctrica VTE.

### **1.2 ANTECEDENTES**

Para el presente proyecto, se ha contado con el trabajo realizado en el VTE de la versión 2019. Este vehículo fue construido bajo los lineamientos del reglamento de competencia que se estableció por la organización y que superó en todos los aspectos las pruebas mínimas.

Aun cuando este monoplaza superó las pruebas, no fue suficiente para lograr una buena participación en la competencia. Falencias notables en la suspensión y sistemas de dirección hicieron que el vehículo fuese inestable en las curvas y obstáculos de la pista; mencionando además el peso innecesario del chasis, generando un alto consumo de potencia que superó los límites sancionatorios del reglamento.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La constante necesidad en la reducción de acciones generadoras de gases de efecto invernadero, el desarrollo y tecnificación de los sistemas de generación y almacenamiento de energía, la creciente demanda de vehículos eléctricos y la formación consciente en el impacto de las actividades humanas ha generado un campo de acción bastante amplio para la movilidad eléctrica. Los vehículos eléctricos hoy en día son la principal alternativa a los sistemas tradicionales impulsados por combustibles fósiles. Estos factores son los principios básicos para llevar a cabo la propuesta de un vehículo eléctrico de competencias que se caracterice por sus detalles de seguridad y eficiencia energética.

### ***Necesidad***

Para la versión 2023 de la competencia Nacional de Vehículos de tracción eléctrica (VTE), la ETITC requiere un vehículo de competencia que posea una estructura capaz de soportar las cargas y exigencias de seguridad, garantizando las condiciones de estabilidad y conducción requeridas en la competición.

### ***Descripción del problema***

Para dar solución al criterio de seguridad, estabilidad y conducción, es necesario realizar un estudio del chasis, comportamiento de la suspensión y efectividad del mando de dirección del vehículo, los aspectos indispensables para analizar el diseño, pasando por definir la posición ergonómicamente correcta y estableciendo el centro de gravedad más bajo, que favorezca la dinámica del vehículo en las curvas y que mantenga la estabilidad y maniobrabilidad. Estos criterios, acompañados además por el factor de seguridad, le agregan al diseño la confiabilidad requerida en competencias automovilísticas. También es necesario tener en cuenta la relación peso-potencia consumida, la cual, es determinante en las pruebas de capacidad y rendimiento energético de las baterías, por lo tanto, el diseño debe ser considerado para ser lo más liviano posible.

### ***Identificación del problema***

Al examinar a detalle las necesidades presentes en la problemática y alineando la normativa desarrollada por la competencia, se definen algunos aspectos centrales y de funcionalidad que se tendrán en cuenta:

*Seguridad, eficiencia y ergonomía en la estructura del VTE.*

*Contacto permanente de las ruedas con los diferentes terrenos.*

*Maniobrabilidad efectiva del VTE y conducción segura para el piloto.*

*Integralidad y construcción de los sistemas.*

## **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

A continuación, se proponen los siguientes interrogantes, producto de la identificación de las necesidades críticas del proyecto:

*¿Cuáles son las condiciones estructurales del chasis que brinden la seguridad, eficiencia y ergonomía para competir?*

*¿Cómo garantizar el contacto permanente de las ruedas para que se adapte mejor a las condiciones aleatorias del terreno?*

*¿Cómo garantizar un sistema que permita conducir el VTE de forma segura y eficiente con el menor esfuerzo en el mando del piloto?*

*¿Cuáles son los procesos y criterios a considerar en la fabricación de las partes de los conjuntos chasis, suspensión y dirección, para garantizar su funcionamiento adecuado?*

## **1.5 TIPO DE PROYECTO**

Modalidad proyecto de ingeniería – Proyecto de desarrollo tecnológico.

Es un trabajo que busca la aplicación de conocimientos en la solución de un problema o necesidad relacionada con el campo profesional y detectada claramente en una empresa o comunidad determinada, o el desarrollo o aplicación de una innovación tecnológica con todos sus componentes. (Acuerdo No. 02 del 22 de abril, 2022, pág. 2)

## **1.6 OBJETIVOS**

### ***Objetivo General***

*Elaborar las partes del conjunto chasis, dirección y suspensión del vehículo eléctrico VTE versión 2023.*

### ***Objetivos específicos***

*Diseñar un chasis capaz de soportar las cargas y pruebas de desempeño definidas en los lineamientos de la competencia, que permita la integración de los demás subsistemas del vehículo.*

*Diseñar un sistema de suspensión capaz de absorber las irregularidades del terreno haciendo posible el contacto de las tres ruedas con el suelo durante el mayor tiempo posible.*

*Diseñar un sistema de dirección, idóneo para la maniobrabilidad y control en la conducción del vehículo.*

*Fabricar las partes de los conjuntos chasis, dirección y suspensión garantizando el funcionamiento adecuado de los subsistemas una vez que sean ensamblados.*

## **1.7 ALCANCE**

Establecer el diseño para el conjunto de chasis, suspensión y dirección considerando todos los métodos de fabricación aplicables en cada subsistema del vehículo, definidos a partir de los estudios de topología y tipología de las formas utilizadas en cada subsistema.

Participar en la tercera competencia nacional de vehículos de tracción eléctrica.

Redactar Un documento escrito donde se sustente los detalles desarrollados en el proyecto.

## ***CAPITULO II***

### ***2. EL VEHÍCULO DE COMPETENCIAS***

En este capítulo, se aborda una pequeña fundamentación en los detalles y conceptos referentes a un vehículo de competencia, es necesario centrarse en un chasis de este tipo y su conceptualización por ser el centro de estudio del proyecto, esto también es necesario puesto que la teoría de diseño y desarrollo de las diferentes variaciones de chasis es tan amplia, que ocuparía una labor infructuosa y de poca utilidad.

Es importante definir los términos, conceptos y principios fundamentales usados para el desarrollo del proyecto. Como el diseño se basa en un vehículo de competencia, será necesario conocer los detalles y criterios usados que garantice el cumplimiento de los requerimientos y definan los conceptos físicos, mecánicos, de diseño, estéticos y otras características presentes en la creación de un proyecto de este tipo.

#### ***2.1 GENERALIDADES***

Los vehículos de competencia, a diferencia de los vehículos diseñados para uso particular, tienen unos principios de funcionalidad y seguridad más altos. Esto es evidente desde el punto de vista de los materiales y las estrictas condiciones de fabricación, ya que muchas de las condiciones a las que serán expuestos son mucho más exigentes y riesgosas que un chasis convencional diseñado para transporte.

Pero para comenzar, es necesario definir algunos conceptos básicos:

##### ***Chasis:***

Es básicamente el esqueleto de un automóvil. Se trata de la estructura interna de un vehículo que soporta, da rigidez y se encarga de soportar la masa y ubicar los componentes en una posición adecuada. (Volkswagen Mexico, 2023).



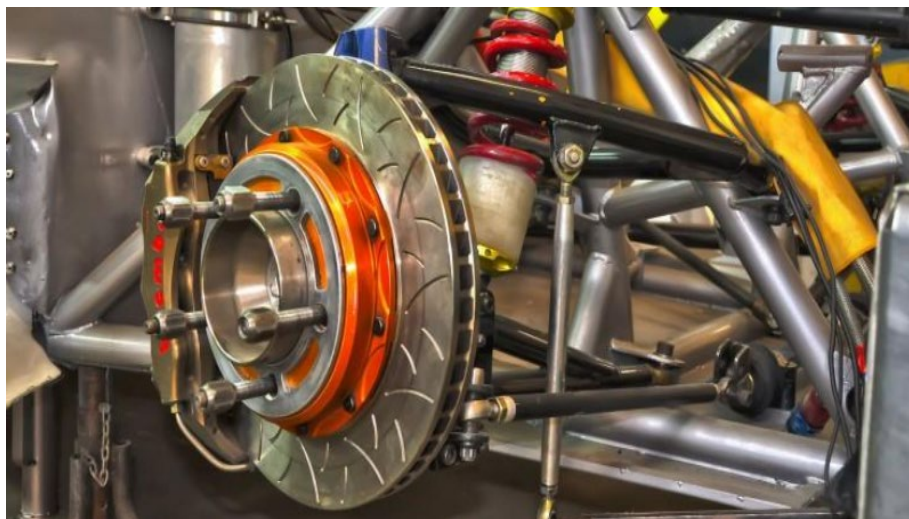
**Ilustración 1 - Chasis monocasco McLaren**

(Recuperado de <https://www.diariomotor.com/2016/05/03/monocasco-fibra-carbono-historia-mclaren/> 16/04/2023)

### **Suspensión:**

El sistema de suspensión, visto de una manera simple es un sistema de componentes que unen las ruedas del vehículo al chasis, permitiendo que haya un amplio movimiento relativo entre las partes y sean capaz de absorber las diferentes deformaciones presentes en el terreno de conducción. (Getauto.es, 2023)

Otra facultad que ofrece el sistema de suspensión es permitir el contacto directo de la rueda con el suelo, logrando adaptarse al terreno y garantizar en todo momento contacto, control y tracción con el suelo.



**Ilustración 2 - Suspensión de competencias para alto rendimiento**

([https://iad.la/blogs/el-sistema-de-suspension-en-autos-de-competicion\\_86/](https://iad.la/blogs/el-sistema-de-suspension-en-autos-de-competicion_86/))

### ***Sistema de dirección***

El sistema de dirección tiene el propósito de dirigir por medio de las ruedas delanteras para orientar el vehículo en la trayectoria deseada, garantizando en todo momento el control y maniobra del vehículo por medio del volante y los demás elementos del sistema. (Motorkote, 2023)



**Ilustración 3 - Tren delantero**

(Recuperado de: <http://www.fuelwasters.com/2011/04/formula-sae-la-direccion-ackermann.html>)

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

Para un vehículo de competencia existen una serie de diseños convencionales o se pueden considerar “adecuados” como funcionales y bases de diseño.

Existen tres tipos de chasis denominados tubular, monocasco (Ilustración 1 – Pag.7) e híbrido. Este último estilo recibe su nombre así por la fusión de los conceptos del chasis tipo tubular y monocasco, donde el chasis tipo monocasco consta de una estructura superficial fabricada en capas de polímeros reforzadas con diferentes compuestos; resultado de la innovación de los materiales y diseño estructural en el campo de la ingeniería mecánica, donde los costos no son un problema.

En el caso específico del VTE 2023, el tipo de chasis más propicio por la complejidad, costos y procesos de fabricación es el denominado “tubular” o de cercha. Para este desarrollo no se trata de una innovación en el tipo de estructura, ya que la versión anterior del VTE se basó en un chasis de este tipo; aunque cabe resaltar que, desde el punto de vista del concepto y la distribución, se plantea una mejora en la estructura. Para esto se debe conocer más sobre este tipo de chasis.

## Chasis Tubular:

Se trata de una estructura o armazón constituida por “tubos” o elementos estructurales unidos generalmente por uniones soldadas, o algún otro tipo de unión, que se caracterizan por ser un conjunto bastante liviano pero muy rígido. Es un diseño tan práctico y resistente que se utiliza bastante en carreras, pues garantiza la integridad física del piloto en caso de un accidente. Debido a su complejidad en la fabricación es un modelo poco práctico para el desarrollo en masa, pero funciona bastante bien para vehículos en diferentes tipos de competencias. (Análisis del proceso de diseño y fabricación del chasis tubular para Vehículo Fórmula SAE, 2018, pág. 2)

Ventajas:

*De fácil construcción.*

*Economico y versatil.*

*Alto grado de Rigidez y seguridad.*

*Liviano.*



**Ilustración 4 - Ariel Atom**

(Recuperado de <https://www.arielmotor.co.uk/ariel-vehicles/ariel-atom/> en 29/04/2023)

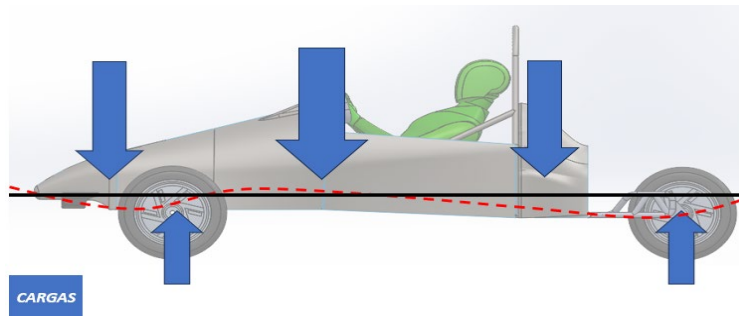
En el desarrollo de un chasis resistente, se deben evaluar muchos factores de funcionamiento, no simplemente con la configuración de la estructura es suficiente para determinar la geometría del chasis.

Para eso se deben conocer los conceptos de cargas aplicadas en los vehículos, que pueden ser consideradas en cinco casos:



### *Cargas de flexión:*

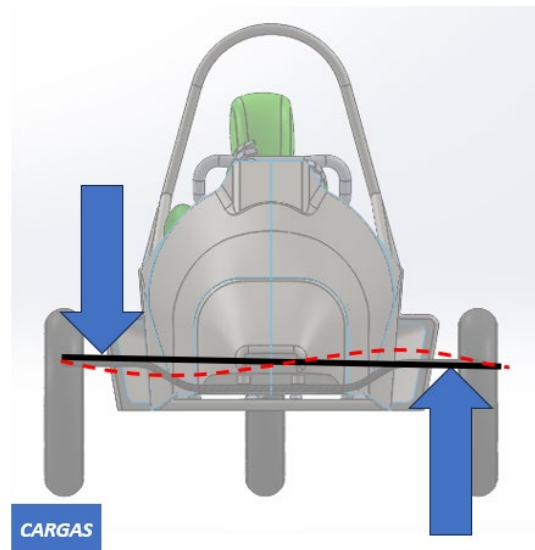
Son cargas debidas al peso de los componentes, que se distribuyen a lo largo del vehículo.



**Ilustración 5 - Cargas de Flexión**

### *Cargas de torsión:*

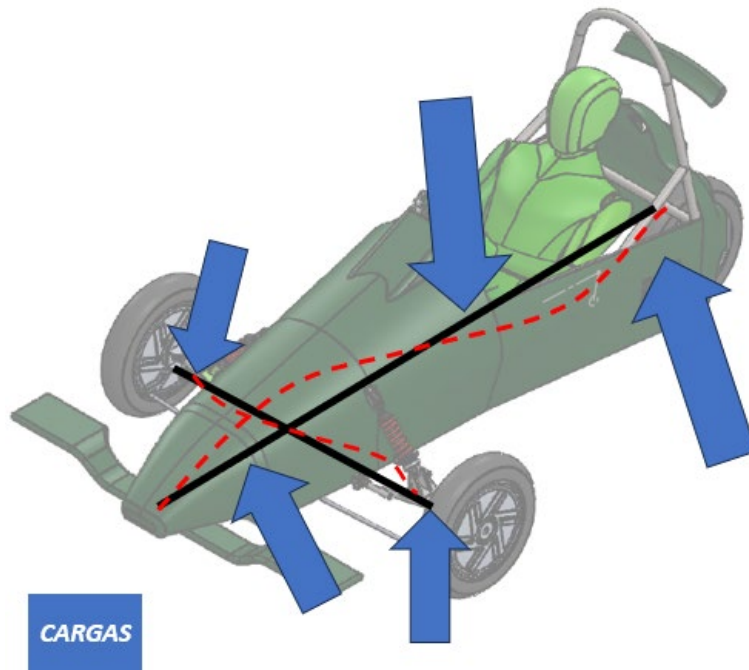
El vehículo se somete a un momento aplicado sobre el eje longitudinal del auto, producido por cargas hacia arriba y hacia abajo en cada una de las ruedas.



**Ilustración 6 - Cargas de Torsión**

### *Caso combinado de flexión y torsión:*

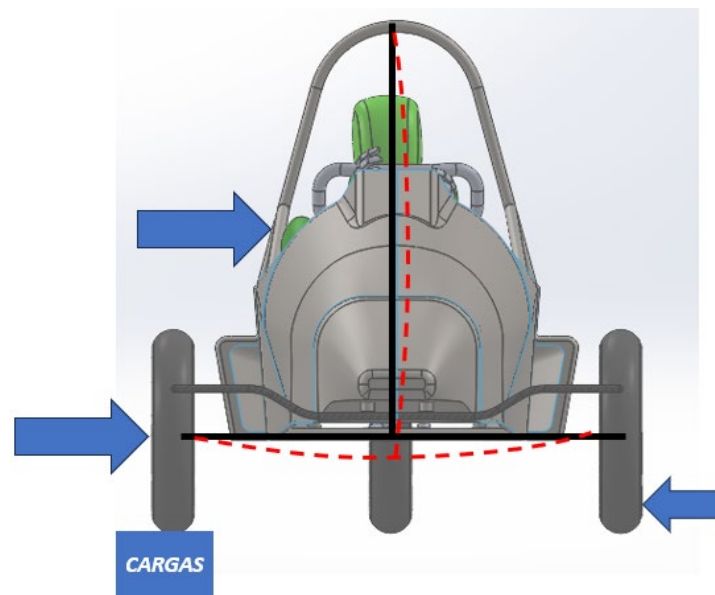
En la realidad, no existen casos de torsión sin flexión, esto debido principalmente a las fuerzas de gravedad que siempre están presentes. Por lo tanto, es correcto considerarlas juntas para representar mejor una situación real.



**Ilustración 7 - Cargas combinadas**

*Cargas laterales:*

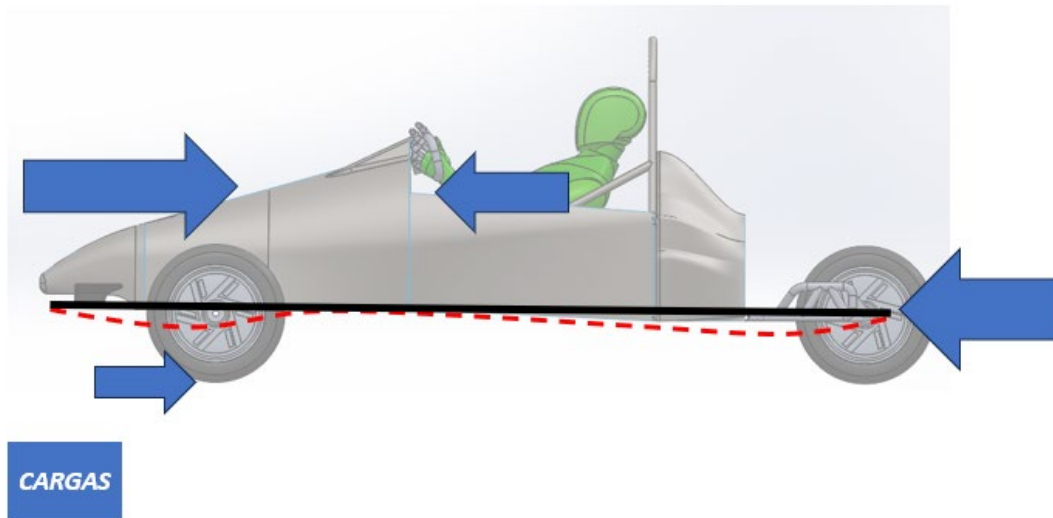
Ocurre cuando un vehículo está virando en una curva o zigzaguea para evitar caer en un hoyo en la carretera.



**Ilustración 8 - Cargas Laterales**

### *Cargas longitudinales:*

Se producen durante la aceleración o frenado. La tracción y fuerzas de frenado genera en las llantas una fuerza de reacción relacionada con la aceleración o desaceleración necesarias para vencer la inercia del vehículo.



**Ilustración 9 - Cargas Longitudinales**

### *Centro de gravedad:*

Aunque en este tipo de vehículos la distribución de las cargas es limitada principalmente por el espacio, es necesario tener en cuenta la disposición de los pesos al momento de diseñar el chasis, ya que de esto dependerá el centro de gravedad del vehículo, el cual juega un papel fundamental en el comportamiento sobre la pista. Es deseable que el centro de gravedad esté lo más bajo posible, porque de esta manera se producen menos problemas dinámicos de conducción como el frenado en las curvas. (Redondo, 2017)

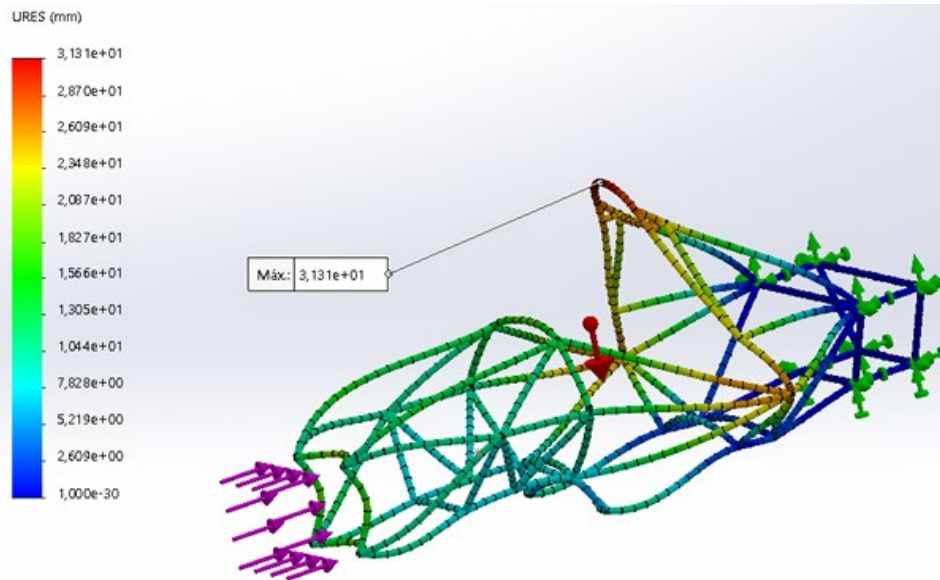
Para el diseño y optimización de un chasis, se deben tener ciertas consideraciones que contribuyen en gran medida sobre el desempeño y comportamiento del vehículo. La rigidez en casos de flexión y torsión, proveen una absorción de cargas eficientes, diseñado a su vez para una reducción en el peso del chasis.

También se deben respetar los límites admisibles para los esfuerzos máximos que tendría la estructura bajo las condiciones de carga más grandes, además de que el chasis sirva como aislante de las vibraciones generadas por sus componentes.

### *Esfuerzo permisible:*

Es importante que aún en las peores condiciones de carga, los esfuerzos en la estructura van a estar en un límite aceptable.

Al considerar un factor de seguridad para las cargas estáticas, el nivel de esfuerzos debe ser menor que el esfuerzo de cedencia.



**Ilustración 10 - Análisis deformaciones por choque (Rifi, 2020/21, pág. 41)**

### *Rigidez:*

La rigidez en un sistema mecánico se puede definir como la oposición a ser deformado. El valor de rigidez se puede definir en el caso unidimensional, como el cociente de la fuerza aplicada en un sistema sobre la deformación producida. (Mecapedia, 2023)

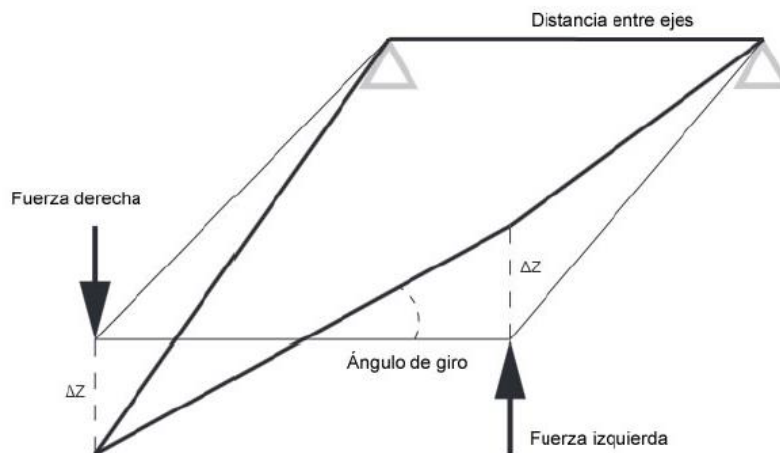
#### **Ecuación 1 - Rigidez unidimensional**

$$k = \frac{F}{u}$$

### *Rigidez de torsión:*

La rigidez de torsión es uno de los parámetros más importantes en el diseño de un vehículo. Este describe la resistencia a rotar del cuerpo cuando este es sometido a fuerzas de torsión.

Se refiere a cuanto se deforma un chasis debido a un esfuerzo de torsión que, por ejemplo, se da cuando una de las ruedas delanteras pasa por un bache mientras que las demás no. Esta es la característica que se debe cuidar para poder validar un chasis en cuanto a rigidez.



**Ilustración 11 - Rigidez por torsión**

### *Rigidez a flexión:*

Se refiere a cuanto flexa el chasis debido a la carga de los diferentes elementos que conforman el vehículo.

### *Resistencia última a la tensión ( $S_u$ ):*

La resistencia última se considera el punto máximo de la curva esfuerzo deformación, en este punto se mide el máximo esfuerzo aparente, ya que después de este punto la curva empieza a descender, indicando la falla del material.

### *Resistencia de fluencia ( $S_y$ ):*

Se denomina a la parte del diagrama esfuerzo deformación, donde la deformación del material aumenta con poco o ningún incremento de esfuerzo, el punto de fluencia indica que el material ya ha cedido en forma plástica y permanente.

### *Resistencia al corte (Sys):*

Tanto la resistencia a la fluencia como la resistencia última al corte evitan que el elemento presente cizallamiento en una dirección tangente a la cara sobre la cual actúa la fuerza.

### *Resistencia a la fatiga (Se´):*

Los elementos o piezas sometidas a cargas repetidas o a condiciones de esfuerzo que varían en función del tiempo, fallan debido al fenómeno de fatiga. Los materiales se someten y se prueban bajo condiciones controladas de carga cíclica, con el fin de determinar la resistencia a la fatiga de dichos materiales. (R.L.Mott, 2006)

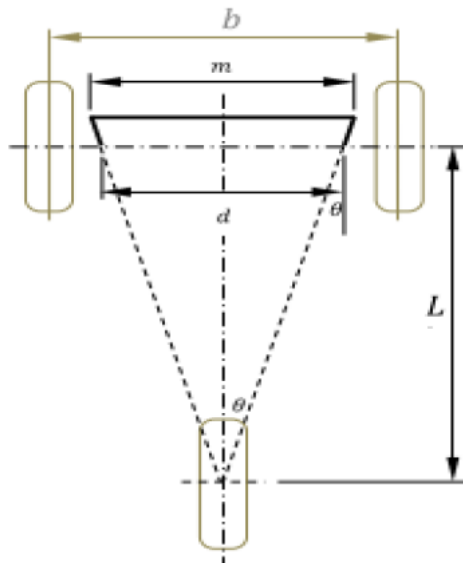
Teniendo en cuenta que la inspección de estructuras es en gran medida, una descripción del comportamiento en las juntas y la forma como las fuerzas generan cada uno de los esfuerzos anteriormente mencionados. Se planteó el desarrollo de un estudio estructural de esfuerzos por medio el asistente de análisis de elementos finitos (FEA) del software de trabajo SolidWorks, el cual arrojó una serie de verificaciones que en consolidado garantizan el comportamiento estático y dinámico del conjunto chasis con sus partes agregadas.

### *Sistema de dirección:*

El sistema de dirección tiene la misión de orientar las ruedas delanteras para que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor, además debe brindar seguridad y comodidad durante la conducción. Este sistema depende íntegramente de su geometría de dirección y de giro. (Hincapié, 2020, pág. 25)

### *Geometría de la dirección:*

Se entiende por alineación de la dirección de un vehículo a la condición geométrica que tiene que cumplir todos los órganos que afectan a la dirección (elementos de mando, ruedas y suspensión) para determinar la posición de las ruedas en movimiento sobre el terreno, ya sea en línea o en curva. Estas condiciones, determinadas por la geometría de giro y la geometría de las ruedas, hacen que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor con toda precisión y haciendo la conducción suave y segura. (Hincapié, 2020, pág. 26)



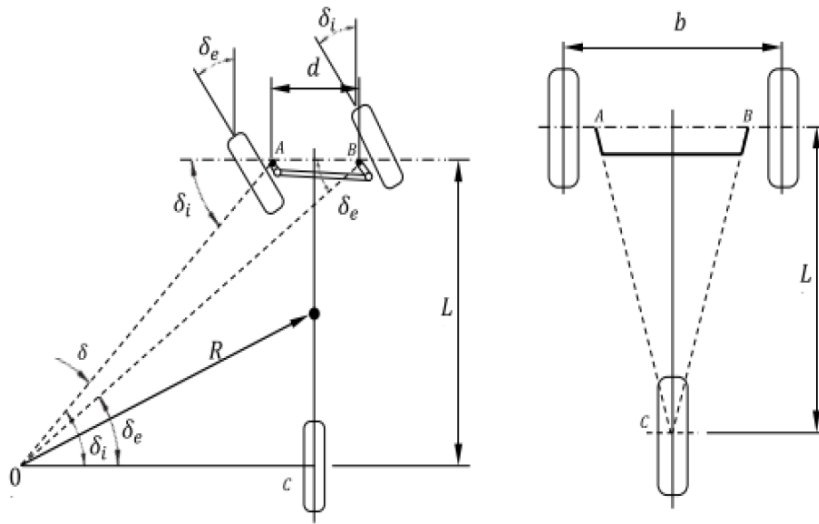
**Ilustración 12 - Triángulo de geometría de giro (Hincapié, 2020)**

### *Geometría de giro:*

Cuando un vehículo toma una curva, la trayectoria a seguir por las ruedas directrices no es la misma en ambas, ya que cada una de ellas tiene distinto radio de curvatura. Por lo tanto, si la orientación dada a ambas ruedas fuera la misma, cada una de ellas giraría perpendicular al eje de giro con distinto centro de rotación y tomarían la misma trayectoria, ocasionando que una de las ruedas sea arrastrada por la otra produciendo un deslizamiento lateral en ella. Para que esto no ocurra se adopta el cuadrilátero de Ackerman, que consigue dicho efecto con bastante aproximación si la orientación de los brazos de la dirección es tal que, sus prolongaciones se cortan en la mitad del eje trasero. (Hincapié, 2020, pág. 29)

### *Ackerman:*

Este principio se utiliza para definir la geometría exacta que las ruedas delanteras y directrices deberían adoptar durante un giro; indicando que cuando un vehículo toma una curva, la rueda interior gira alrededor de un círculo más pequeño que la rueda exterior. Existen dos expresiones que se conocen como condición de Ackerman y ángulo de Ackerman, las cuales se pueden definir a partir de la **ilustración 12**. Consiste en obtener ángulos girados por las ruedas, teniendo en cuenta, que durante el giro se consideran ángulos pequeños, por lo tanto, la geometría se puede deducir de la siguiente manera:



**Ilustración 13 - Geometrías de giro y condiciones de Ackerman**

Para el cálculo de los ángulos de giro pequeños:

**Ecuación 2 - Ángulos pequeños de la dirección.**

$$\cot \delta_e = \frac{R + b}{\frac{2}{L}}$$

**Ecuación 3 - Ángulos pequeños de la dirección**

$$\delta_i = \tan^{-1} \frac{L \tan \delta_e}{L - b \tan \delta_e}$$

### **Sistema de suspensión:**

La suspensión se encarga de soportar la masa suspendida, las fuerzas verticales debidas a las irregularidades de la carretera, las fuerzas longitudinales debidas a la frenada y aceleración y por último las fuerzas laterales debidas a las trayectorias curvas.

En un vehículo la masa total se divide en masa suspendida y masa no suspendida. La masa no suspendida está compuesta por la masa de la rueda, del amortiguador y otros componentes conectados directamente a estos. La masa suspendida es la porción de la



masa total soportada por la suspensión y está compuesta por la carrocería, el chasis, motor, transmisión, interior del vehículo, etc.; o en otras palabras todos aquellos elementos no conectados al sistema de suspensión.

Clasificación:

Según el grado de dependencia: suspensiones rígidas, independientes y semiindependientes o semirrígidas.

Según la configuración estructural: McPherson, brazos oscilantes, brazo tirado, paralelogramo deformable y suspensión multibrazo (multilink). (Sistema de suspensión VTE, pág. 8)

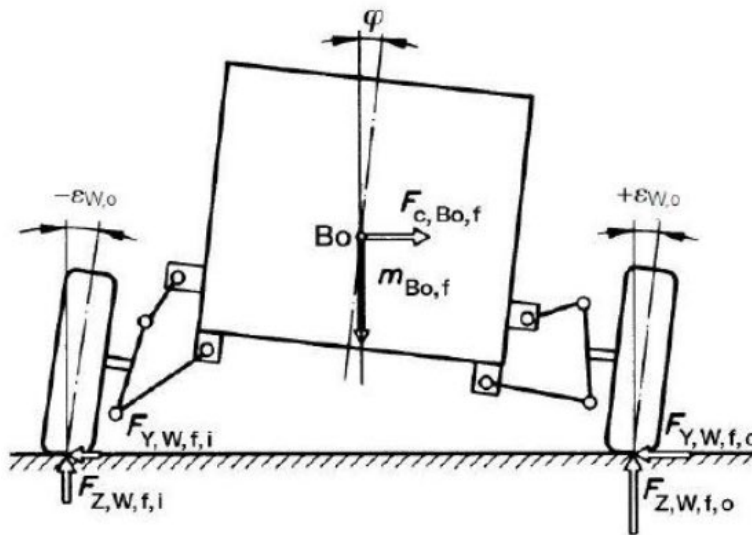


Ilustración 14 - Ángulos y geometría de la suspensión en curvas (Sistema de suspensión VTE, pág. 9)

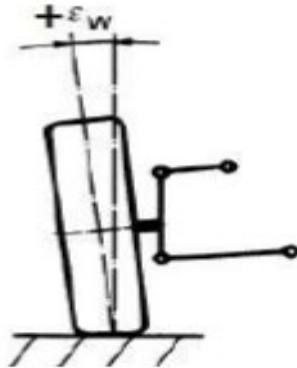
### Suspensión **McPherson**:

Es una modificación de la suspensión de doble brazo oscilante. El montaje más habitual es con el amortiguador encerrado por el muelle helicoidal y el conjunto sirve de eje de "King pin" de la rueda. También, el brazo superior se sustituye por un pivote al que se une el final del conjunto muelle-amortiguador. La suspensión McPherson se monta principalmente en ejes delanteros y su principal ventaja frente a otras configuraciones de suspensión independiente es que todos los componentes de la suspensión y dirección se pueden combinar en un solo ensamblaje.

**Geometrías de la dirección:**

**Ángulo de caída (Camber):**

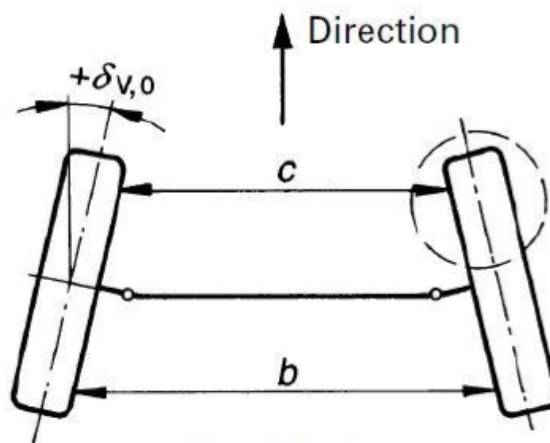
El camber es el ángulo entre el plano central de la rueda y el plano vertical de la carretera. Se dice que el camber es positivo cuando la rueda está inclinada hacia el exterior, y negativo cuando la rueda está inclinada hacia el interior.



**Ilustración 15 - Representación Camber sobre la rueda  
(Sistema de suspensión VTE, pág. 12)**

**Angulo de convergencia:**

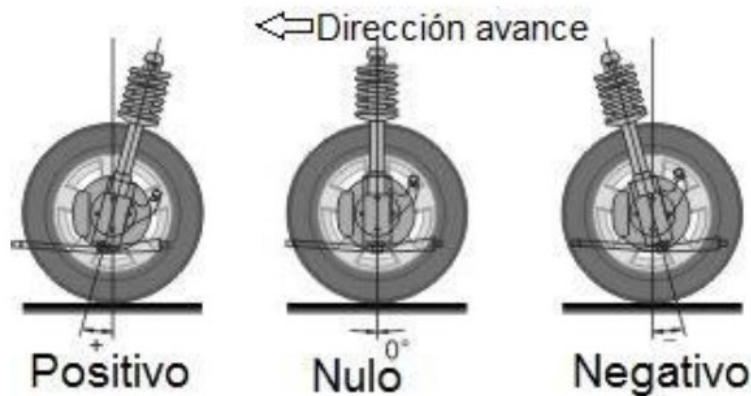
Angulo formado por el plano central longitudinal del vehículo y la línea formada por la intersección entre el plano central de una rueda y el suelo. Una definición alternativa dice que el ángulo de convergencia es la diferencia entre la distancia que separa las ruedas por su parte posterior y la distancia que hay entre las ruedas en su parte frontal.



**Ilustración 16 - Angulo de convergencia.  
(Sistema de suspensión VTE, pág. 14)**

### *Angulo de caída (Caster):*

Es el ángulo entre el eje de pivote de la mangueta con el plano vertical del eje de la rueda visto desde el lateral. Desplazando el eje de rotación de la mangueta a la parte frontal de la rueda hacemos que el punto ideal de contacto de la rueda con el suelo  $W$  se posicione detrás del punto de intersección  $K$ . A este hecho se le denomina Caster offset positivo. El caso contrario es el Caster offset negativo.



**Ilustración 17 – Configuración de Caster  
(Sistema de suspensión VTE, pág. 15)**

## **2.3 MARCO CONTEXTUAL**

La base contextual se enfoca en la competencia nacional de vehículos de tracción eléctrica, que por tradición se ha venido adelantando en Colombia año tras año. Para la versión 2023, el reglamento de la prueba es la base de trabajo y el objetivo desde el punto de vista del diseño, para cumplir con los parámetros deseados.

El contexto general del vehículo, más allá de la competencia, se encamina a generar una implementación tecnológica de alternativas en la movilidad eléctrica, junto con un creciente mercado que enfatiza la necesidad de tener una alternativa de movilidad más amigable y no dependiente de los precios de los combustibles entre otros factores. Para el año 2022, reconocidas marcas de vehículos eléctricos han manifestado una creciente demanda por parte de los consumidores en Colombia. Esto es un reflejo del compromiso social y las iniciativas de cara a la transición inminente a la movilidad eléctrica.

Para la ETITC, la participación en la competencia de vehículos eléctricos y en especial para la facultad de mecánica, se ha vuelto una tradición poder involucrar los diferentes actores académicos en conjunto y encaminados en la idea de lograr un vehículo de competición que se ajuste a los lineamientos de la competencia, que garantice la

seguridad y que configurando estas características logre ser competitivo en cada una de las diferentes pruebas.

## **2.4 MARCO CONCEPTUAL**

El centro de atención del diseño, construcción y puesta en funcionamiento de los sistemas estructurales, suspensión y dirección del vehículo eléctrico VTE versión 2023, están enfocados en aspectos de vital importancia como garantizar la seguridad en todo momento del piloto, en la competencia o fuera de ella. La seguridad es el eslabón principal en la cadena de conceptos usados en el diseño; muchas de las características principales son relacionadas con este concepto por la necesidad de preservar la integridad del piloto.

El peso del vehículo con los subsistemas integrados es un criterio muy importante que, sumado a la seguridad, constituyen una cualidad que resulta en un buen desempeño del vehículo en la competencia. Garantizar el menor peso posible con la cota de seguridad más alta es el principal objetivo del diseño del vehículo.

Otro concepto importante es la eficiencia, que en simples palabras es hacer o cumplir una función de la manera adecuada, para el caso del VTE, esto hace referencia a la simpleza de los sistemas y la integración entre ellos. Un bajo peso acompañado de alta seguridad en el vehículo hará que el consumo de potencia, la maniobrabilidad y el desempeño del vehículo sean óptimos, para evitar pérdidas o accidentes al conducir.

El objetivo es disminuir de manera sustancial el peso del vehículo sin afectar el valor de seguridad, garantizando la eficiencia de este.

## **2.5 PARAMETROS DE DISEÑO**

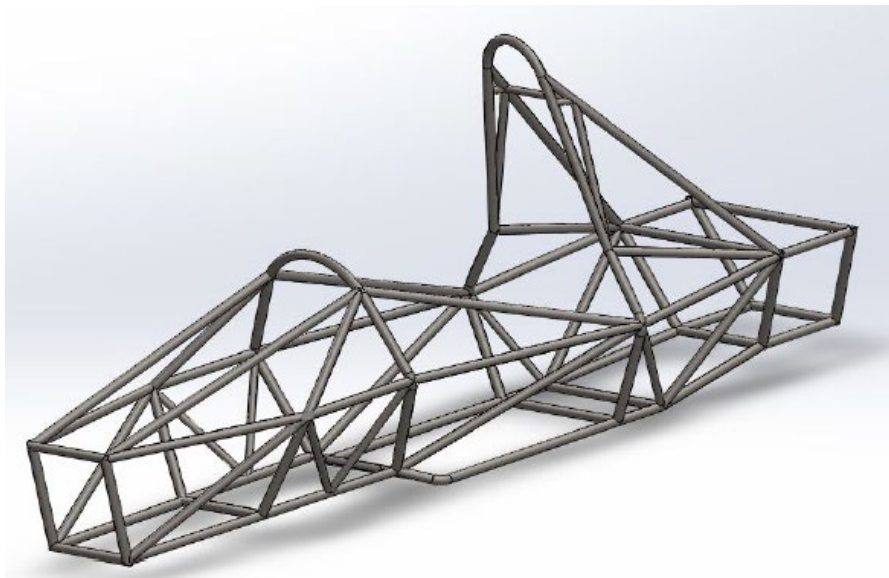
Como elemento de referencia, para el chasis se tendrá en cuenta todos los parámetros exigidos por el reglamento de competencia nacional de vehículos de tracción eléctrica 2023. Parte importante del lineamiento indica los límites dimensionales de alto, ancho y largo; con estos datos el diseño puede dar los primeros pasos para determinar su configuración.

El diseño debe proyectarse a la fabricación, es por ello, que durante la fase de configuración se pretende identificar los materiales, procesos y materia prima; aquí la ingeniería se define en el nivel de gestión tecnológica; con ella los logros se basan en el alcance del proyecto. En la siguiente fase, la ingeniería se encarga de garantizar la viabilidad del proyecto desde aspectos como la resistencia de los materiales, seguridad del piloto, ergonomía y la funcionalidad del proyecto. Se espera en esta fase, hacer los

ajustes y pruebas que garanticen los parámetros establecidos por el reglamento bajo los métodos y técnicas del diseño.

### ***Parámetros Chasis Tubular***

Evaluando los límites del diseño, el peso máximo de 120 Kg, alto de 1500 mm, ancho de 1300, y largo mm de 3500mm; los procesos de manufactura disponibles por la universidad, se toma la opción de un chasis tipo tubular. El carácter de un elemento rígido con gran resistencia mecánica ofrece altos índices de seguridad y estabilidad para el vehículo. En este sistema, el chasis conecta de forma articulada con la suspensión y permite acoplar la carrocería de forma segura, facilitando la fabricación y el mantenimiento, integrándolo con todos los sistemas.

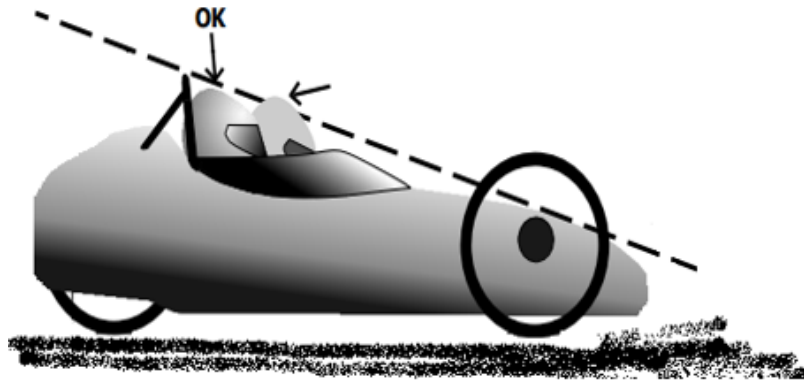


**Ilustración 18 - Estructura tubular (Rifi, 2020/21, pág. 17)**

#### ***Seguridad:***

Se trata del aspecto más importante. La manera brindar la seguridad es generando una estructura capaz de soportar las cargas implicadas de manera estática como dinámica y que en caso de incidente sea capaz de soportar los esfuerzos generados. La geometría combinada con los materiales y su resistencia proporciona la protección al piloto en caso de ser necesario.

Un elemento que brinda esta seguridad es la línea de protección que se formada por las geometrías de la punta del vehículo y el posterior del piloto (Barra antivuelco), evitando que el piloto haga contacto con el suelo en caso de un volcamiento, como se aprecia en la **Ilustración 19**.



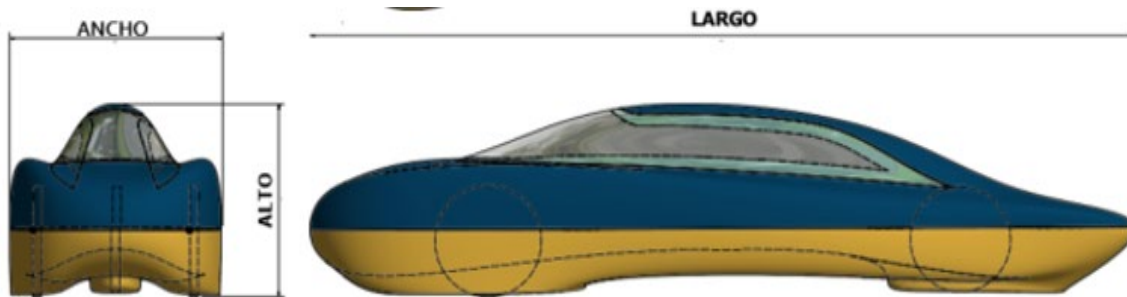
**Ilustración 19 - Barra antivuelco (Reglamento IIICNVTE, 2023, pág. 17)**

*Dimensiones máximas:*

Alto = 1500 mm

Ancho = 1300 mm

Largo = 3500 mm



**Ilustración 20 - Cotas del modelo (Reglamento IIICNVTE, 2023, pág. 17)**

*Peso del Vehículo sin piloto*

Para las especificaciones se establece un peso máximo de 120 Kg.

(Reglamento IIICNVTE, 2023, pág. 17)

*Numero de llantas:*

Para el modelo VTE 2023 se establece un número de 3 ruedas como mínimo permitido por el reglamento. (Reglamento IIICNVTE, 2023, pág. 17)

### ***Parámetros de diseño para suspensión***

En el reglamento de la competencia nacional de VTE, principal fuente de referencia para formalizar los parámetros de diseño del vehículo, no se hace ninguna mención sobre el uso de sistemas de suspensión. Sin embargo, por la experiencia adquirida en las anteriores participaciones, se evidencia la necesidad de una suspensión en el tren delantero del vehículo, por las condiciones en las que se desempeña el vehículo y la capacidad de sortear todo tipo de obstáculos. Como mejora de la versión anterior, se ubicará un sistema de suspensión delantera con un rango de trabajo mayor, mejor integración con la dirección y que se adapte a todo tipo de terreno.

#### ***Parámetros de diseño:***

*Peso mínimo de componentes*

*Maniobrabilidad en la conducción*

*Centro de gravedad bajo*

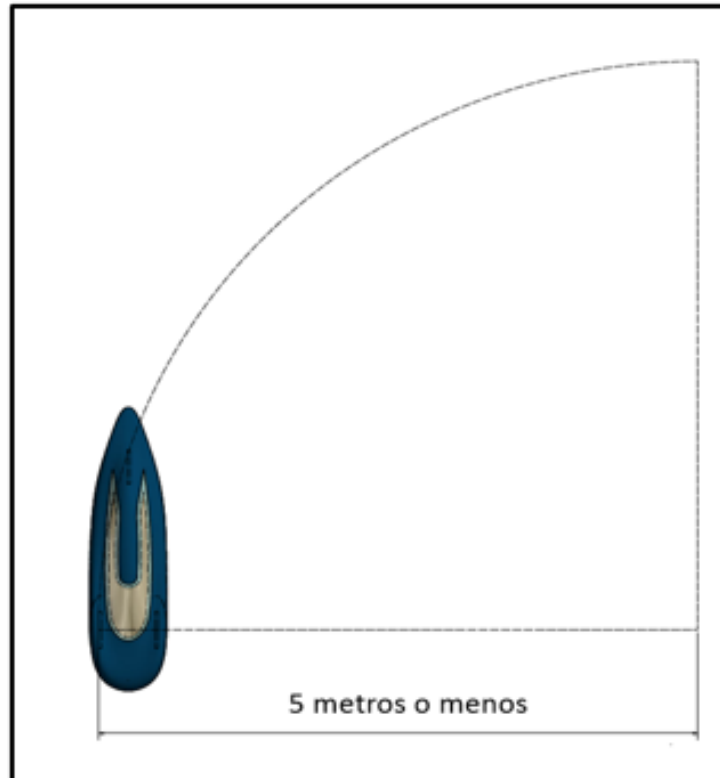
*Método de balanceo convergente-divergente*

*Radio de curvatura del vehículo*

*Fabricación simple.*

### ***Parámetros de diseño para la dirección***

La maniobrabilidad del vehículo es el aspecto determinante en los parámetros para el sistema de dirección. Un vehículo con fallas en su sistema de dirección es un riesgo bastante alto en cuanto a seguridad, sumado a la función principal como vehículo de competencias, exige contar con un sistema de dirección sencillo, ágil y de simpleza al construir como efectivo en su funcionamiento. Adicional a estos aspectos, por reglamentación en la competencia, el sistema de dirección deberá ser capaz de permitir al vehículo un radio de giro tal que la rueda más externa sea capaz de trazar un arco de 90° con un radio mínimo de 5 metros.



**Ilustración 21 - Radio de giro de 5 mts.  
(Reglamento IIICNVTE, 2023, pág. 18)**

***Parámetros de diseño:***

*Peso mínimo de componentes*

*Radio de giro menor a 5 metros.*

*Accionamiento corto sobre el volante.*

*Volante removible.*

*Elementos dentro del vehículo. (Compacto)*

*Fácil accionamiento.*



## CAPITULO III

### 3. ¿QUÉ TIPO DE VEHÍCULOS EXISTEN?

En este capítulo se revisarán las diferentes alternativas de diseño que existen a nivel mundial desde el punto de vista comercial como desde el punto de vista de proyectos académicos similares al adelantado en este documento, esto buscando alternativas o posibles soluciones a los diferentes detalles presentes en el desarrollo del modelo físico. También, se busca analizar el impacto que puede llegar a tener una alternativa planteada y que características favorables y desfavorables se presentan con respecto a los modelos existentes. Como modelos existentes, se tomará la versión 1 del vehículo (E-force 1), construido y disponible en la escuela, como nuestro modelo de análisis número 1. Para el número 2, se utilizan los diseños y planteamientos realizados por equipos de trabajo similares al que se está adelantando, que se enfocaron como alternativas y que en su momento fueron candidatos para construcción.

Finalmente, se tomará un modelo planteado en un documento de tesis para una universidad en España, donde se analiza a fondo el comportamiento estructural y sus características de resistencia, deformación y seguridad con criterios de diseño guiados por la Formula SAE, de aquí en adelante será nombrado modelo “Rifi”.

#### 3.1 ANÁLISIS DE SOLUCIONES EXISTENTES

Cada configuración tiene sus características particulares; por tratarse de un vehículo de competencias, se contrastará cada uno de los aspectos que brinden una ventaja significativa o que cumplan las necesidades de seguridad y funcionalidad solicitadas en el reglamento de la competencia, que a la luz del reglamento se fundamentan en estos aspectos:

*Dimensiones exteriores.*

*Espacio interior.*

*Compatibilidad con el chasis.*

*Requisitos de potencia.*

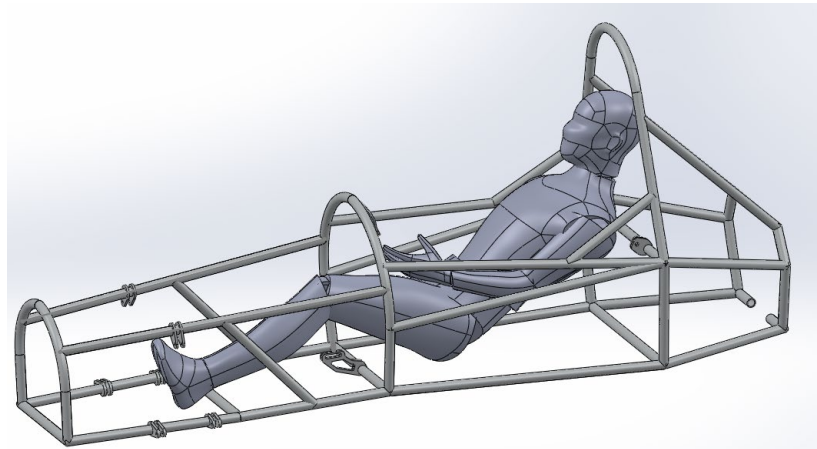
*Distribución de peso.*

*Tipo de carga.*

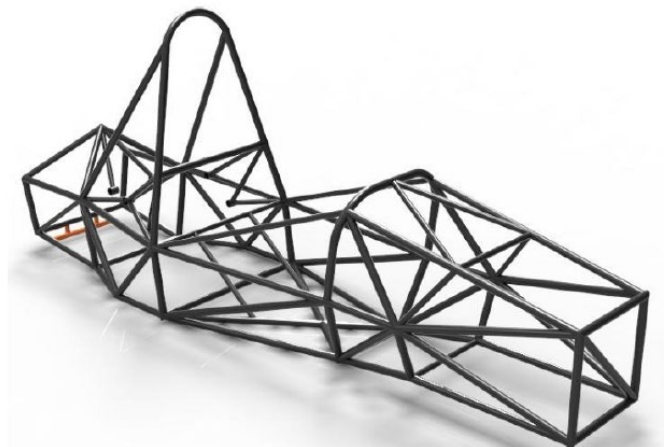
*Estabilidad del vehículo.*



**Ilustración 22 – Modelo 1 \_ VTE Versión 2019 "E-Force 1"**



**Ilustración 23 – Modelo 2 \_ Diseño 1  
(Chasis Vehículo VTE, 2020, pág. 5)**



**Ilustración 24 – Modelo 3 \_ Estructura modelo "Rifi"  
(Rifi, 2020/21)**

### 3.2 CLASIFICACIÓN

#### Características

Bajo el análisis de condiciones de uso, se pueden enunciar algunas características que son necesarias para el modelo a desarrollar, independiente de la configuración que se use y las alternativas de diseño que se presenten, todas deben cumplir con una serie de condiciones que garantizan un buen desempeño del vehículo.

Estas son las más relevantes a la hora de desarrollar el análisis:

*Centro de gravedad*

*Mínimo peso*

*Fácil construcción*

*Bajo costo*

*Alta resistencia*

*Seguridad*

### 3.3 CRITERIOS DE ANÁLISIS

Al asignar un puntaje en cada criterio para los modelos, determinado por el grado de cumplimiento o el aproximado a cumplirse, se puede concluir que, aunque exista un modelo que obtenga un acumulado mayor, en cada modelo existen ciertas fortalezas como debilidades muy grandes, es por tal motivo que la mejor alternativa es priorizar la característica que más fortalezca a cada modelo y combinarlas en pro de obtener un modelo mejor.

### 3.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS

**Tabla 1 - Comparativo Modelos Existentes**

|          | Dimensiones exteriores [10%] | Espacio Interior [5%]           | Compatibilidad Chasis vs subsistemas [15%] | Relación peso vs potencia [15%]            | Distribución de peso [15%]                 | Resistencia Mecánica 20%                     | Estabilidad del vehículo [20%]   |
|----------|------------------------------|---------------------------------|--|--|--|--|--|
| Modelo 1 | 10                           | 4                               | 15   | 14   | 10   | 18   | 15   |
| Modelo 2 | 8                            | 4                               | 8  | 9  | 12   | 18   | 18   |
| Modelo 3 | 9                            | 4                               | 7  | 12   | 10   | 20   | 18   |
|          | Compacto                     | Optimización de espacio interno | Maxima compatibilidad                      | Optimización Estructura con un mínimo peso | Garantizar una buena distribución del peso | Cumplir condiciones de seguridad para su uso | Centro de gravedad mas bajo - ubicación centro de gravedad - Geometría de la ubicación |

**Tabla 2 - Resultados**

| <b>Resultado</b> |                 |
|------------------|-----------------|
| 86               | <b>Modelo 1</b> |
| 77               | <b>Modelo 2</b> |
| 80               | <b>Modelo 3</b> |

Se puede concluir que, aunque exista un modelo que obtenga un acumulado mayor en cada criterio, la mejor alternativa incluye la característica mejor puntuada y combinarlas en pro de obtener un modelo mejor.

## **CAPITULO IV**

### **4. ESPECIFICACIONES GENERALES**

Como especificaciones generales en desarrollo del diseño, se encaminarán todos los aspectos de seguridad, funcionalidad y construcción recopilados en la investigación y comparación de los modelos anteriores, también lo requerimientos por parte del reglamento de la competencia.

*Restricciones de dimensiones.*

*Consideraciones de seguridad.*

*Requisitos de integración entre subsistemas.*

*Requisito de materiales.*

*Requisitos de fabricación y procesos disponibles.*

*Restricciones de costos.*

#### **4.1 DESIGNACIÓN DE SERVICIO**

En el desarrollo de las actividades destinadas para el VTE versión 2023, se pueden evidenciar claramente sus condiciones de uso y de servicio. Puesto que se trata de un vehículo de competencias, su principal uso o función será la competición nacional de vehículos eléctricos, un contexto específico en el cual se han determinado las necesidades presentes en la carrera, para definir las principales características del vehículo y convertirlas en facultades para su desempeño.

Es por esto, que su designación de servicio será principalmente en el uso en competencias de vehículos eléctricos, aunque se pueden definir otras prestaciones como lo es ser un vehículo de pruebas, de exhibición y base de modelos futuros al igual que como a la versión 2023 del VTE lo inspiraron las versiones anteriores.

#### **4.2 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO**

Para definir estas especificaciones, se debe incluir todos los requerimientos de diseño y las consideraciones de mejora desde los anteriores modelos comparados anteriormente. Es importante resaltar los aspectos del diseño:

##### *Restricciones generales.*

Máximo peso, máximas dimensiones, radio de giro, potencia.

##### *Seguridad:*

Sistema de protección al piloto, distancia de frenado, resistencia mecánica de los elementos en un choque.

##### *Integración:*

Maniobrabilidad, centro de gravedad bajo, fácil construcción y mantenimiento, espacio disponible en cabina.

#### **4.3 ESPECIFICACIONES DE MANUFACTURA**

Para la manufactura del conjunto chasis, el volante para el sistema de dirección y los accesorios de cada uno de los subsistemas del vehículo, se enfocó a procesos de soldadura tradicionales como corte, pulido, rolado y algunas tecnologías disponibles.

Otros elementos necesarios para la dirección, y elementos funcionales en la suspensión que requieran de precisión en la fabricación se plantean desarrollar en corte por láser, mecanizado CNC, mecanizado convencional y ajuste manual.

#### **4.4 ESPECIFICACIONES DE FUNCIONALIDAD**

Dentro de la funcionalidad, el eje central de descripción es el chasis, elemento fundamental en el conjunto y base de soporte del vehículo, para el chasis encontramos las siguientes funciones:

##### *Estructura Fundamental.*

*Elemento para la fijación de los demás elementos.*

*Estructura capaz de contener al piloto.*

*Garantía de seguridad y ergonomía.*

*Responsable de recibir las cargas y esfuerzos del vehículo.*

*Responsable de integrar los demás subsistemas.*

Otras características de funcionalidad de los demás subsistemas:

*Maniobrabilidad del vehículo.*

*Control de la trayectoria y dirección del vehículo.*

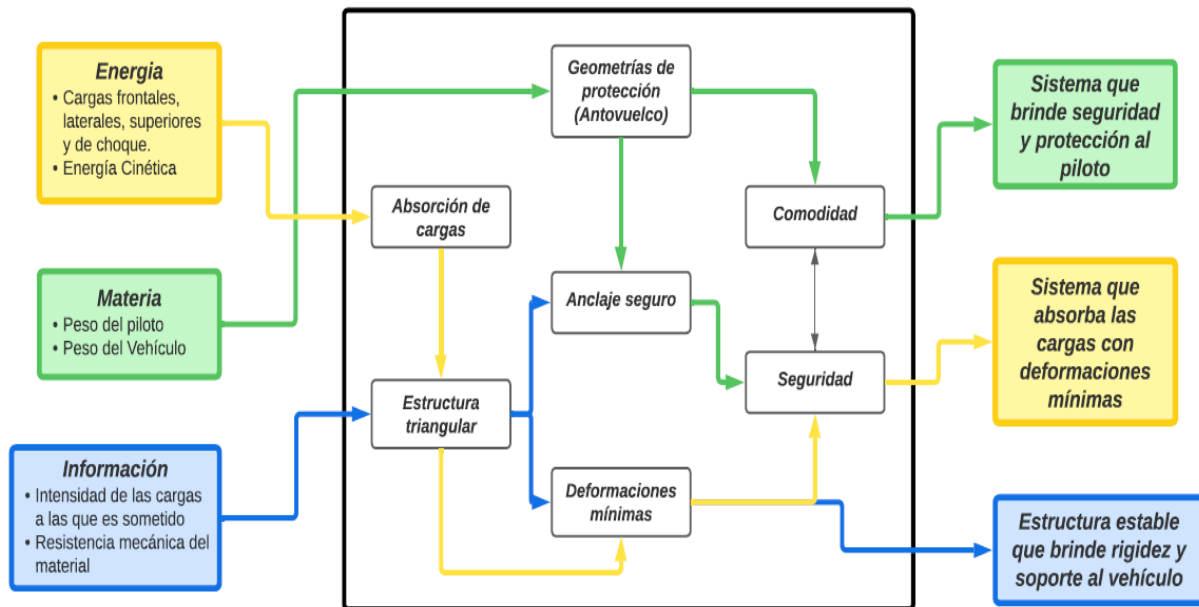
*Adaptabilidad y estabilidad sobre cualquier terreno.*

*Absorción de las irregularidades del terreno.*

*Confort y seguridad en curvas y giros repentinos.*



**Ilustración 25 - Diagrama Caja Negra Proceso**



**Ilustración 26 - Caja Gris Proceso**

#### **4.5 ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO**

Finalmente, considerando los aspectos, funciones y requisitos para el diseño, se determinaron las especificaciones del vehículo:

*Vehículo tipo monoplaza.*

*Chasis tipo tubular.*

*Peso en vacío 95 kg.*

*Sistema de dirección con barras de graduación ángulo de convergencia.*

*Sistema de dirección directo con accionamiento menor a 90 grados.*

*Volante extraíble.*

*Sistema de frenos doble circuito independiente.*

*Sistema de freno de disco en todas las ruedas.*

*Sistema de suspensión individual garantizando adaptabilidad en varios terrenos.*

*Suspensión delantera de configuración MacPherson.*

*Suspensión trasera monobasculante.*

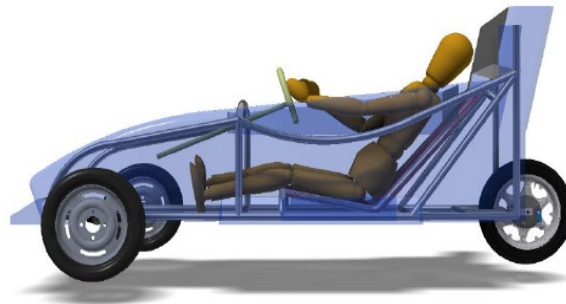
*Elementos periféricos y de seguridad. (Velocímetro, pito, luz de freno, totalizador y apagadores de emergencia interno y externo.)*

## **CAPITULO V**

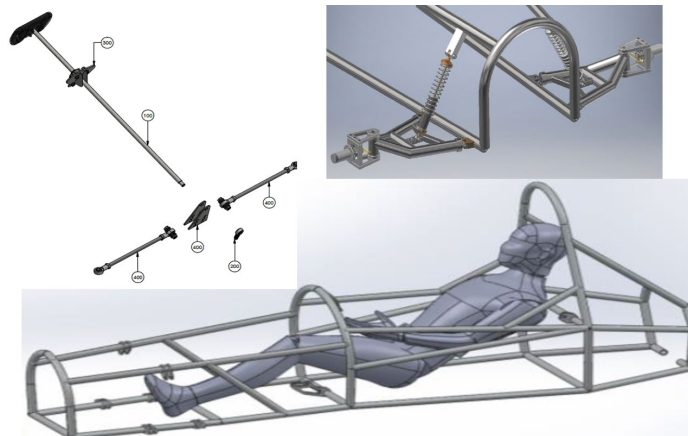
### **5. ALTERNATIVAS Y CRITERIOS DE SELECCIÓN**

Para la etapa final de selección de la mejor alternativa, se plantea un nuevo comparativo con 3 propuestas elaboradas en el transcurso de la etapa de diseño, una de ellas fue elaborada por los anteriores grupos de trabajo y presentada como una alternativa para la construcción del VTE II. Estas alternativas son evaluadas en un proceso de revisión de los modelos para definir el definitivo.

#### **5.1 DISEÑO Y PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS “A”, “B”, “C”.**

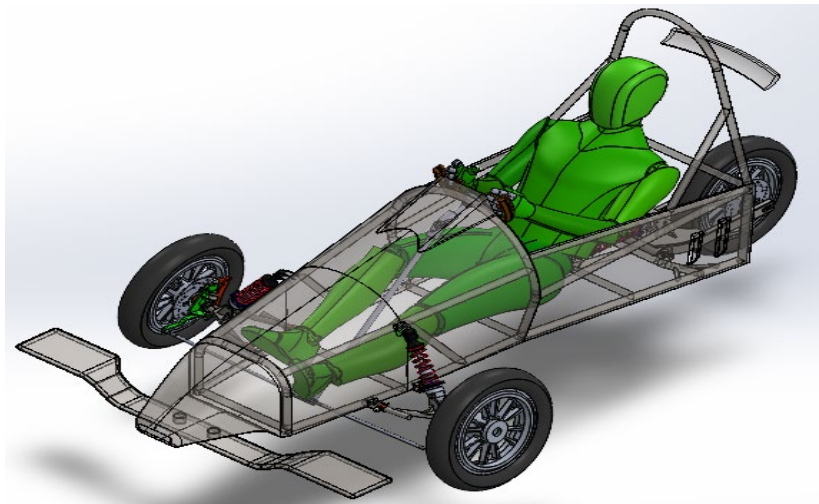


**Ilustración 27 - Alternativa A - Modelo Grupo Carrocería**



**Ilustración 28 - Alternativa B - Modelo VTE 2020**





**Ilustración 29 - Alternativa C – Modelo VTE 2023**

## **5.2 ANALISIS Y EVALUACION DE ALTERNATIVAS**

### ***Criterios de análisis***

Considerando las 3 alternativas y todas las características que a lo largo del proceso han surgido como aspectos dentro del diseño, la seguridad y funcionalidad de los subsistemas, acompañado de muchos conceptos de fabricación que englobados generan los criterios definitivos.

Para el análisis, se establece un puntaje en función de la relevancia o importancia en el modelo final, contando con cada criterio desarrollado anteriormente y cualificado de la siguiente manera.

### ***Ponderación de los criterios de análisis***

- Chasis Tipo Tubular [15%]
- Suspensión Delantera [5%]
- Suspensión Trasera [5%]
- Sistema de Dirección [10%]
- Sistema de Frenos [10%]
- Distribución de peso [15%]
- Seguridad [20%]
- Estabilidad del vehículo [20%]

### 5.3 MATRIZ DE DECISIÓN

Tabla 3 - Matriz modelo Final

|               | Chasis Tipo Tubular [15%] | Suspensión Delantera [5%] | Suspensión Trasera [5%] | Sistema de Dirección [10%] | Sistema de frenos [10%] | Distribución de peso [15%] | Seguridad [20%] | Estabilidad del vehículo [20%] | Resultado |
|---------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------|
| Alternativa A | 12                        | 0                         | 0                       | 6                          | 6                       | 8                          | 14              | 13                             | 59        |
| Alternativa B | 13                        | 4                         | 0                       | 9                          | 8                       | 10                         | 15              | 10                             | 69        |
| Alternativa C | 14                        | 5                         | 5                       | 9                          | 9                       | 13                         | 18              | 20                             | 93        |

### 5.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Es lógico y consecuente con el proceso de desarrollo, el resultado de la alternativa C “Modelo VTE 2023” sobre sus 2 competidoras; pues el modelado y la configuración del diseño capturó los criterios de enfoque y optimizó las propuestas de diseño de las pasadas versiones, corrigiendo sus falencias. Es por esta razón, que el modelo VTE versión 2023 se considera la mejor alternativa y se configura como la propuesta definitiva para fabricación.

### 5.5 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA



Ilustración 30 - Modelo final VTE 2023

## CAPITULO VI

### 6. DISEÑO DE DETALLE

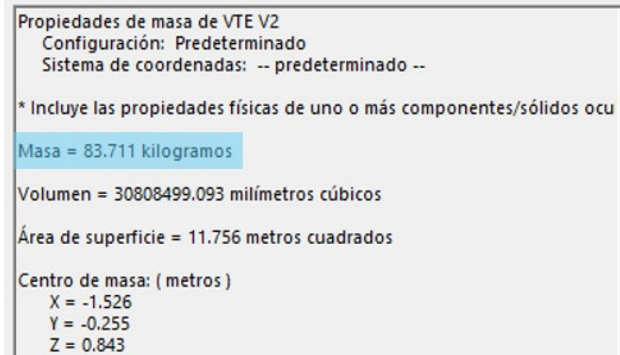
#### 6.1 DISEÑO DIMENSIONAL

*Datos técnicos de tubería:*

Material: Acero al carbón bajo estándar ASTM 500

Dimensiones de sección tubular: ( $\varnothing 25.8 * 1.5$ ) mm

Momento de inercia:  $8484 \text{ mm}^4$

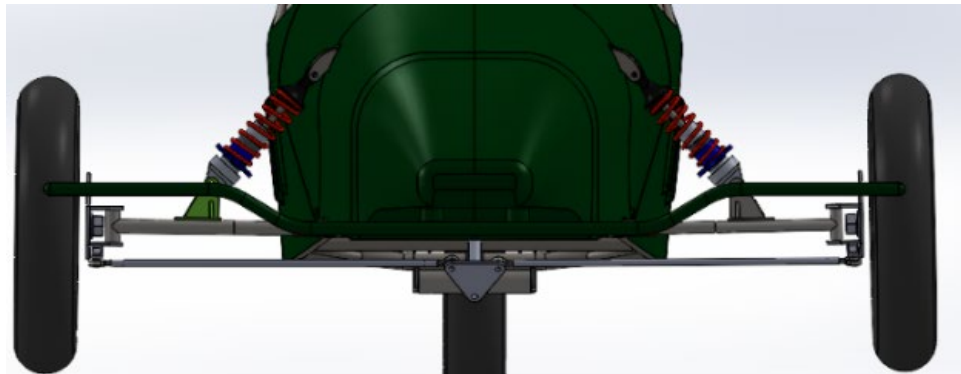


**Ilustración 31 - Propiedades físicas modelo 3D**

*Peso del modelo VTE: 84 Kg      Cumple ✓*

Para el diseño de la suspensión delantera se estableció una tijera tipo balancín, este sistema recibe comúnmente el nombre de tijera McPherson. El desarrollo permite que la rueda permanezca en contacto el mayor tiempo posible. Con la implementación del sistema se logra disipar las cargas sobre el chasis haciendo el vehículo tenga mayor dominio superando los obstáculos de la pista.

- Peso mínimo de componentes      Cumple ✓
- Maniobrabilidad en la conducción      Cumple ✓
- Centro de gravedad bajo      Cumple ✓
- Método de balanceo convergente-divergente      Cumple ✓
- Radio de curvatura del vehículo      Cumple ✓
- Fabricación simple      Cumple ✓



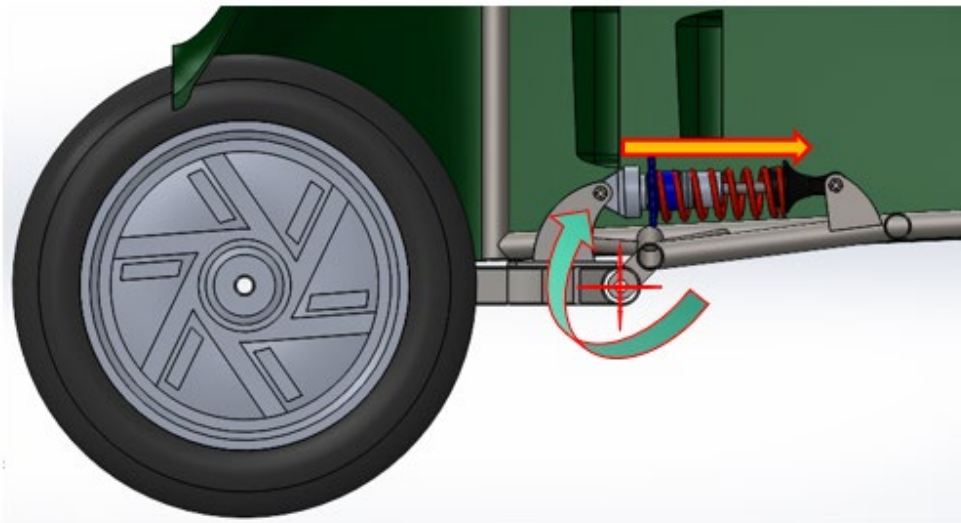
**Ilustración 32 - Suspensión delantera**

*Suspensión Trasera:*

- Peso mínimo de componentes
- Centro de gravedad bajo
- Fabricación simple

La suspensión trasera cuenta con un sistema de amortiguación tipo bieleta; tras la rotación de la rueda a una respuesta de trabajo, está gira en torno al apoyo de la tijera trasera y amortigua en dirección al apoyo anclado al chasis.

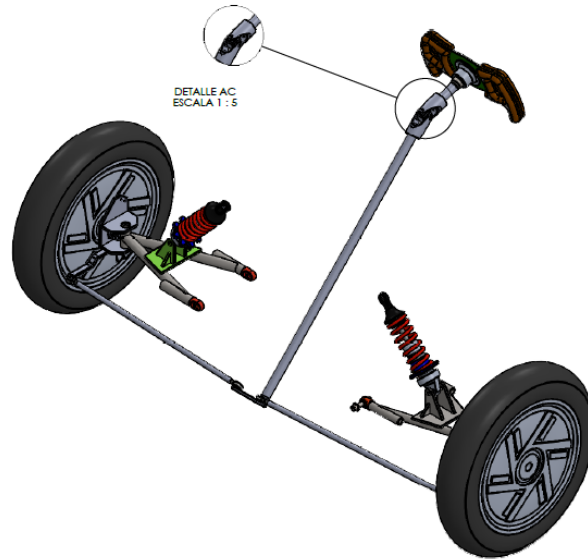
- |                              |          |
|------------------------------|----------|
| - Peso mínimo de componentes | Cumple ✓ |
| - Centro de gravedad bajo    | Cumple ✓ |
| - Fabricación simple         | Cumple ✓ |



**Ilustración 33 - Suspensión trasera**

*Dirección:*

- Radio mínimo de giro: 2.7 metros Cumple ✓

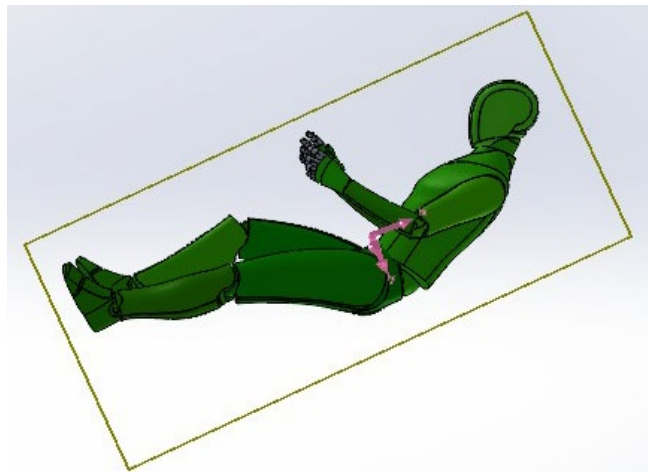


**Ilustración 34 - Conjunto dirección - suspensión**

## 6.2 DISEÑO VOLUMÉTRICO

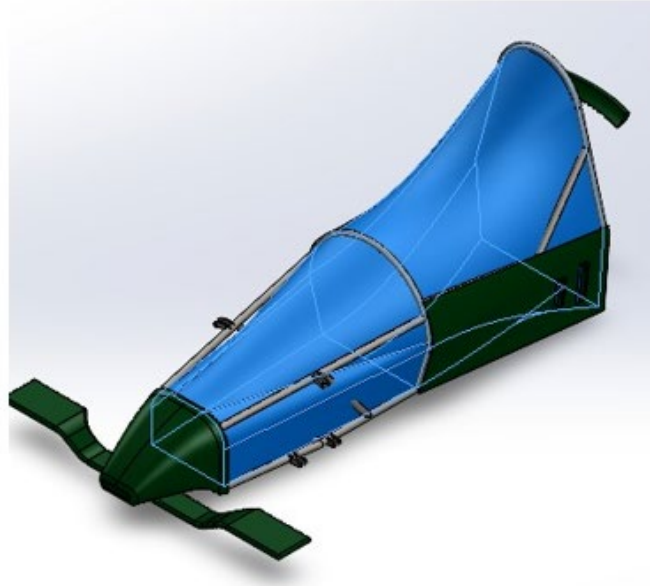
Para el volumen del habitáculo contamos con un espacio definido por las geometrías generales del vehículo, definidas por las geometrías del chasis, y una dimensión muy general de la antropometría de un piloto seleccionado para optimizar las dimensiones dentro del vehículo.

Propiedades de masa de Copia de seguridad of Modelo sin restricciones  
Configuración: Predeterminado  
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --  
Masa (reemplazada por el usuario) = 85.50 kilogramos  
Volumen = 0.07 metros cúbicos



**Ilustración 35 - Volumen ocupado por el Piloto**

Propiedades de masa de selected Solid Bodies:  
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --  
Densidad = 7870.00 kilogramos por metro cúbico  
Masa = 2713.02 kilogramos  
Volumen = 0.34 metros cúbicos



**Ilustración 36 - Volumen del habitáculo**

## **6.3 MEMORIA DE CÁLCULOS**

### ***Diseño estructural***

#### ***Análisis de cargas:***

Desde el análisis estático, la resistencia estructural en un vehículo debe ser analizada para proveer los servicios de rigidez, flexibilidad y seguridad de tal manera que el piloto en el interior este protegido ante cualquier eventualidad; ahora, visto desde el comportamiento dinámico, se conoce que en un vehículo el centro de gravedad debe contemplarse lo más bajo posible, esto permitirá al piloto mayor control en las curvas y por consiguiente menores riesgos de volcamientos. Estas condiciones sumadas a las necesidades adaptativas de la competencia VTE y de dar mejoras respecto al vehículo anterior, resuelven para el diseño: un chasis tubular tipo formula.

En consideraciones especiales para este capítulo, se ha previsto mediante el modelado 3D inicial que la masa estimada del vehículo es de 90 kg y que sumado a la masa del piloto se tiene 150 kg rodando sobre las tres ruedas a una velocidad máxima de 50 km/h.

A continuación, se presentará el análisis general de la estructura y el análisis de elementos finitos realizado en SolidWorks para evaluar el chasis ante las diferentes situaciones objeto de estudio.

*Carga de trabajo frontal:*

Planteamiento del problema:

Se considera para el análisis de carga frontal un choque inelástico sobre la estructura tubular y un choque elástico sobre la estructura de nariz de impacto, esta última con el propósito de aumentar el tiempo de deformación y que las cargas generadas por la colisión de 150 kg a una velocidad de 50 km/h se distribuyen en otra forma de energía que podrá ser sonora y térmica.

Se sabe que, en la ecuación de equilibrio energético, la Energía del impacto + la energía sonora + energía térmica son iguales a la energía cinética de la partícula o en el caso particular el VTE; dado que, en el impacto, el efecto con mayor relevancia en la estructura es la carga promedio, a continuación, se realiza el análisis y validación de resultados dinámicos.

**Ecuación 4 - Energía Cinética**

$$E_{cinet.} = \frac{1}{2} m * v^2$$

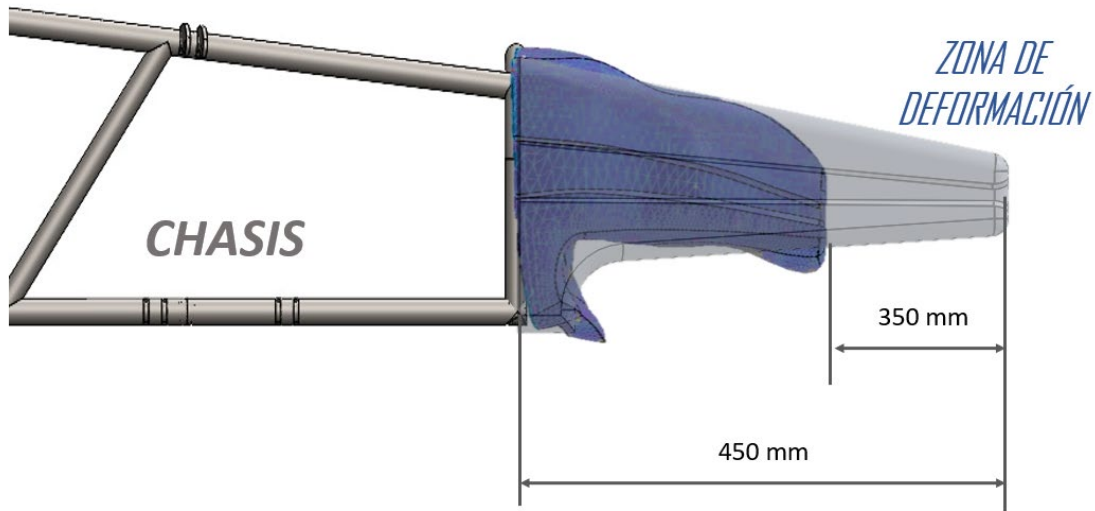
**Ecuación 5 - Energía de Impacto**

$$E_{cinet.} = E_{impacto}$$

**Ecuación 6 - Velocidad Media**

$$V_{media} = \frac{Vi - Vf}{2}$$

## NARÍZ DE IMPACTO



**Ilustración 37 - Deformación por colisión frontal**

Aplicando la ecuación 4 tenemos:

$$E_{cinet.} = \frac{1}{2} 150 \text{ kg} * \left(13.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2,$$

$$E_{cinet.} = 14.283 \text{ kg} * \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}; [J] \text{ o lo que será igual tener } 14,28 \text{ KN.m},$$

Al evaluar la máxima deformación en la nariz de impacto producto del choque, el vehículo pasará de tener una velocidad final de 50km/h a 0 km/h. aquí será importante identificar la velocidad media del choque con la ecuación 6.

Aplicando la ecuación 6 tenemos:

$$V_{media} = \frac{50 \frac{\text{km}}{\text{h}} - 0}{2} = 25 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 6.9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Se conoce además que el tiempo de amortiguación de la estructura de impacto estará medido por la distancia de deformación máxima presente en la estructura y la velocidad media del suceso, así las cosas, el tiempo de colisión será estimado con la ecuación 7.



**Ecuación 7 - Tiempo Medio**

$$\Delta T = \frac{(D_i - D_f)}{V_{media}}$$

$$\Delta T_{segundos} = \frac{(0.450 \text{ m} - 0.100 \text{ m})}{6.9 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{0.35 \text{ m}}{6.9 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,0507 \text{ s},$$

Ahora bien, la segunda ley de Newton establece que la fuerza aplicada en un cuerpo es igual a la masa por la aceleración, este hecho exige conocer la aceleración media del choque con el que finalmente se conseguirá la fuerza media de colisión. La ecuación 8 muestra la aceleración media del choque.

**Ecuación 8 - Aceleración Media**

$$a_{media} = \frac{V_f - V_i}{\Delta T}$$

Aplicando la ecuación 8 tenemos:

$$a_{media} = \frac{0 - 13,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,0507 \text{ s}} = -\frac{13,8 \text{ m}}{0,0507 \text{ s}^2} = -272,19 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Finalmente, la ecuación 9 permite observar el comportamiento de la carga transmitida al chasis.

**Ecuación 9 - Fuerza Media**

$$F_{media} = m * a$$

$$F_{media} = 150 \text{ kg} * \left(-272,19 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = -40828 \text{ N} = -\mathbf{40,83 \text{ KN}}$$

Ahora, es correcto relacionar el comportamiento de la fuerza de colisión en el tiempo de choque con la cantidad de movimiento planteada para este análisis, esto quiere decir que la fuerza multiplicada por el tiempo de deformación es igual a la cantidad de movimiento como se muestra en la ecuación 10 (teorema de impulso y cantidad de movimiento), aquí se conserva tanto la cantidad de movimiento como el impulso del vehículo manteniendo el equilibrio del sistema.

$$F = m * \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Despejando tenemos,

**Ecuación 10 – Fuerza en términos de la aceleración**

$$F * \Delta t = m * \Delta V$$

Reemplazando en la ecuación 10 la ecuación 7, que resuelve el tiempo de deformación de la nariz de impacto, se tiene:

**Ecuación 11 – Remplazo del tiempo**

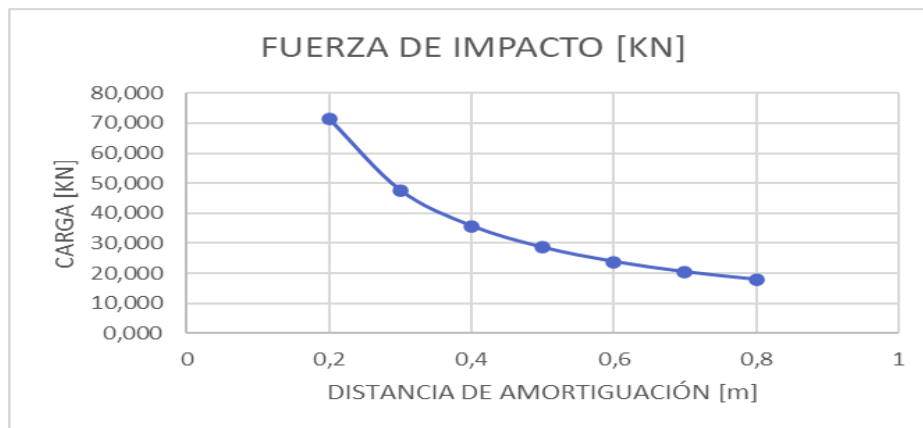
$$F * \left( \frac{\Delta d}{\frac{\Delta v}{2}} \right) = m * \Delta V$$

Lo que resuelve:

**Ecuación 12 - Fuerza Resultante**

$$F = \frac{1}{2} \frac{m * \Delta V^2}{\Delta d}$$

Esta interpretación, finalmente permite concluir que la fuerza de impacto provocada por el choque es inversamente proporcional a la distancia de amortiguación, esto quiere decir que, a mayor distancia en la nariz, menor será la carga sobre la estructura del chasis. La siguiente gráfica muestra la relación entre la carga generada y la longitud de amortiguación en la nariz, con este gráfico se puede evaluar la mejor relación de dimensiones para la selección apropiada de materiales.



**Ilustración 38 - Relación Fuerza vs Distancia amortiguación**

#### 6.4 ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS:

Se conoce ahora que el choque ha generado 40,83 KN de carga frontal. La evaluación en la estructura permitirá identificar las uniones objeto de análisis y la resistencia de la estructura.

Se ha considerado para el análisis los siguientes criterios:

*Tubo estructura acero al carbón establecido bajo el estándar ASTM 500 o NTC 4526 grado C*



| Designaciones     |         | Área | Peso            | Propiedades Estáticas |                 |                 |      |
|-------------------|---------|------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|------|
| Diámetro Exterior | Espesor |      |                 | Flexión               |                 |                 |      |
| D                 | e       | A    | P               | I                     | W               | i               |      |
| pulg.             | mm      | mm   | cm <sup>2</sup> | kg/m                  | cm <sup>4</sup> | cm <sup>3</sup> | cm   |
| 1                 | 25,40   | 1,40 | 1,06            | 0,83                  | 0,76            | 0,60            | 0,85 |
|                   |         | 1,50 | 1,13            | 0,88                  | 0,81            | 0,64            | 0,85 |
|                   |         | 1,80 | 1,33            | 1,05                  | 0,93            | 0,74            | 0,84 |
|                   |         | 2,00 | 1,47            | 1,15                  | 1,01            | 0,80            | 0,83 |

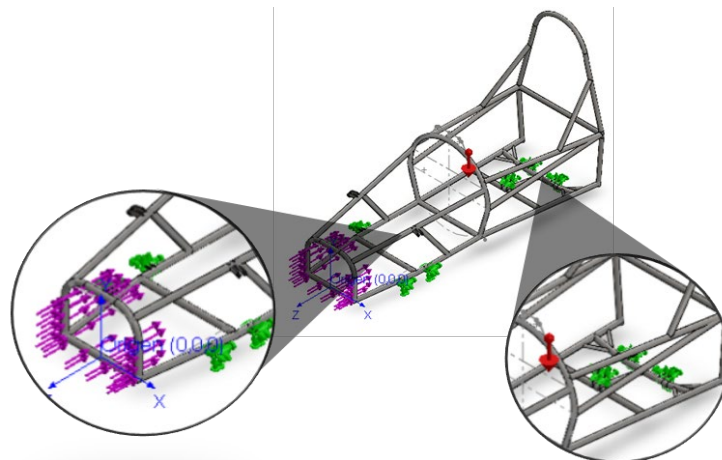
Catálogo general Agofer

**Ilustración 39 – Análisis de elementos finitos**

*Distribución de cargas y apoyos:*

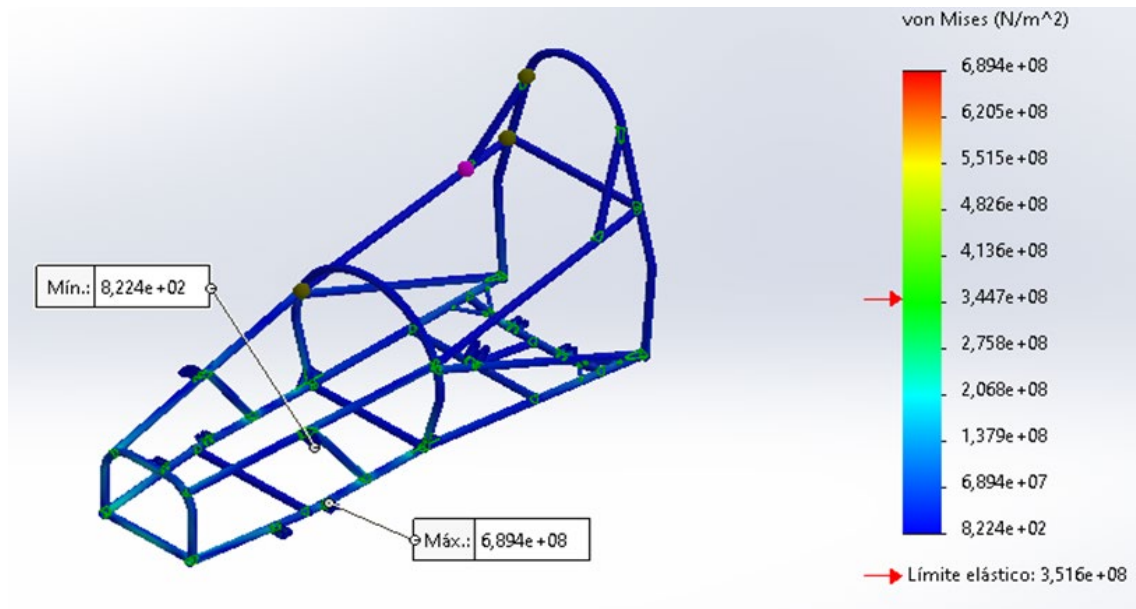
**Carga: 40,83 KN**

**Fijación de la estructura: 6 puntos delanteros y 3 traseros** en conexión con la suspensión



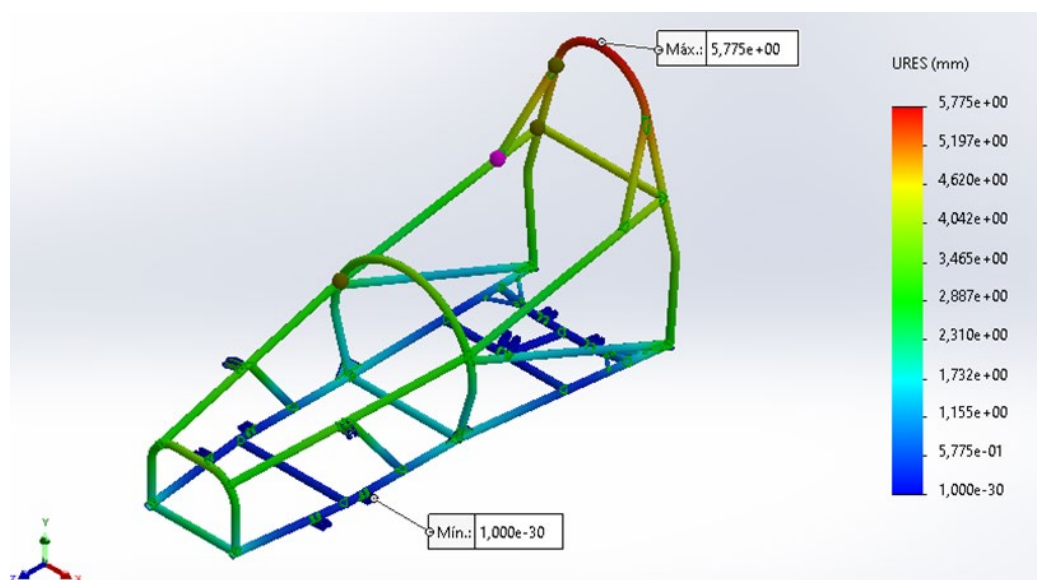
**Ilustración 40 - Distribución de cargas y apoyos**

*Esfuerzos generados en la estructura:*



**Ilustración 41 - Esfuerzos sobre la estructura**

*Desplazamiento en el chasis:*

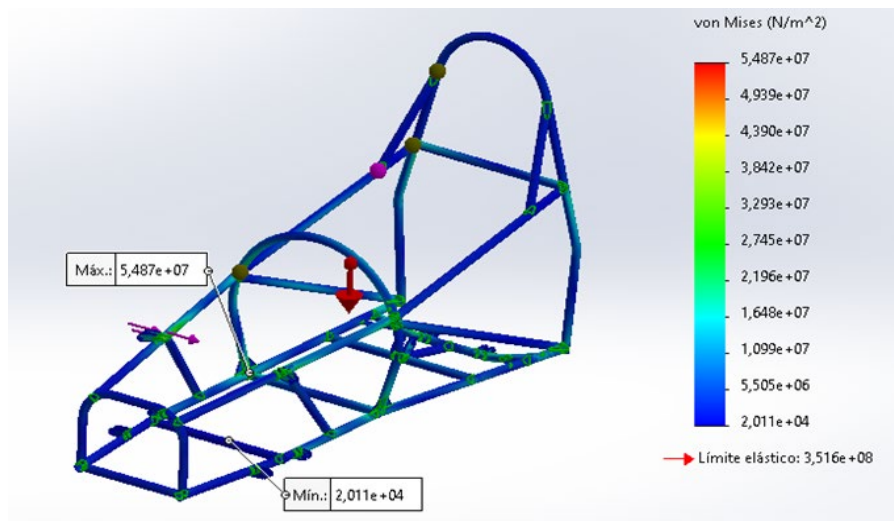


**Ilustración 42 - Desplazamiento de la estructura**

## ANÁLISIS DE CARGA LATERAL:

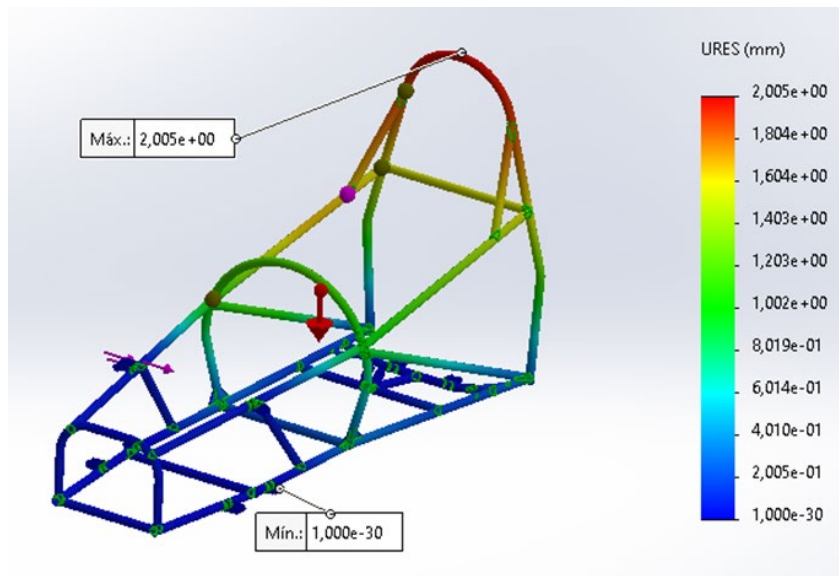
El análisis de carga lateral ha sido elaborado para demostrar el cumplimiento ante el reglamento de competencia, aquí se busca que el automóvil soporte mínimo 1500N mientras el automóvil este en reposo, para ello se instala una carga puntual en el nodo más crítico, con el propósito de simular el mayor grado de afectación sobre el chasis.

*Esfuerzos generados en la estructura:*



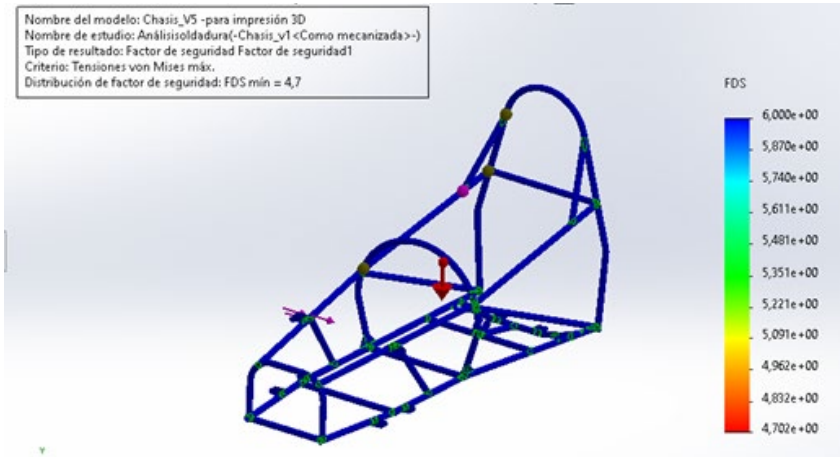
**Ilustración 43 - Esfuerzos en carga lateral**

*Desplazamientos en la estructura:*



**Ilustración 44 - Desplazamiento con carga lateral**

### Factor de seguridad:



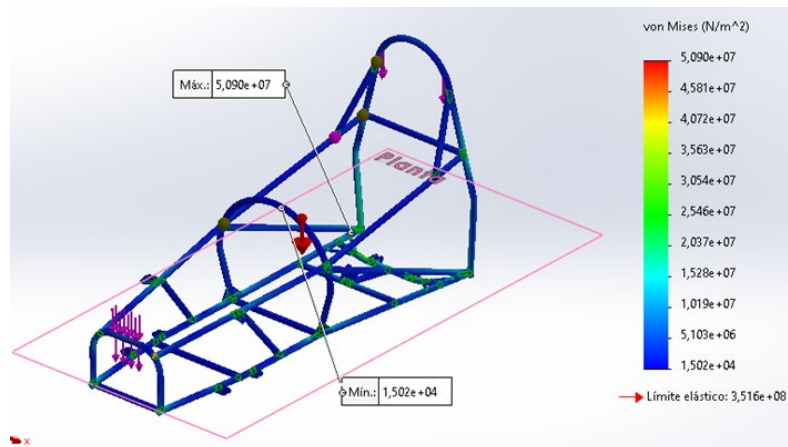
**Ilustración 45 Factor de seguridad carga lateral**

Los resultados de carga lateral finalmente muestran que la estructura soporta con un factor de seguridad de 4.7 medido a partir del esfuerzo de fluencia del material, esto permite concluir que no existen deformaciones en la estructura.

### Análisis de carga superior:

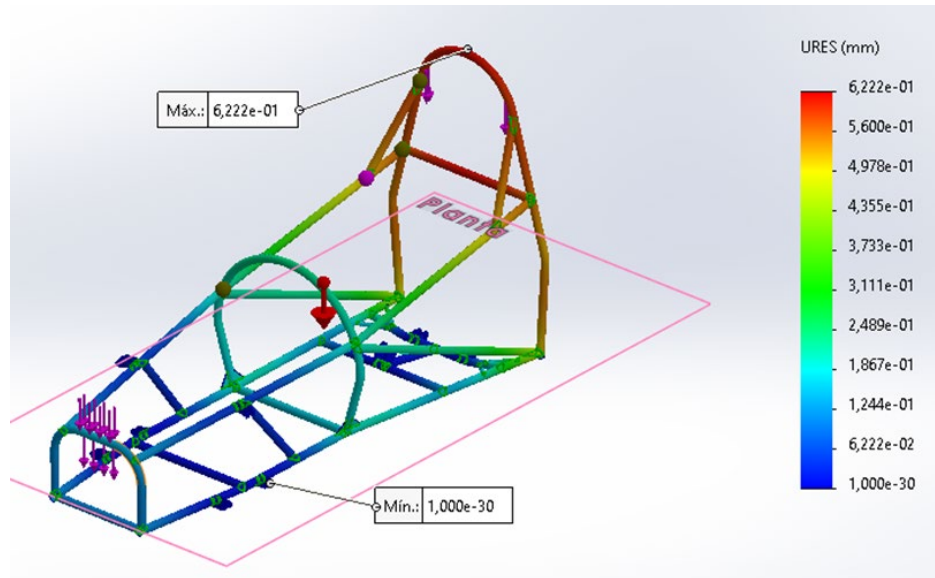
El análisis de carga superior ha sido elaborado para demostrar el cumplimiento ante el reglamento de competencia, aquí se busca que el automóvil soporte mínimo 1500N mientras el automóvil está en reposo; este proceso se tiene en cuenta aplicando las cargas sobre los puntos que al voltear el automóvil estarán en contacto con el suelo.

### Esfuerzos generados en la estructura:



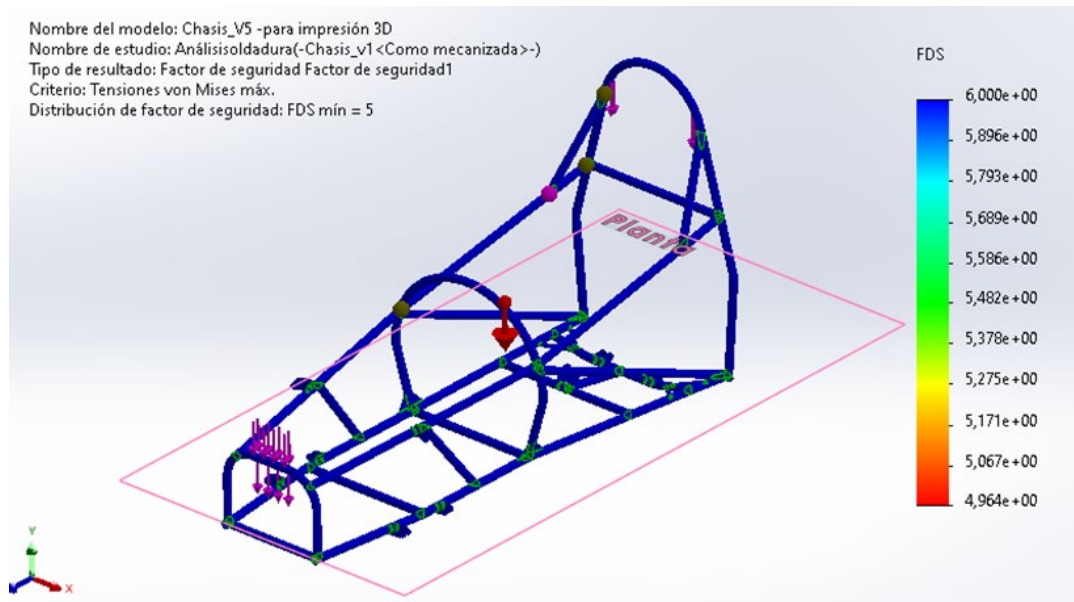
**Ilustración 46 - Deformaciones carga superior**

*Deformaciones en la estructura:*



**Ilustración 47 - Deformaciones carga superior**

*Factor de seguridad:*



**Ilustración 48 - Factor de seguridad cargas superiores**

El resultado final de esta simulación arroja que la estructura soporta las cargas con un factor de seguridad mínimo de 5, dando cumplimiento a los criterios establecidos por el reglamento en el apartado 5.1.3 CNVTE 2023.

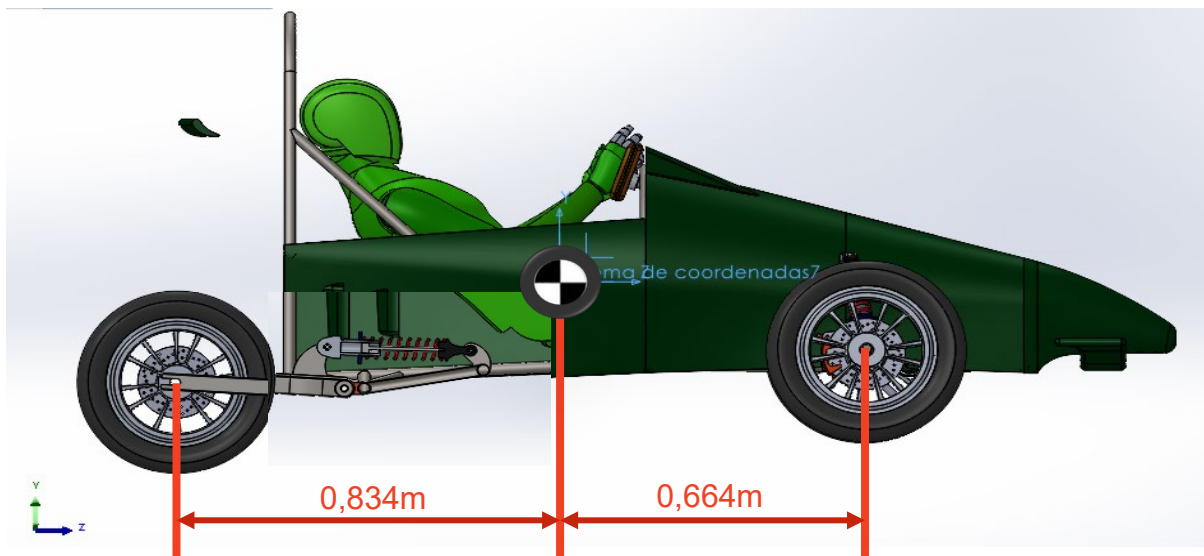
## 6.5 SISTEMAS PRINCIPALES

### *Sistema de suspensión:*

#### **Análisis de carga estática en la suspensión:**

Se dispone a continuación de los resultados calculados en SolidWorks para determinar el centro de masa del vehículo, este dato será importante para analizar las cargas visto todo el conjunto entre subsistemas y piloto como una partícula en general.

Para identificar la distribución de peso en el vehículo es clave observarlo en su vista lateral aportada en la imagen N°40 donde se identifican las distancias a los puntos de apoyo de la suspensión.



**Ilustración 49 - Distribución de masa**

#### **Diagrama de cuerpo libre:**

Masa de vehículo: 150 kg

#### **Peso:**

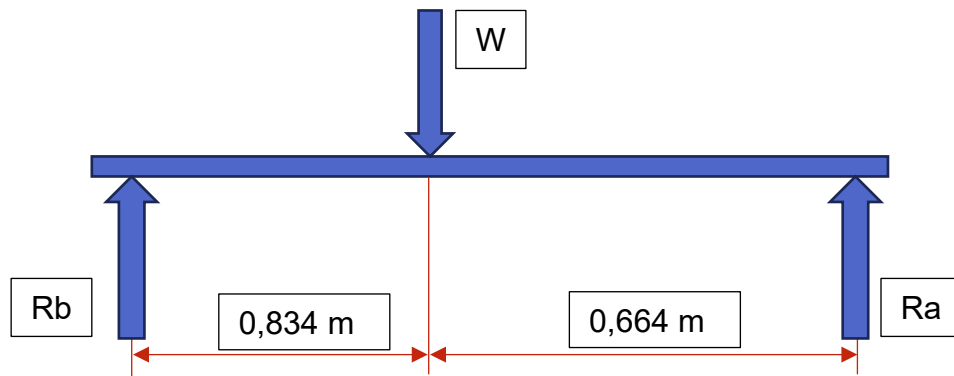
**Ecuación 13 - Calculo peso**

$$W = m * g ; 150 \text{ kg} * 9,81 = 1471 \text{ N}$$

**Ra:** reacción en el apoyo a

**Rb:** Reacción en el apoyo b





**Ilustración 50 - Diagrama de cuerpo libre distribución de masas**

Asumiendo que el sistema está en equilibrio, es decir, las fuerzas no generan deformación en los componentes ni desplazamientos, se puede establecer que la sumatoria de fuerzas en “y” es igual a cero y de igual forma la sumatoria de momentos es igual a cero.

**Ecuación 14 - Calculo fuerzas y momentos**

$$\sum Fy = 0 ; \sum Mw = 0$$

$$\sum Mw = -(0,834m \times Rb) + (0,664m \times Ra)$$

$$\sum Fy = Rb - W + Ra ; Ecu. 2$$

$$Ra = W - Rb = 1471N - Rb$$

Teniendo en cuenta que el sistema de ecuaciones es de dos por dos, se puede sustituir los términos de la ecuación 2 en la ecuación 1.

$$\sum Mw = -(0,834m \times Rb) + (0,664m \times (1471N - Rb))$$

$$\sum Mw = -(0,834m \times Rb) + (976.774 Nm - 0,0644m \cdot Rb)$$

Despejando la incógnita Rb se tiene:

$$976,774Nm = (0,834m \times Rb) + (0,0644m \cdot Rb)$$

$$976,774Nm = Rb (0,535 + 0,664)m$$

$$\frac{976,774Nm}{(0,834 + 0,664)m} = Rb$$

$$Rb = 652,052N ; \text{carga vertical trasera}$$

Ahora sustituyendo en la segunda ecuación el resultado de Rb, para mantener el equilibrio del sistema de ecuaciones, se tiene el siguiente resultado:

$$Ra = 1471N - 652,052N = 818,948N \approx 820N$$

Se sabe que la carga en la parte delantera del vehículo esta soportada sobre dos amortiguadores que están simétricamente distanciados respecto al eje lateral del VTE, se debe descomponer la carga en ambos amortiguadores:

$$Ra = Ra_{izq} + Ra_{Der} ; \quad Ra_{izq} = Ra_{der}$$

$$Ra = 2 * Ra_{izq}$$

$$Ra_{izq} = \frac{Ra}{2} = \frac{818,948}{2} = 409,474 \approx 410N ; \text{carga vertical en apoyos delanteros}$$

### **Análisis de carga Dinámica en la suspensión:**

Ya se conocen las cargas del vehículo en reposo, ahora, si el vehículo está en movimiento, aumenta el criterio de falla en los componentes, por lo que será indispensable determinar la carga combinada entre los efectos dinámicos y estáticos. Para este análisis se asume la misma cantidad de movimiento lineal efectuado para el choque, con la diferencia notable que, para este estudio, se busca conservar la integridad del vehículo ante una condición de frenado:

*Tiempo mínimo de reacción para el frenado: 3 segundos*

*Velocidad inicial de vehículo: 50 km/h = 13,8 m/s*

*Velocidad final: 0 Km/h*

Se puede conocer por medio de la primera ley de Newton que una partícula que se desplaza, esta acotada por las siguientes ecuaciones de cinemática.

**Ecuación 15 - ecuación de posición**

$$S = S_o + V_o t + \frac{1}{2} a t^2$$

**Ecuación 16 - ecuación de velocidad**

$$V = V_0 + at$$

**Ecuación 17 - ecuación de aceleración**

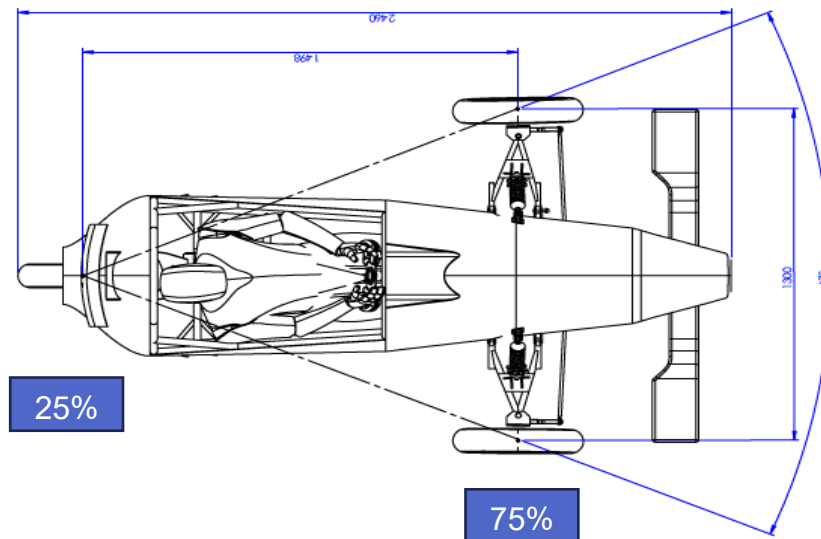
$$a = \frac{V_f - V_0}{t}$$

Sí sacamos del reposo a un cuerpo que transita a una velocidad constante por medio de la activación de los frenos, esta fuerza que contrarresta el movimiento se conoce como la fuerza de frenado, en combinación podemos aplicar la segunda ley de Newton para establecer el comportamiento de las cargas.

$$a = \frac{V_f - V_0}{t} = \frac{\left(0 - 13,8 \frac{m}{s}\right)}{3 s} = -\frac{\left(13,8 \frac{m}{s}\right)}{3 s} = -4,6 \frac{m}{s^2} ; \text{Cambio de velocidad}$$

$$F = m * a = 150Kg * -4,6 \frac{m}{s^2} = -690 N$$

El siguiente gráfico permite identificar la carga de frenado distribuida sobre las 3 ruedas del automóvil.



**Ilustración 51 - Distribución de frenado**

Al evaluar este sistema la carga de frenado debe distribuirse en un 75% en los apoyos delanteros y un 25% en la rueda trasera, debido a que la inercia de movimiento distribuye más la carga sobre los apoyos delanteros, distribuyendo la carga se tiene:

**Ecuación 18 – fuerza de frenado Porcentual**

$$F_{frenado\ porcentual} = F_{frenado} * \% \text{ de frenado}$$

**Porcentaje de frenado delantero:**

$$F_{delantero} = -690N * 75\% = -517.5 N$$

Distribuyendo la carga a las dos ruedas tenemos,  $517,5N/2 = 258,75 N$  en cada rueda.

**Porcentaje de frenado trasero:**

$$F_{trasero} = -690N * 25\% = -172,5N$$

Dado el resultado anterior y teniendo en cuenta el área efectiva de frenado en la pastilla que es de  $0,0042 m^2$  tenemos:

**Ecuación 19 – presión de frenado en pastillas**

$$P = \frac{F}{A} \left[ \frac{N}{m^2} \right]; \text{Presión de servicio}$$

El sistema de frenado con todas las pérdidas de presión debe garantizar en cada rueda las siguientes condiciones:

**En cada rueda delantera:**

$$P = \frac{260N}{0,0042 m^2} = 61904 \frac{N}{m^2} = 0,62 Bar$$

**En la rueda trasera:**

$$P = \frac{172,5 N}{0,0042 m^2} = 41070 \frac{N}{m^2} = 0,4 Bar$$

**Análisis de cargas combinadas:**

Dado que la fuerza de la gravedad está presente en todo momento en el sistema, podemos establecer una condición de carga vertical constante sobre los apoyos, adicionalmente se establece para las condiciones de servicio del vehículo, un análisis de carga dinámica; este análisis sumado a la carga estática nos permite identificar las cargas máximas posibles durante el andar del vehículo.

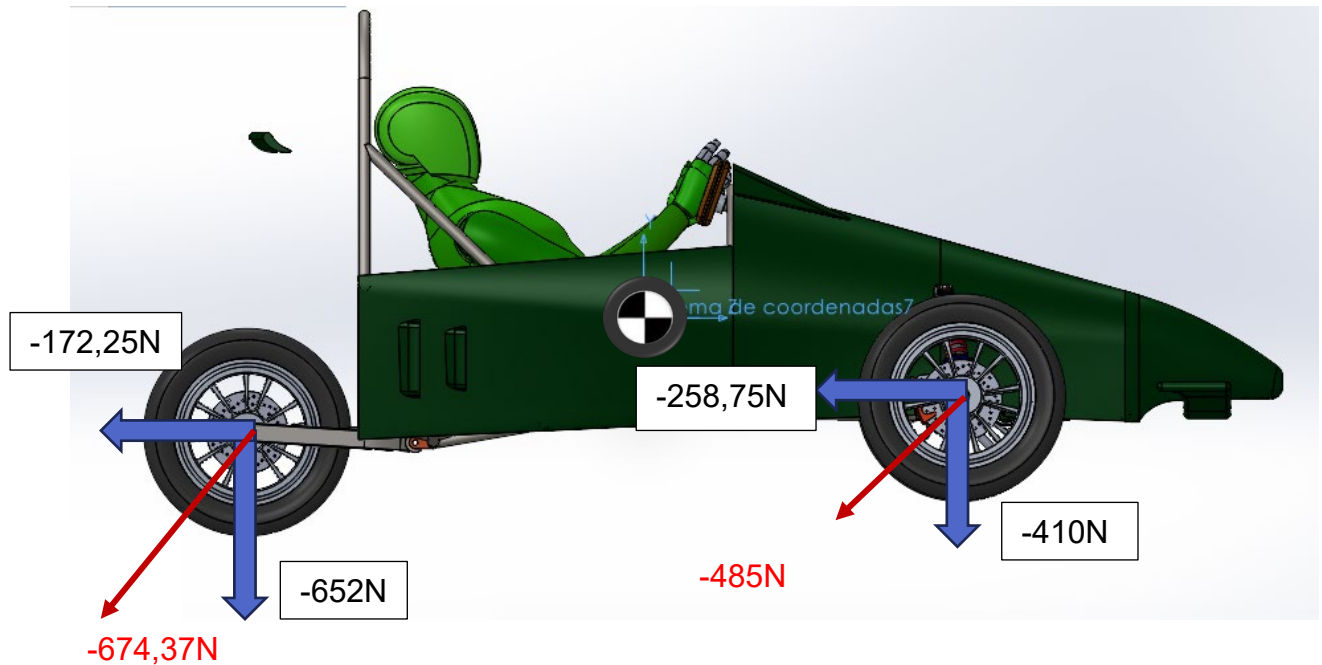


Ilustración 52 - Cargas combinadas

### Fuerza solicitante para amortiguador trasero:

Se contempla el estudio de la carga en el amortiguador trasero, siendo este, el de mayor relevancia por la distribución de peso. Precizando entonces, tenemos que La fuerza ejercida en el amortiguador trasero está dada por la siguiente ecuación:

Ecuación 20 – fuerza del amortiguador

$$F = -k x$$

Donde:

F: fuerza de repulsión ejercida en el amortiguador

K: Constante de proporcionalidad

X: Desplazamiento del amortiguador sobre su eje.

Se conoce además que la constante **K** en el sistema de amortiguación es de 337KN/m.

Diagrama de cuerpo libre de amortiguador:

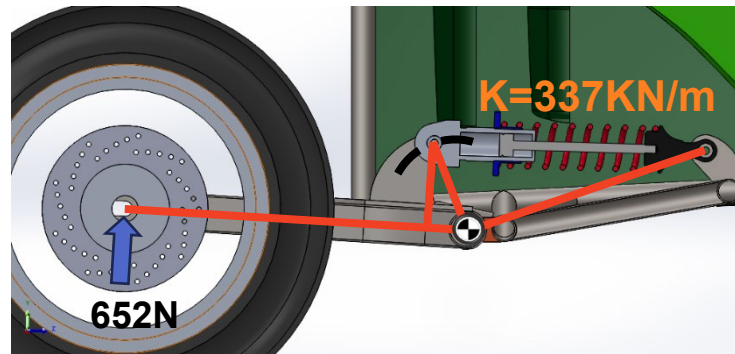


Ilustración 53 – Fuerzas en la suspensión trasera

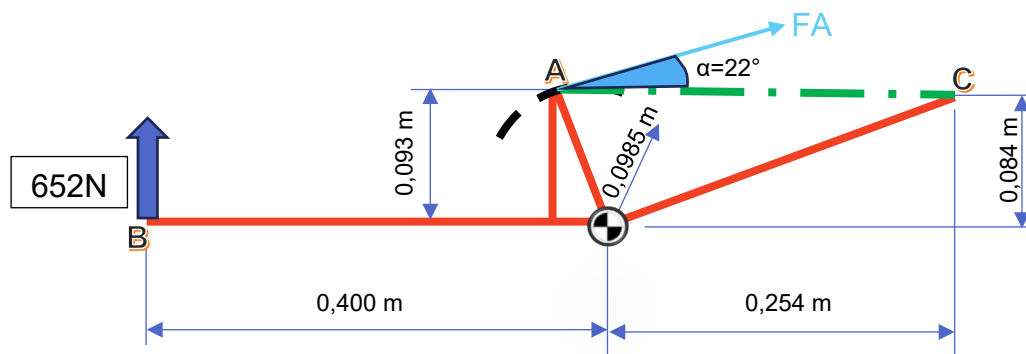


Ilustración 54 - Diagrama cuerpo libre suspensión trasera

Para identificar la carga en el amortiguador **AC**, se debe identificar que la carga de 652N en el punto **B**, ejerce un momento equivalente en **A** respecto al origen.

Para hallar esta carga planteamos:

**Ecuación 21 – Equivalencias de momentos en articulación de tijera trasera**

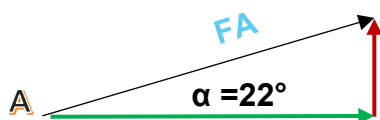
$$M_{O/B} = M_{O/A}$$

$$-(652N * 0,4m) = -(F_A * 0,0985m)$$

Despejando la fuerza A se tiene:

$$F_A = \frac{260,8Nm}{0,0985m} = 2647.7N$$

Descomponiendo el vector fuerza con el eje del amortiguador se tiene:



$$\sin \alpha = \frac{F_y}{FA}; \quad \cos \alpha = \frac{F_z}{FA}$$

$$F_y = FA * \sin \alpha = 2647.7N * \sin 22^\circ = 991.85N \quad \uparrow$$

$$F_z = FA * \cos \alpha = 2647.7N * \cos 22^\circ = 2454.9N \quad \rightarrow$$

Con los datos obtenidos, ahora se conoce que La carga efectiva sobre el amortiguador es de 2454,9N, este valor ahora permitirá identificar cual es la distancia recorrida en el amortiguador una vez las cargas combinadas hacen efecto.

Despejando la ecuación 20, tenemos:

$$F = -k x$$

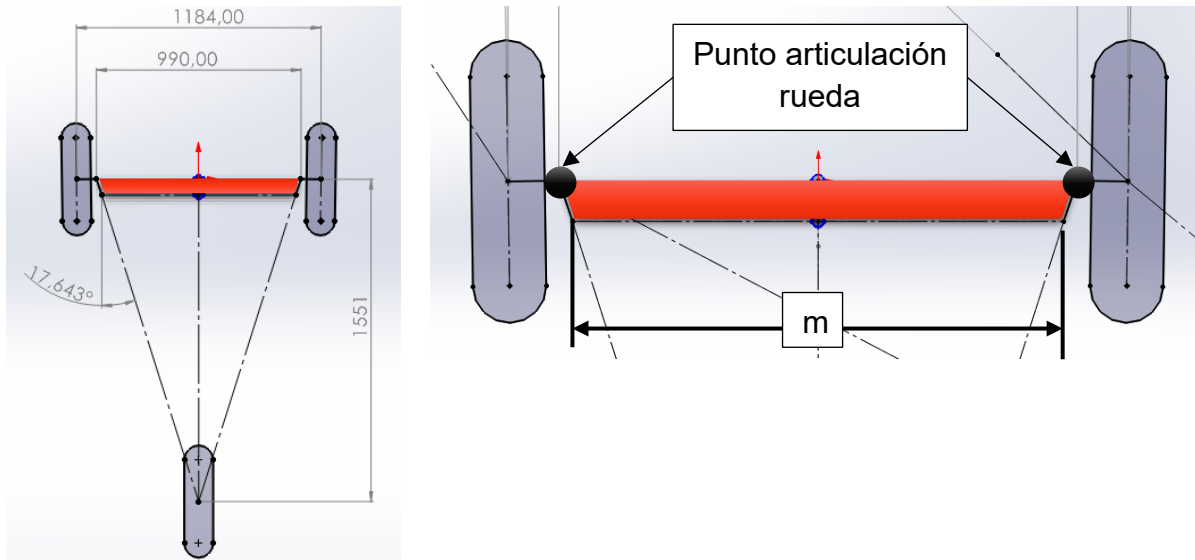
$$x = \frac{F}{-K} = \frac{2454,9N}{337000 \frac{N}{m}} = 0,00728m \approx 7.3 \text{ mm}$$

Con la incidencia de la carga, el amortiguador se comprime 7.3 mm aproximadamente, valor completamente coherente con las dimensiones utilizadas en el diseño.

## **6.6 PRINCIPIO DE ACKERMANN:**

Cuando un vehículo desea girar en una dirección, la geometría de su trayectoria debe acoplarse a un radio de curvatura primitivo, este radio está comprendido entre la intersección de los ejes de sus ruedas, punto conocido como el centro instantáneo de rotación y la distancia media entre la longitud de sus ejes.

El principio de Ackermann permite entonces identificar el menor radio de giro utilizando un marco de 4 barras que puede ser analizado cuando el vehículo tiene sus ejes paralelos, tal como lo muestra la imagen N°45; equilibrar correctamente este trapecio le dará al piloto la comodidad de una dirección suave y la maniobrabilidad en las curvas. para el diseño del VTE este radio debe ser menor a 5 metros de distancia establecido para dar cumplimiento al reglamento.



**Ilustración 55 - Dimensiones dirección**

Dimensiones del trapecio

**Distancia m = 920,11 mm**

**Base = 990 mm**

**Longitud de caras pequeñas del trapecio = 115 mm**

**Ángulo entre caras del trapecio =  $17.7^\circ * 2 = 35.4^\circ$**

**Altura del trapecio=longitud entre centros articulados de bieleta de dirección=109.55 mm**

**Cálculo de radio de giro mayor – rueda externa:**

Si el vehículo tiene la capacidad de girar la rueda externa  $38^\circ$  entonces podemos aplicar la ecuación 3:

$$\delta_i = \tan^{-1}\left(\frac{L * \tan(\delta_e)}{L - (b * \tan(\delta_e))}\right) =$$

Donde:

L=1551 mm

b=1148 mm

$\delta_e = 38^\circ$  Ángulo de rueda externa

$\delta_i =$  Ángulo de rueda interna



$$\delta_i = \tan^{-1}\left(\frac{1.551 * \tan(36.1)}{1.551 - (1.184 * \tan(36.1))}\right) = 62.6^\circ$$

Aplicando la ecuación 2 tenemos:

$$\cot \delta_e = \frac{R + b}{2 L}$$

Donde:

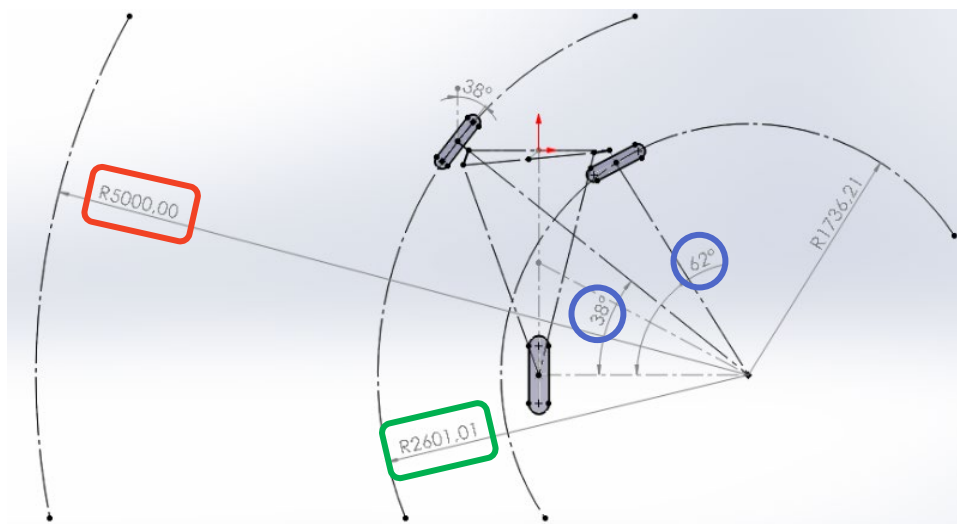
R= radio de curvatura de la rueda externa:

Despejando R, tenemos:

$$(2 * L * \cot \delta_e) - b = R$$

$$R = (2 * 1.551 \text{ m} * \cot 38^\circ) - 1.184 \text{ m} = \mathbf{2.7 \text{ m}}$$

El radio indica que el VTE tiene la capacidad de girar con radio de curvatura mínimo de 2,7 metros. Esta evaluación se da tras conocer la capacidad de giro angular de las ruedas. La imagen N°46 muestra las trayectorias de cada rueda, en comparación con el radio máximo de curvatura.



**Ilustración 56 - Radio de curvatura**

## CAPITULO VII

### 7. PROCESO DE FABRICACIÓN

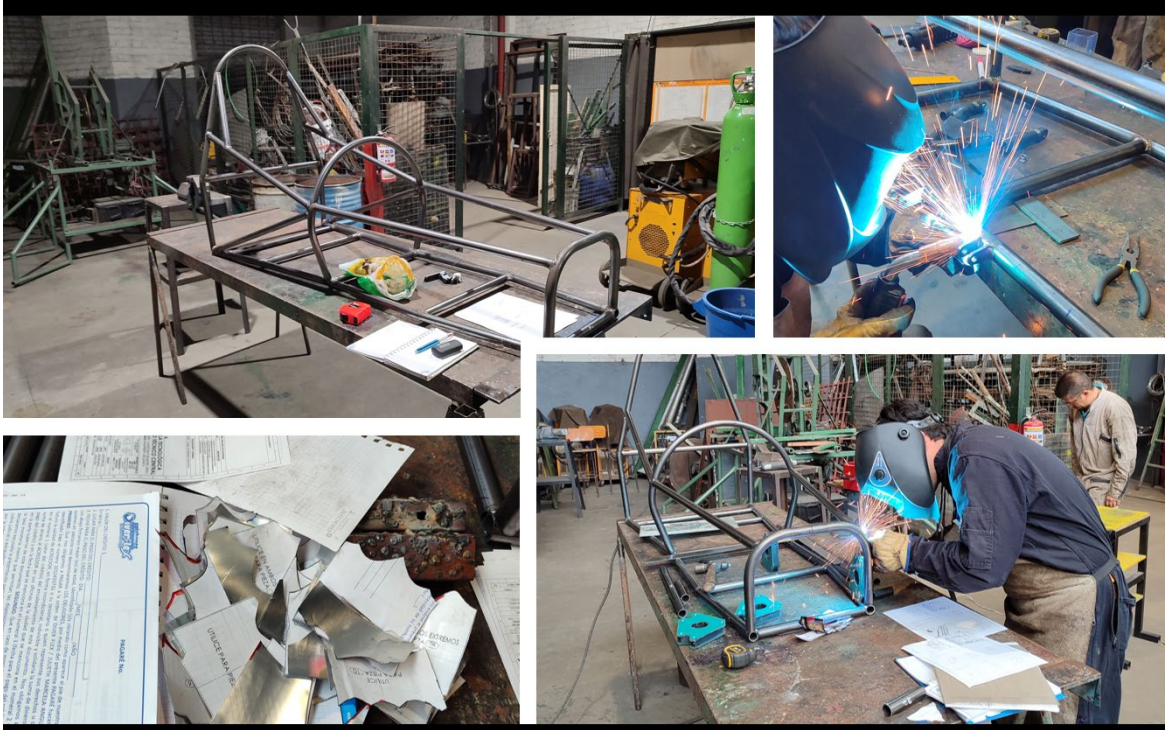
El proceso de fabricación y las etapas de ensamble son los procesos donde el detalle y la planeación adelantada desde la etapa de diseño, se reflejan en las vicisitudes que se pueden presentar a la hora de construir los elementos y conjuntos.



**Ilustración 57 - Verificación de espacios y elementos**

Para el correcto desarrollo de esta etapa se analizaron las alternativas existentes, los lugares y procesos más idóneos para adelantar la labor, logrando una etapa de fabricación que, aunque con algunas dificultades o contratiempos, no perjudicó el proceso y por el contrario se logró con los resultados en el tiempo estimado.

Para la fabricación se emplearon una gran cantidad de operaciones de manera manual como el corte de tubería o comúnmente llamado “destijere”, operaciones mecánicas como el rolado y curvado de la tubería respectiva; procesos de soldadura MIG con el personal calificado y bajo la asesoría del director del proyecto junto con los demás miembros del equipo de trabajo. Bajo los parámetros del diseño y las consideraciones del equipo se adelantaron las correcciones necesarias para garantizar las dimensiones, justas y geometrías características del vehículo.

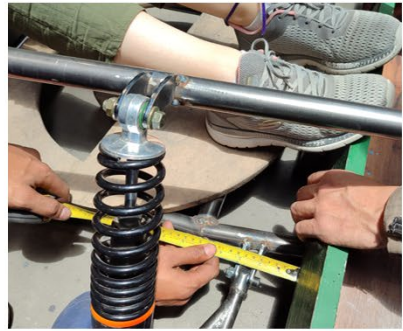


**Ilustración 58 - Fabricación Chasis**

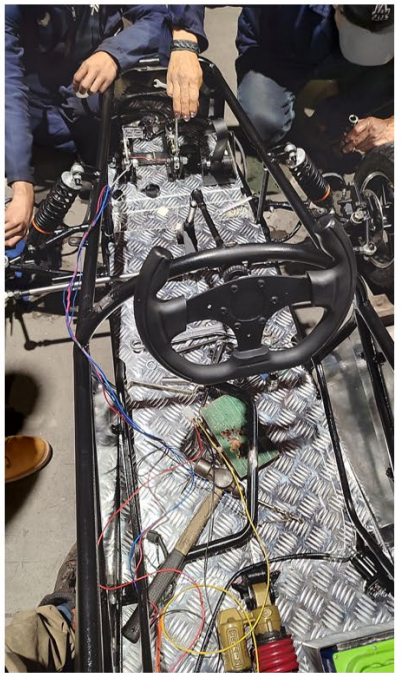
También por necesidad propia de la construcción y por requisito de la competencia, se adelantó una prueba simulando, las cargas laterales frontales y superiores en los puntos críticos de las uniones y corroborar su capacidad de carga.



**Ilustración 59 - Pruebas de carga**



**Ilustración 60 Etapas de fabricación – Chasis - suspensión - dirección**



**Ilustración 61 - Integración de los subsistemas al chasis**

## 7.1 TABLA DE MATERIALES

| Nº de elemento | Cantidad | Descripción  | LONGITUD |
|----------------|----------|--|----------|
| 1              | 1        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26,7 x 1.8) | 1311.44  |
| 2              | 1        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26,7 x 1.8) | 340      |
| 3              | 2        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26,7 x 1.8) | 863.03   |
| 4              | 2        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26,7 x 1.8) | 332.85   |
| 5              | 1        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26,7 x 1.8) | 440      |
| 6              | 2        | AI PIPE STRUCTURAL 0.75 S160                         | 804.23   |
| 7              | 2        | AI PIPE STRUCTURAL 0.75 S160                         | 805.12   |
| 8              | 2        | AI PIPE STRUCTURAL 0.75 S160                         | 328.82   |
| 9              | 1        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26,7 x 1.8) | 439.38   |
| 10             | 1        | AI PIPE STRUCTURAL 0.75 S160                         | 596.98   |
| 11             | 2        | AI PIPE STRUCTURAL 0.75 S10                          | 13.74    |
| 12             | 1        | AI PIPE STRUCTURAL 0.75 S10                          | 531.2    |
| 13             | 2        | Platina 5 mm corte laser                             |          |
| 14             | 2        | AI PIPE STRUCTURAL 0.25 S80                          | 101.21   |
| 15             | 2        | AI PIPE STRUCTURAL 0.25 S80                          | 108.51   |
| 16             | 1        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26,7 x 1.8) | 2071.9   |
| 17             | 4        | Platina 5 mm Corte laser                             |          |
| 18             | 4        | Platina 5 mm - corte laser                           |          |
| 19             | 1        | AI PIPE STRUCTURAL 0.375 S40                         | 489.12   |
| 20             | 2        | Platina 5 mm corte laser                             | 12.82    |
| 21             | 1        | AI PIPE STRUCTURAL 0.75 S160                         | 8.86     |
| 22             | 2        | Platina 5mm Corte laser                              | 12.32    |
| 23             | 1        | AI PIPE STRUCTURAL 0.75 S160                         | 9.27     |
| 24             | 1        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26,7 x 1.8) | 750.53   |
| 25             | 1        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26,7 x 1.8) | 1670.32  |
| 26             | 1        | AI PIPE STRUCTURAL 0.375 S40                         | 51.06    |
| 27             | 2        | Platina 5 mm corte laser                             | 51.06    |
| 28             | 1        | AI PIPE STRUCTURAL 0.375 S40                         | 238.18   |
| 29             | 1        | AI PIPE STRUCTURAL 0.375 S40                         | 51.06    |

**Ilustración 62 - Listado de materiales  
(Consultar documento anexo planos de fabricación VTE 2023)**

## 7.2 LISTA MAESTRA DE PLANOS

Consultar el documento anexo:

*Planos de Fabricación - VTE 2023*

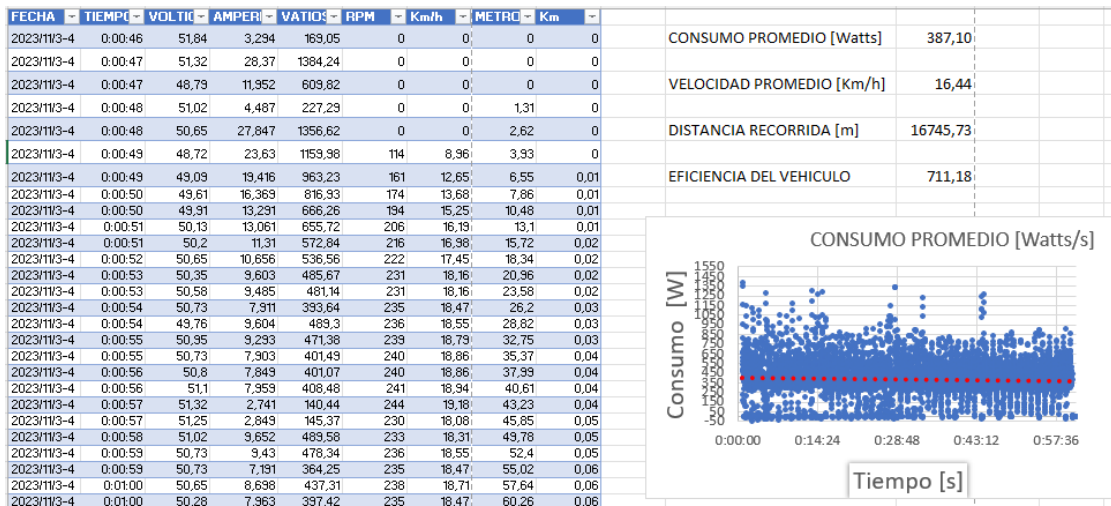
## 7.3 ANÁLISIS DE COSTOS

Consultar el documento anexo:

*Presupuesto fabricación VTE 2023*

## 8. PARTICIPACIÓN EN LA COMPETENCIA

Luego de surtir las diferentes etapas de diseño, factibilidad, recolección de fondos, construcción, validación y pruebas de funcionalidad, el VTE versión 2023 participo en la competencia nacional de vehículos eléctricos llevada a cabo en la ciudad de Medellín, en el centro de exposiciones Centro Mayor, donde compitió con 8 instituciones en diferentes pruebas de desempeño mecánico, físico, de maniobrabilidad y eficiencia de consumo de potencia. El vehículo tubo una destaca participación en la competencia logrando cumplir todas las pruebas de carga, funcionalidad, de seguridad, frenado, abandono de vehículo y el gran Prix donde ocupó el segundo lugar con una autonomía de 16.4 km en una hora de circuito.



**Ilustración 63 - Datos de Análisis VTE 2023**

En el análisis de los datos desarrollado por los organizadores del evento, se evidenció la reducción del consumo eléctrico en los promedios generales y de sobre picos, el objetivo de reducir el consumo y aumentar la eficiencia contribuyó para lograr una buena participación.

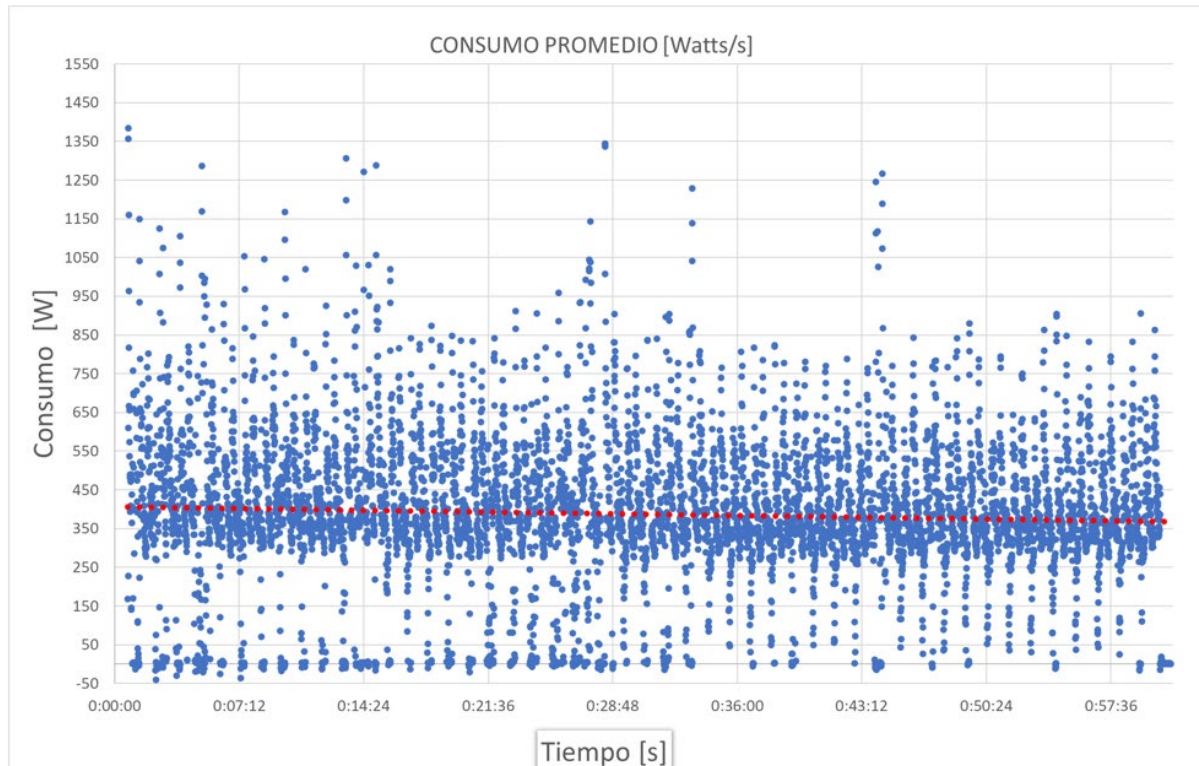


**Ilustración 64 - Participación competencia VTE 2023**

Como resultado final se ocupó el tercer puesto en la competencia resaltando por ser un vehículo visualmente muy llamativo y funcionalmente destacable.



**Ilustración 65 - VTE 2023**



**Ilustración 66 - Eficiencia durante Grand Prix**

Esta comparación es la evidencia de los datos de consumo y la mejora en los consumos de corriente (amperaje), ya que la versión anterior al realizar algunas pruebas de consumo y funcionalidad de los subsistemas, se evidencio unos sobre picos superiores a 1400 Watts y consumos de hasta 30 Amperios en picos de arranque (Ilustración 67), por el contrario, en la prueba de gran Prix, con condiciones de exigencia máxima, los picos de consumo fueron muy dispersos y el consumo objetivo por debajo de los 500 Watts en promedio.



**Ilustración 67 - Pruebas consumo de potencia VTE 2019**

## **9. CONCLUSIONES**

### ***Optimización peso-potencia:***

Se ha logrado la configuración de peso-potencia con mayor eficiencia en los componentes de chasis, suspensión y dirección, que establece con el diseño anterior un comparativo porcentual de mejora del 17% (De 120 Kg a 100 Kg) en peso y 29% (de 550 Watts a 380 Watts) de ahorro energético del sistema de baterías. Efecto que se obtiene, sin sacrificar los coeficientes de seguridad establecidos por el reglamento de competencia y que contribuyen al rendimiento general del vehículo como se puede apreciar en las ilustraciones 66 y 67.



### ***Cumplimiento de especificaciones técnicas:***

Todas las partes de chasis, suspensión y dirección cumplen con las condiciones del diseño planteado para la fabricación, como se muestra desde la ilustración 57 a la 61 en conjunto con los planos anexos, logrando además la integración equilibrada de los subsistemas que garantizan la seguridad estructural y funcional del vehículo.

### ***Innovación en materiales, diseño y fabricación:***

El uso de técnicas de diseño innovadoras como la simulación de elementos finitos de SolidWorks, visto en el capítulo 6. La implementación de tubería en el chasis con estándar de calidad ASTM 500, tubería SAE 4340 (Cromoly) y combinando las técnicas de soldadura especial (GMAW - GTAW), sumado al rolado de tubería con precisión y ensamble secuencial; han sido determinantes para alcanzar el menor peso posible, garantizar la resistencia mecánica y funcional de los componentes soldados.

### ***Mejora en la maniobrabilidad:***

Se ha logrado un sistema equilibrado de suspensión – dirección con la implementación del sistema McPherson que mejora significativamente la capacidad de maniobra del vehículo en comparación con la versión anterior. La respuesta ágil del sistema permite al conductor realizar maniobras con mayor facilidad y control como las evidenciadas en la tercera competencia nacional de vehículos eléctricos, gracias al su centro de gravedad más bajo.

### ***Facilidad de ingreso y salida:***

La implementación de un volante removible ha demostrado en competencia ser eficaz para el ingreso y salida del vehículo. Durante las pruebas realizadas, se registraron tiempos de abandono del vehículo de 5 segundos, incluso retirándose hasta 5 metros de distancia de este. Esta característica es valiosa especialmente cuando se requiere una reacción inmediata en situaciones críticas o de emergencia y en la misma estrategia de competición.

### ***Ergonomía mejorada:***

Durante el proceso de validación del diseño, se comprobaron factores importantes en la conducción como la visibilidad del conductor y distanciamiento de la pedalera (Ilustración 57). Aquí el conductor debe tener dominio completo de los pedales y la visual a la mayor distancia posible.

### ***Rendimiento consistente en competición:***

El equilibrio y conexión de los subsistemas ha llevado a un rendimiento notable del vehículo, se puede confiar en la estabilidad en curvas cerradas, altibajos y zigzagueos fuertes, lo que se traduce en un rendimiento predecible y exitoso.

Se puede afirmar con el tercer puesto en la competencia nacional de vehículos eléctricos 2023, llevada a cabo en Medellín, que el vehículo tuvo gran rendimiento tanto en las pruebas de clasificación y maniobrabilidad como en el circuito de Grand Prix; completando más de 16 Km de autonomía recorridos entre ascensos, descensos, terrenos agrestes y lisos, sin presentar fallas mecánicas ni deformaciones en su estructura y donde se puede observar un comportamiento estable en cada vuelta recorrida, evidenciado en la ilustración 65.

### ***Potencial para futuros proyectos:***

Los resultados obtenidos subrayan el éxito que planteó fabricar un vehículo de tracción eléctrica como proyecto de grado para ingeniero mecánico, demostrando que la aplicación de la técnica, la tecnología y la ciencia en torno a la ingeniería dan solución a problemas reales.

Como valor agregado, el vehículo es símbolo de inspiración en proyectos y avances en temas de investigación de alternativas de movilidad amigables con el medio ambiente.

## **10. GLOSARIO**

### ***Ackerman:***

En un sistema de dirección, el sistema de Ackermann permite girar las ruedas delanteras con ángulos diferentes. De este modo, se crea un solo centro de rotación, que coincide con el punto común de intersección entre la prolongación de los dos ejes de las ruedas delanteras y la del eje posterior.

### ***Adherencia:***

La adherencia es una propiedad esencial para la estabilidad y la fiabilidad de un automóvil. Los neumáticos de un vehículo tienen adherencia longitudinal, que les proporciona agarre suficiente en las frenadas y aceleraciones, y transversal, que les permite trazar curvas con seguridad. Cuando se supera el límite de adherencia, es decir,

la fuerza máxima que la goma es capaz de transmitir al piso, se produce el deslizamiento o patinazo.

#### *Alerón:*

El alerón es un elemento que se instala en los coches y que ayuda a transmitir mejor la potencia y a mejorar el rendimiento aerodinámico, aumentando la carga sobre las ruedas motrices. Aunque en algunos casos, tan solo cumplen una función meramente estética.

#### *Análisis de Elementos Finitos (FEA):*

El análisis de elementos finitos es un método computarizado para predecir cómo reaccionará un producto ante las fuerzas, la vibración, el calor, el flujo de fluidos y otros efectos físicos del mundo real. La simulación de elementos finitos te permite comprobar si un producto se romperá, desgastará o funcionará como se espera. Se denomina análisis, pero en el proceso de desarrollo de productos, se utiliza para predecir qué ocurrirá cuando se utilice un producto.

#### *Batería:*

La batería es un artefacto cuya finalidad es la de almacenar la energía eléctrica por medio de procesos electroquímicos. Se podría decir que la batería es una pila electroquímica o un acumulador que trabaja como generador secundario de electricidad.

#### *Camber:*

Se trata del ángulo que tiene una rueda de un vehículo con respecto a la vertical, es decir, la desviación hacia afuera o hacia adentro que toman los neumáticos vistos desde frente o desde la parte posterior del coche.

#### *Cargas:*

Las cargas mecánicas existen cuando las fuerzas externas tienen un impacto sobre un objeto. Estas fuerzas se pueden generar por tensión, presión, cizallamiento, flexión, torsión, etc. La carga mecánica se puede realizar de forma puntual, distribuida (línea, área, volumen), combinada (tensión o compresión), estática (constante), dinámica (pulsante/impulsiva), etc.

#### *Caster:*

El ángulo de avance o Caster es el desplazamiento en ángulos del eje de giro respecto al eje vertical de una rueda destinada al viraje de un vehículo. Se expresa en grados y se compara con una línea que pasa por la parte superior e inferior del pivote de la dirección con una línea perpendicular a la calzada.

### *Confort:*

En la automoción, el confort hace referencia al grado en que los sistemas y las características de un vehículo son capaces de reducir las molestias generadas por la marcha y proporcionar una experiencia agradable y relajada a quienes ocupan el habitáculo.

### *Convergencia:*

Se llama convergencia al ángulo que cada rueda forma con el eje longitudinal del vehículo. Es un parámetro que afecta al rendimiento dinámico del coche.

### *Centro de Masa:*

El centro de masa es una posición definida en relación con un objeto o a un sistema de objetos. Es el promedio de la posición de todas las partes del sistema, ponderadas de acuerdo con sus masas.

Para objetos rígidos sencillos con densidad uniforme, el centro de masa se ubica en el centroide. Por ejemplo, el centro de masa de un disco uniforme estaría en su centro. Algunas veces el centro de masa no está en ningún lado sobre el objeto. El centro de masa de un anillo, por ejemplo, está ubicado en su centro, en donde no hay material.

### *Diseño:*

El diseño es el proceso de configuración mental preliminar, o “prefiguración”, que precede a la búsqueda de soluciones para que un producto resulte útil y atractivo. Se aplica habitualmente en el contexto de la industria, ingeniería, arquitectura, comunicación, marketing, moda y otras disciplinas que requieren creatividad.

### *Divergencia:*

Se trata de un parámetro de geometría estática que influye en las condiciones de circulación del vehículo. Es el término opuesto a la convergencia. Se le puede denominar también convergencia negativa y ocurre cuando las ruedas delanteras se orientan hacia el exterior de vehículo. Los bordes traseros de las llantas se encontrarán más cerca entre sí que los bordes delanteros.

### *Eficiencia:*

Cuando hablamos de eficiencia en física, nos referimos a la relación entre la producción de energía útil de un sistema y la energía total de entrada transferida a ese sistema. Para entender el concepto de eficiencia es importante tener en cuenta la ley de conservación de la energía. Esta ley establece que la energía no se crea ni se destruye; en cambio, se

transfiere de una de sus formas a otra de diferentes maneras. Cuando hablamos de eficiencia, nos referimos a la relación entre la energía introducida en el sistema y la energía útil obtenida del mismo, que siempre será menor que la energía total introducida.

#### *Ergonomía:*

En lo que respecta al mundo del automóvil, la ergonomía se puede definir como el estudio de la adaptación óptima del puesto de conducción a la persona que lo va a ocupar.

La ergonomía busca simultáneamente aumentar la comodidad y la eficacia de la conducción. Si se conduce durante un tiempo prolongado en condiciones ergonómicas deficientes, lo usual es experimentar cansancio, dolores cervicales y falta de atención a la carretera. Por eso, lograr una postura óptima repercute tanto en el confort como en la calidad de la actividad del conductor.

#### *Esfuerzo:*

Como esfuerzo denominamos la fuerza que aplicamos contra algún impulso o resistencia, para contrarrestarlo o revertirlo. Asimismo, se llama esfuerzo a la energía o el vigor que se pone en la realización de algo, venciendo obstáculos.

#### *Inercia:*

Tendencia de un cuerpo a conservar su estado, ya sea en movimiento o en reposo, en relación con una fuerza.

#### *McPherson:*

La suspensión McPherson es uno de los tipos de suspensión de coches más empleadas en la actualidad. Aunque por lo general se suele instalar en ambos ejes de los vehículos, se emplea sobre todo en el eje delantero, para dar un punto de sujeción a la dirección y a su vez realizar la función de eje de giro para las ruedas.

#### *Monoplaza:*

Un monoplaza es un vehículo que dispone de una única plaza. Los vehículos monoplazas suelen estar dirigidos, conducidos o pilotados por su ocupante, como es el caso de las motocicletas monoplaza o de los automóviles monoplaza de carreras, pero existen vehículos monoplazas ocupados por un tripulante, aunque no dirigidos por él, como es el caso de los lanzadores que envían cápsulas espaciales ocupadas por un único tripulante.

### *Motor Eléctrico:*

Un motor es una máquina que produce movimiento gracias a otra fuente de energía.

Es la parte de una máquina gracias a la cual funciona todo el sistema. Realiza un trabajo transformando energía, ya sea eléctrica, de combustibles fósiles o de cualquier otro tipo, en energía mecánica. En el caso de los automóviles es el que produce el movimiento.

### *Potencia:*

Es la capacidad para ejecutar algo o producir un efecto. Se trata de la cantidad de trabajo realizada por unidad de tiempo. En el caso de los automóviles, la potencia que produce el motor se puede calcular multiplicando el par motor por la velocidad angular. El par motor es la fuerza desarrollada en la rotación y llega a su máximo valor a un régimen determinado, y a partir de este, va disminuyendo al bajar el rendimiento volumétrico y mecánico, por las pérdidas producidas por el rozamiento.

### *Radio de Giro:*

El radio de giro es una medición que describe la capacidad de un determinado vehículo para girar. Cuanto más corto es el radio de giro de un vehículo se dice que este ofrece más maniobrabilidad. Radio de giro de un automóvil para un cambio de sentido de 180°.

### *Suspensión:*

La suspensión de un vehículo hace referencia a su sistema de suspensión, y es el encargado de absorber las vibraciones y el movimiento de dicho vehículo. Estas vibraciones son ocasionadas por las ruedas durante el desplazamiento del vehículo.

La suspensión de un vehículo se conoce como el conjunto de los elementos mecánicos que conectan las ruedas a la estructura principal, permitiendo el movimiento relativo entre ambos.

### *Transmisión:*

Se entiende por transmisión al acto de transmitir. Una transmisión es el traspaso de energía, ondas o información desde un punto de inicio hacia un punto de llegada diferente, pudiendo alterarse o no aquello que es transmitido en el recorrido. Cualquier proceso de transmisión implica un movimiento y esto puede darse de manera voluntaria o involuntaria de muchas maneras diferentes, existiendo algunas transmisiones mecánicas, otra eléctrica

En un automóvil se conoce como transmisión al conjunto de mecanismos que transmiten a las ruedas motrices el movimiento y la potencia del motor.

## 11. REFERENCIAS

- Escuela Tecnológica Instituto Tecnico Central. (2022). Acuerdo No. 02 del 22 de abril., (pág. 2). Bogota.
- Fredy Alexander Ruiz, Juan Guillermo Sierra, Yesid Alexander Celis, Diego Quintana Gomez. (s.f.). *Sistema de suspensión VTE*. Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, Bogota.
- Getauto.es. (26 de 04 de 2023). *Getauto.es*. Obtenido de *Getauto.es*: <https://getauto.es/sistema-de-suspension/>
- González, H. F.-S. (2020). *Chasis Vehiculo VTE*. Bogotá.
- Hincapié, G. G. (2020). DISEÑO DE CHASIS PARA VEHÍCULO SUPERMILEAGE PARA LA COMPETENCIA SHELL ECO-MARATHON AMÉRICAS. Pereira.
- Institución universitaria Pascual Bravo. (2023). *Reglamento IIIICNVTE*. Informe Normativo Competencia, Medellin. Recuperado el 2023
- Mecapedia. (29 de 04 de 2023). *Mecapedia*. Obtenido de <http://www.mecapedia.uji.es/pages/rigidez.html>
- Milton Cuellar, M. L. (2018). Análisis del proceso de diseño y fabricación del chasis tubular para Vehículo Fórmula SAE. *XXIV CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM* (pág. 55). Campeche: SOMIM.
- Motorkote. (19 de 04 de 2023). *motorkote.com.co*. Obtenido de *motorkote.com.co*: <https://motorkote.com.co/como-funciona-sistema-direccion/#:~:text=El%20prop%C3%B3sito%20del%20sistema%20de,voluntad%20y%20sin%20mayor%20esfuerzo>.
- R.L.Mott. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. Pearson Educación.
- Redondo, R. (2017). Diseño y simulación de un chasis tubular para un vehículo tipo fórmula. Madrid.
- Rifi, M. E. (2020/21). DISEÑO MEDIANTE PROGRAMAS DE MODELADO 3D DE UN CHASIS TUBULAR Y POSTERIOR ESTUDIO DE SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL. *Trabajo Final de Grado*. Universidad Politécnica de Cataluña · Barcelona Tech - UPC.
- Volkswagen Mexico. (28 de 04 de 2023). *Volkswagen Mexico S.A. de C.V.* Obtenido de <https://www.vw.com.mx/es/experiencia/tips/chasis->

volkswagen.html#:~:text=El%20chasis%20es%20b%C3%A1sicamente%20el,car gas%20y%20esfuerzos%20del%20auto.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

1. RS [en línea]: catálogo de productos de RS-España. [http://es.rsonline.com/web/p/tuercas-de-bloqueo/0521951/?origin=PSF\\_431984](http://es.rsonline.com/web/p/tuercas-de-bloqueo/0521951/?origin=PSF_431984)|acc [Consulta: 16 abril 2023]
2. RS [en línea]: catálogo de productos de RS-España. <[http://es.rsonline.com/web/p/products/0520201/?grossPrice=Y&cm\\_mmc=ES-PLA-\\_google-\\_PLA\\_ES\\_ES\\_Fijaciones\\_Y\\_Sujeciones-\\_](http://es.rsonline.com/web/p/products/0520201/?grossPrice=Y&cm_mmc=ES-PLA-_google-_PLA_ES_ES_Fijaciones_Y_Sujeciones-_) [Consulta: 18 abril 2023]  
Tornillos\_Y\_Pernos&mkwid=sz4RssNEw\_dc|pcrid|88860996561|pkw||pmt||prd|0520201> [Consulta: 25 junio 2023]
3. CONSTRUINFO [en línea]: catálogo de perfiles laminados. [Consulta: 18 mayo 2023]  
<<http://www.construinfo.com/FICHAP.ASP?CODIGO1=UNIT&CODIGO2=M> [Consulta: 25 mayo 2022]  
CG> [Consulta: 1 junio 2023]
4. ChassisParts [en línea]. <<https://chassisparts.com>>. [Consulta: 2 junio 2023]
5. Pinturas Villares [en línea]. <<https://www.pinturasvillares.es>>. [Consulta: 29 mayo 2023]
6. LUIS JURADO [en línea] <<http://www.luisjurado.es/2016/11/22/la-ficha-delos-presupuestos-de-obra/>> [Consulta: 1 junio 2023]
7. Acuerdo No. 02 del 22 de abril de 2022 – Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central
8. Reglamento I Versión 2.0 2019/04/18 Competencia nacional de vehículos de tracción eléctrica.
9. Norton, R. (2011). *Diseño de máquinas. cuarta edición*. Editorial Pearson Educación.
10. Askeland, D. (1998). *Ciencia e Ingeniería de los materiales*. International Tomas Editions.



11. Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. Pearson Educación.
12. Erdman, A. G.; Sandor, G. N.; *Diseño de mecanismos – Análisis y síntesis*. Prentice-Hall, 1997.
13. Budynas, R. Nisbett, K. (2008) *Diseño en Ing. Mecánica de Shigley – octava edición*. McGraw-Hill Interamericana.
14. Vanegas, L. (2018). *Diseño de elementos de máquinas*. Colección de textos académicos UTP.
15. Buitrago, E. (2011). *Diseño del sistema de suspensión de un vehículo monoplaza tipo formula sena*. [trabajo de grado para obtener el título de ingeniero mecánico]. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
16. hellouauto, glosario [EN LINEA].< <https://helloauto.com/glosario>> [Consulta: 16 octubre 2023]

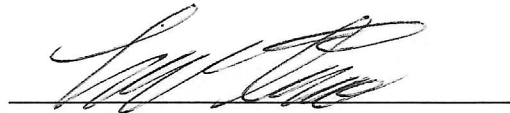
**NOTA ACLARATORIA.**

El estudiante acepta que el trabajo de grado elaborado es de su propia autoría y excluye de responsabilidad a la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, de cualquier conflicto que se llegare a presentar en relación con el contenido de su trabajo.



---

**Firma del Estudiante**



---

**Firma del Estudiante**

En Bogotá, a los 28 días del mes febrero de 2024.



Escuela Tecnológica  
Instituto Técnico Central

**ACTA DE APROBACIÓN  
TRABAJO DE GRADO**

CÓDIGO: DES-FO-08

VERSIÓN: 4

VIGENCIA: SEPTIEMBRE 10 DE 2019

PÁGINA: 1 de 1

|                 |             |            |             |            |         |                 |      |  |
|-----------------|-------------|------------|-------------|------------|---------|-----------------|------|--|
| <b>PROGRAMA</b> |             |            |             |            |         | <b>ACTA No.</b> |      |  |
| <b>CIUDAD</b>   | Bogotá, D.C | <b>DÍA</b> | 27          | <b>MES</b> | Febrero | <b>AÑO</b>      | 2024 |  |
| <b>HORA</b>     |             |            | <b>AULA</b> |            |         |                 |      |  |

**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO**

Diseño y construcción de chasis, suspensión y dirección para vehículo de tracción eléctrica VTE tipo competencia versión 2023

**AUTORES**

| <b>NOMBRE</b>              | <b>DOCUMENTO DE IDENTIDAD</b> | <b>CÓDIGO</b> |
|----------------------------|-------------------------------|---------------|
| Johan Antonio Peña Nieto   | 1026575457                    |               |
| Oscar Felipe Chaves Camelo | 1071330474                    |               |
|                            |                               |               |

Efectuada la revisión, de acuerdo con la reglamentación Institucional vigente, los jurados emitieron la siguiente calificación, ratificada por el coordinador de trabajos de grado:

| <b>NOMBRE DEL JURADO</b>              | <b>CALIFICACIÓN</b> | <b>FIRMA</b> |
|---------------------------------------|---------------------|--------------|
| Ing. Sergio Enrique Ramírez Moreno    | Aprobado            |              |
| Ing. Ricardo Antonio Buitrago Suancha | Aprobado            |              |
| <b>NOMBRE DEL COORDINADOR</b>         |                     | <b>FIRMA</b> |
| Ing. Alejandro Martínez Israel        |                     |              |

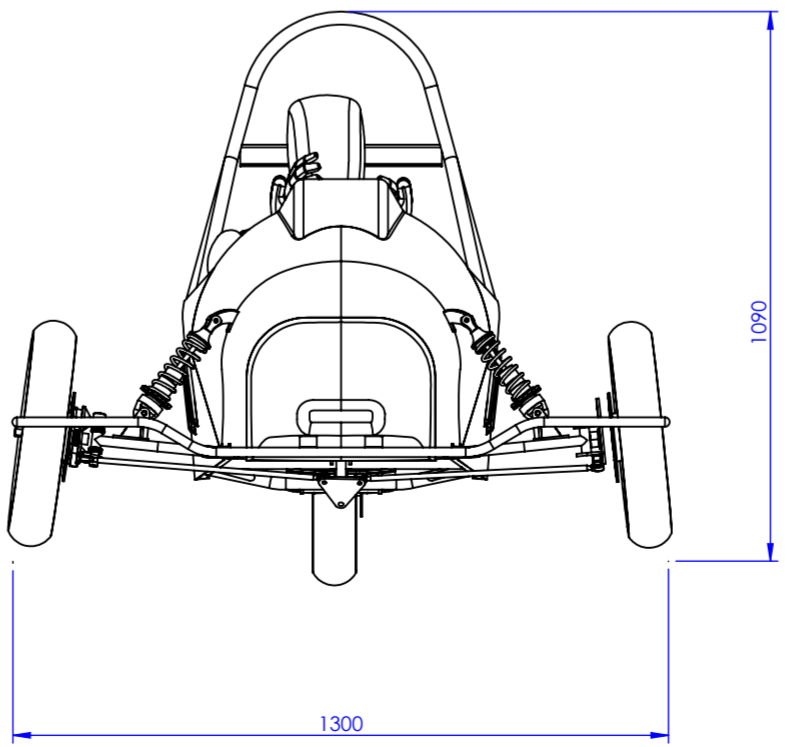
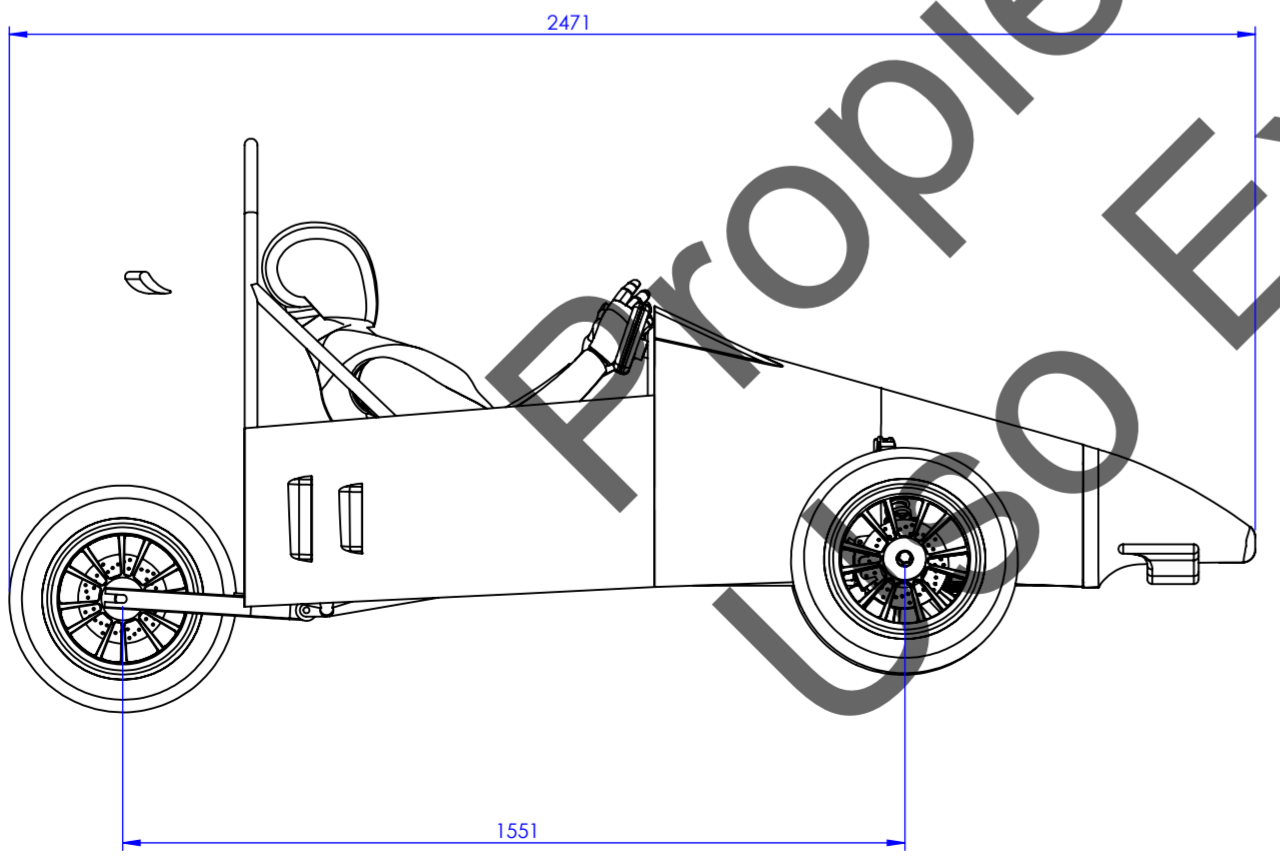
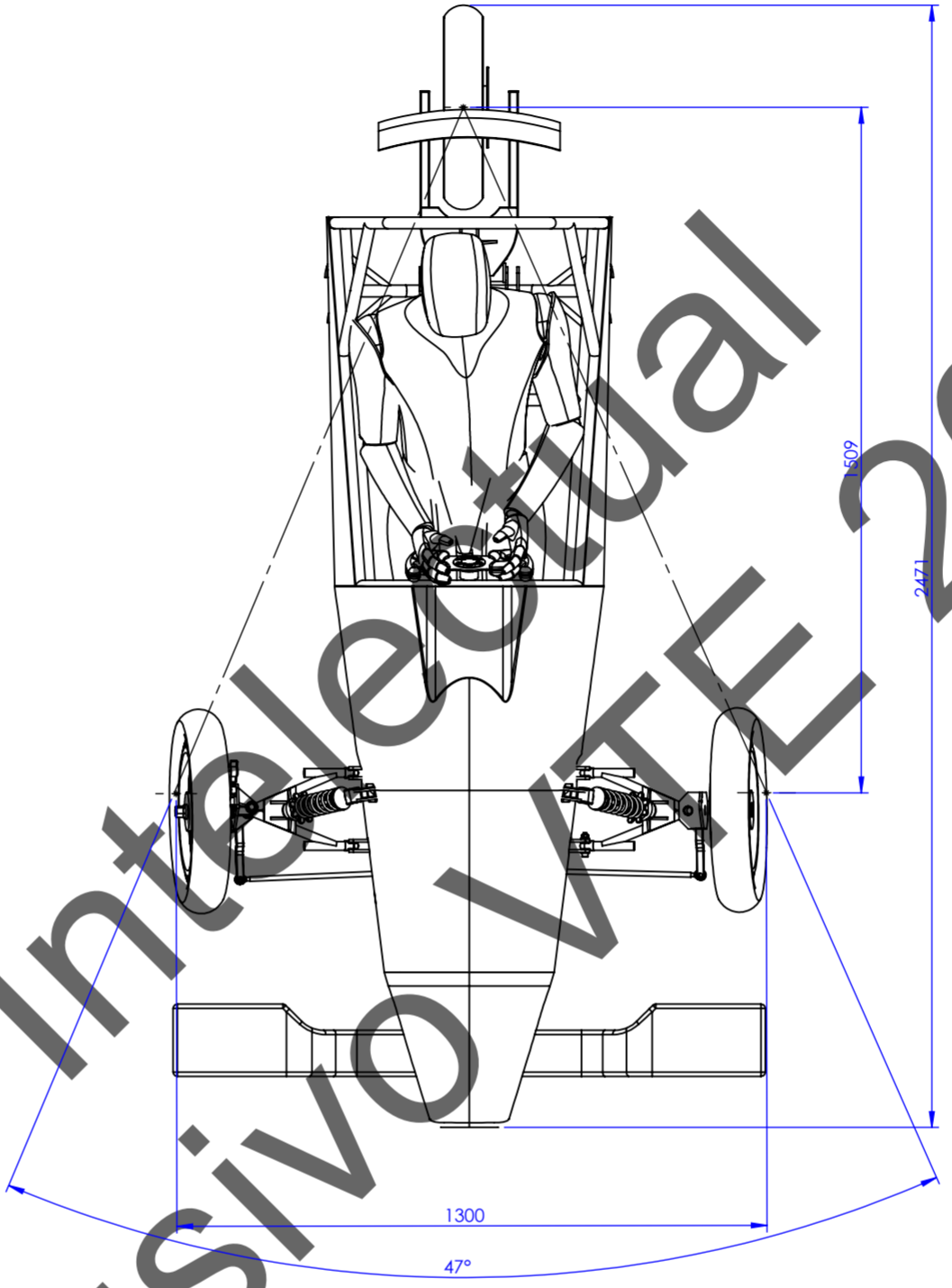
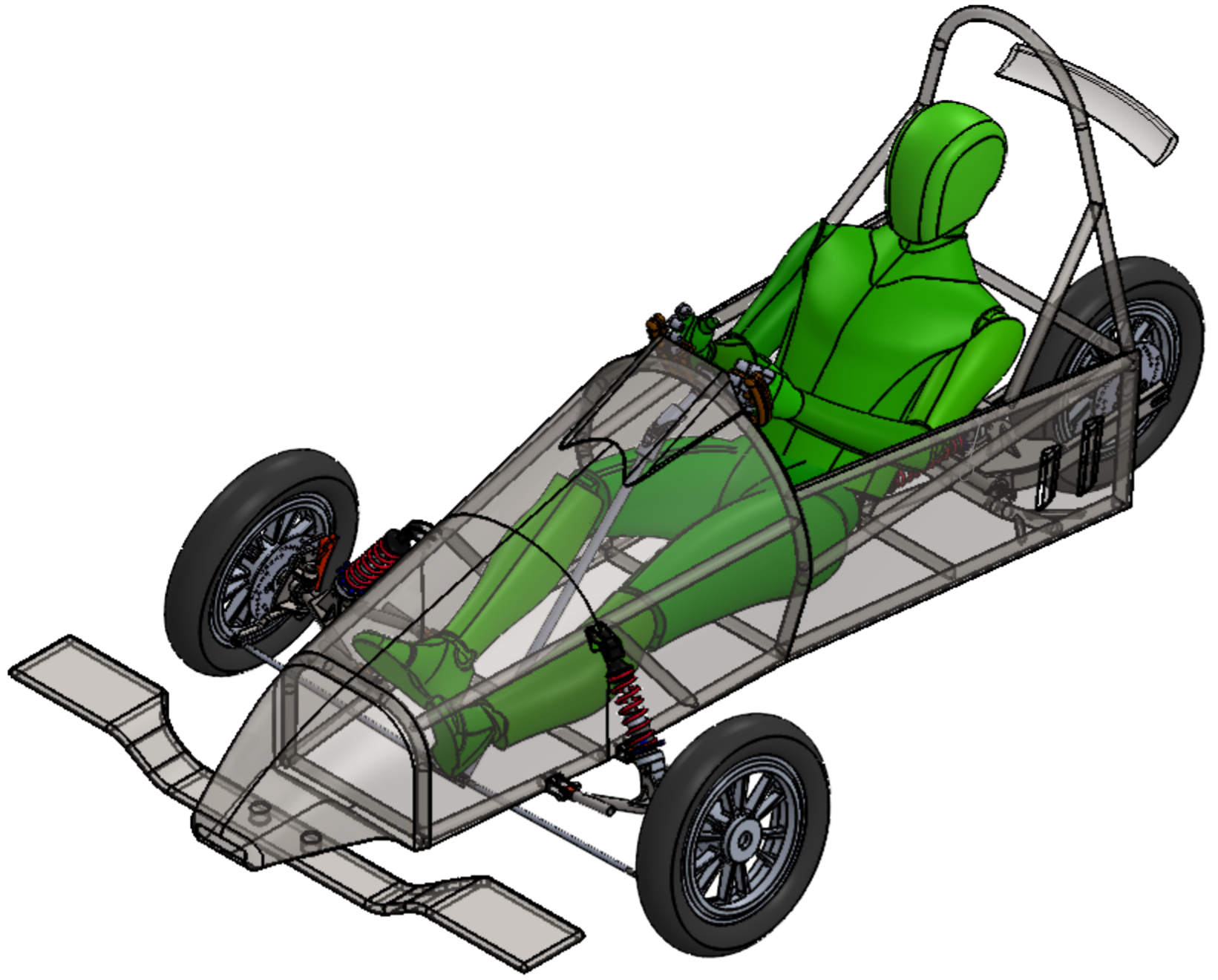
| <b>NOMBRE DECANO DE FACULTAD</b> | <b>FIRMA</b> |
|----------------------------------|--------------|
| Ing. Lady Fajardo Castellanos    |              |

**OBSERVACIONES:**

Empty box for observations.

"Autorizo a la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central a que trate mis datos personales para fines institucionales. Los datos personales recolectados mediante este formulario se encuentran protegidos mediante la Política de Privacidad y Protección de Datos Personales aprobada por la Alta Dirección de la Institución.

|                                    |     |                              |   |                                  |   |
|------------------------------------|-----|------------------------------|---|----------------------------------|---|
| <b>CLASIF. DE CONFIDENCIALIDAD</b> | IPR | <b>CLASIF. DE INTEGRIDAD</b> | A | <b>CLASIF. DE DISPONIBILIDAD</b> | 1 |
|------------------------------------|-----|------------------------------|---|----------------------------------|---|



ANOTACIONES DE PROCEDIMIENTO

PROCESO APLICADO DE SOLDADURA:

| ISO 4063 | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
|----------|----------|--|
| 111      | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135      | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136      | FCAW-G   | soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141      | GTAW     | soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

EVALUACIÓN Y CONTROL:

AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural

OBSERVACIONES:

**ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**

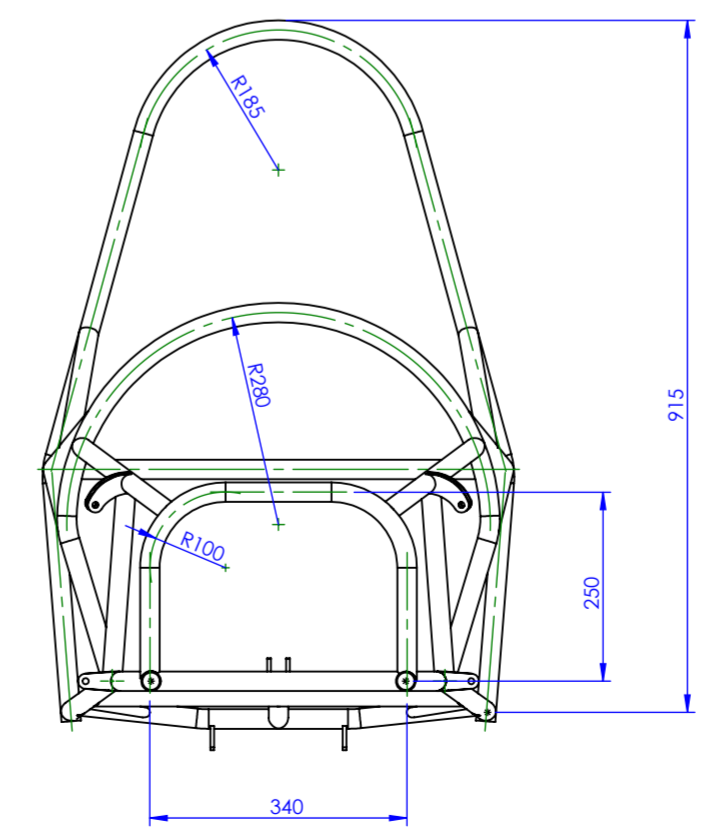
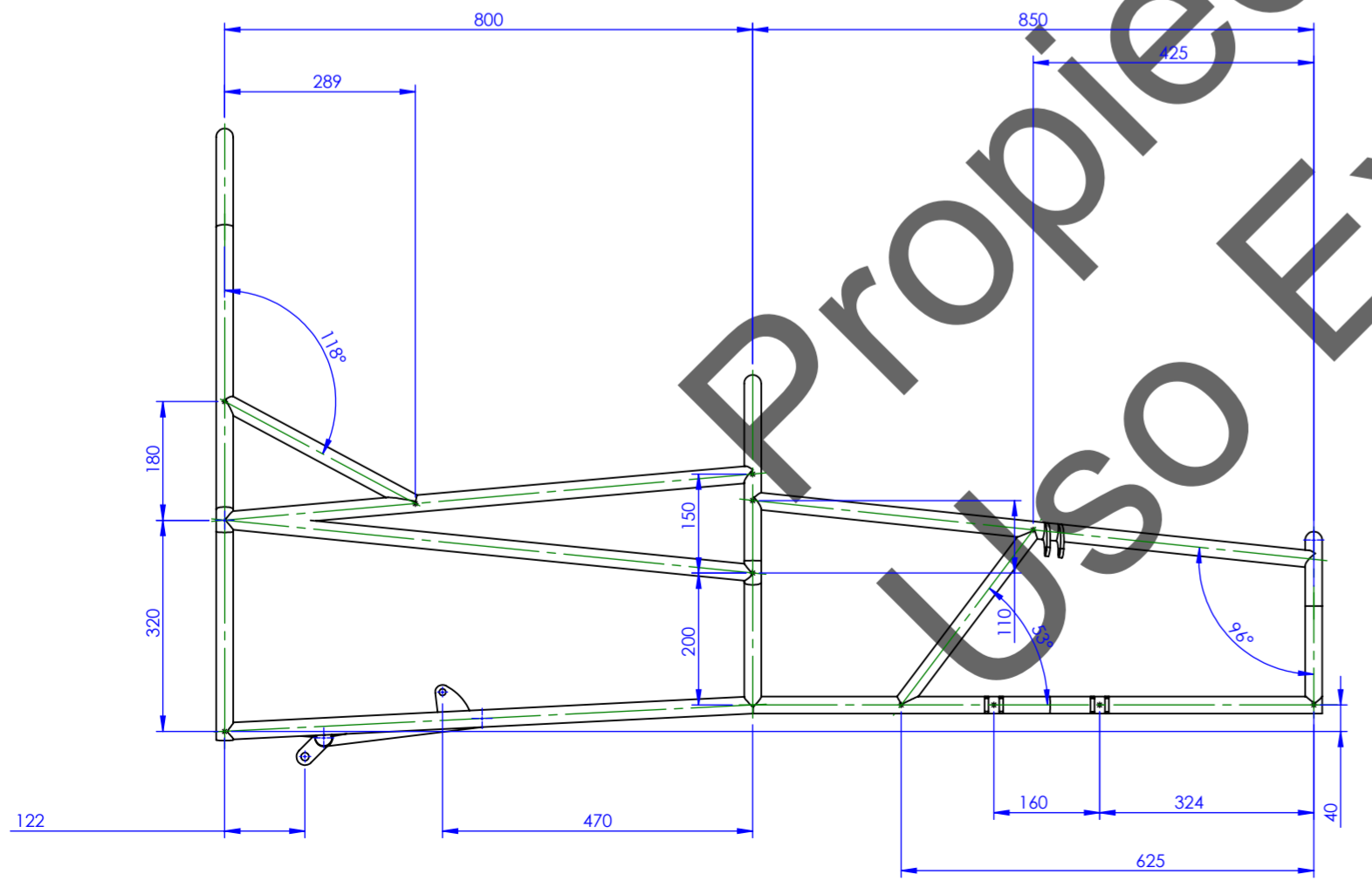
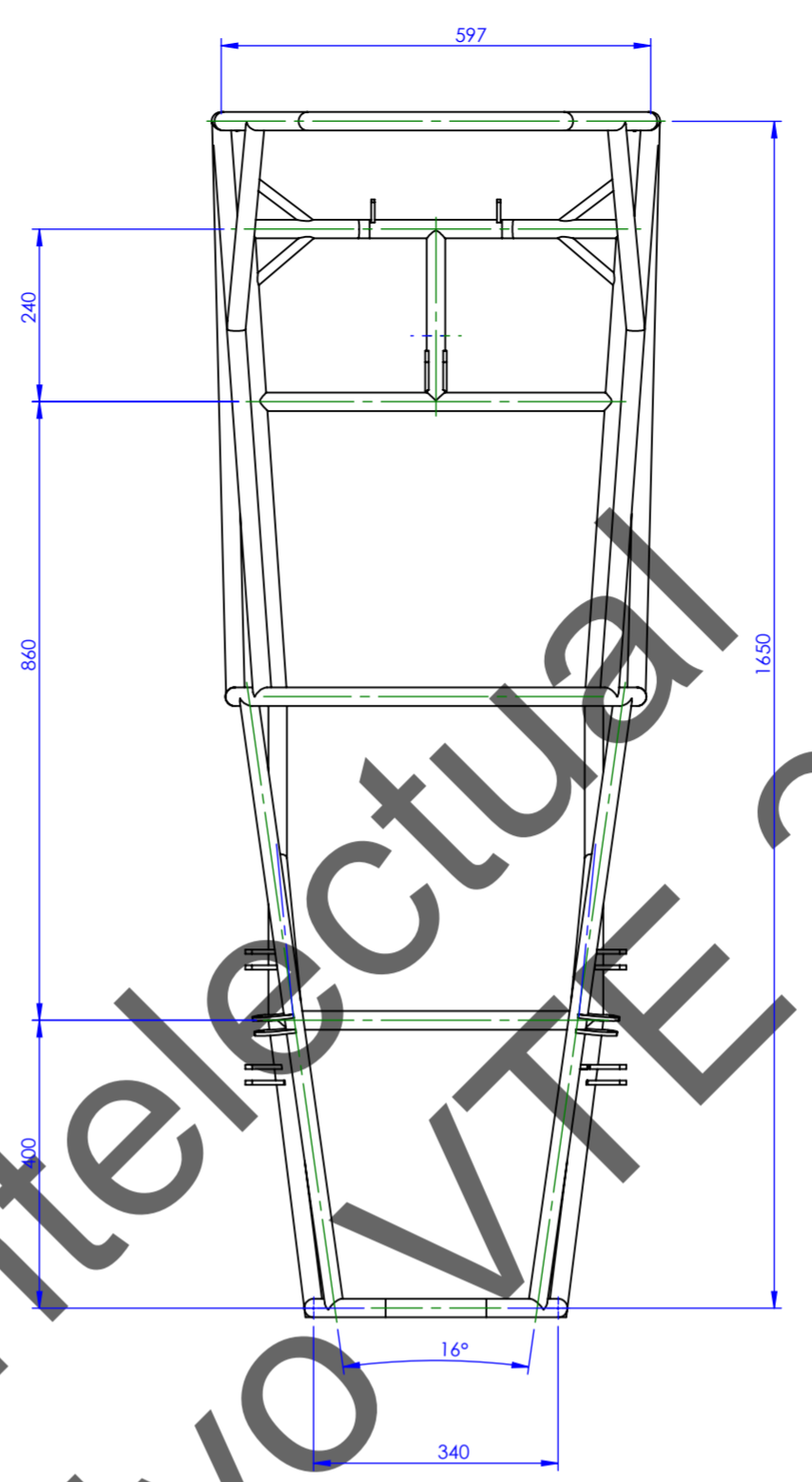
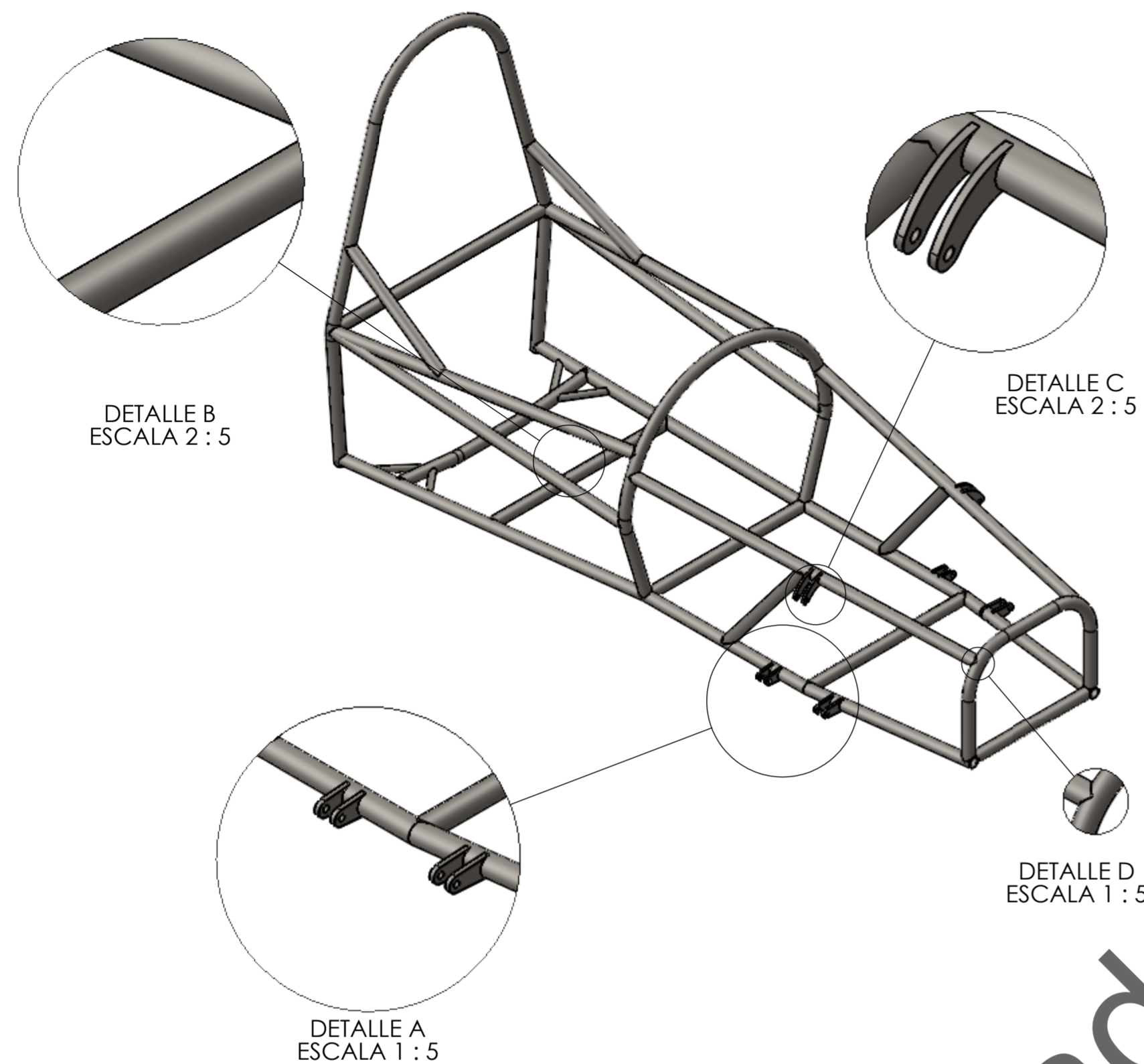
**CICLO:** INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1  
**PROGRAMA:** INGENIERÍA MECÁNICA

|                                  |   |  |
|----------------------------------|---|--|
| DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.) | NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO                            | <b>REFERENTE TÉCNICO:</b><br>AWS - A30<br>ISO 4063<br>NTC 2329<br>"representación de datos numéricos y datos de soldadura" |
|                                  | <br>ISO 5456-1<br>Proyección primer cuadrante ISO E |  |
|                                  |   | <b>TOLERANCIAS GENERALES:</b><br>AWS- D1.1 - 2020  |

|                                     |                          |                           |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <b>DIBUJÓ:</b>                      | <b>FECHA:</b> 01/02/2024 | <b>REVISÓ:</b>            |
| OSCAR FELIPE CHAVES                 |                          | <b>REV1:</b> HUGO RINCÓN  |
| <b>PROYECTO:</b>                    |                          | <b>REV2:</b> EDUARD PINTO |
| VEHÍCULO TRACCIÓN ELÉCTRICA -CHASIS |                          | <b>REV3:</b> JOHAN PEÑA   |

**DESCRIPCIÓN DE PIEZA:** VTE

|                                   |                |                    |
|-----------------------------------|----------------|--------------------|
| <b>APROBADO PARA FABRICACIÓN:</b> | <b>NOMBRE:</b> | <b>CARGO:</b>      |
| <b>ESCALA:</b> 1:10               |                | <b>Hoja:</b> 1de18 |



ANOTACIONES DE PROCEDIMIENTO

**PROCESO APLICADO DE SOLDADURA:**

| ISO 4063 | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
|----------|----------|--|
| 111      | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135      | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136      | FCAW-G   | soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141      | GTAW     | soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

**EVALUACIÓN Y CONTROL:**  
AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural

**OBSERVACIONES:**

**ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**  
CICLO: INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1  
PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA

|                                  |                          |  |
|----------------------------------|--------------------------|--|
| DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.) | NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO | <b>REFERENTE TÉCNICO:</b><br>AWS - A30<br>ISO 4063<br>NTC 2329<br>"representación de datos numéricos y datos de soldadura" |
|                                  |                          | <b>TOLERANCIAS GENERALES:</b><br>AWS- D1.1 - 2020  |

|                                       |                          |   |
|---------------------------------------|--------------------------|---|
| <b>DIBUJÓ:</b><br>OSCAR FELIPE CHAVES | <b>FECHA:</b> 01/02/2024 | <b>REVISÓ:</b><br>REV1: HUGO RINCÓN<br>REV2: EDUARD PINTO<br>REV3: JOHAN PEÑA |
|---------------------------------------|--------------------------|---|

**DESCRIPCIÓN DE PIEZA:** Dimensiones Chasis

|                            |                    |           |
|----------------------------|--------------------|-----------|
| APROBADO PARA FABRICACIÓN: | NOMBRE:            | CARGO:    |
| <b>ESCALA: 1:10</b>        | <b>Hoja: 2de18</b> | <b>A2</b> |

| Nº de elemento | Cantidad | Descripción  | LONGITUD |
|----------------|----------|--|----------|
| 1              | 1        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26.7 x 1.8) | 1311.44  |
| 2              | 1        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26.7 x 1.8) | 340      |
| 3              | 2        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26.7 x 1.8) | 863.03   |
| 4              | 2        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26.7 x 1.8) | 332.85   |
| 5              | 1        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26.7 x 1.8) | 440      |
| 6              | 2        | AI PIPE STRUCTURAL 0.75 S160                         | 804.23   |
| 7              | 2        | AI PIPE STRUCTURAL 0.75 S160                         | 805.12   |
| 8              | 2        | AI PIPE STRUCTURAL 0.75 S160                         | 328.82   |
| 9              | 1        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26.7 x 1.8) | 439.38   |
| 10             | 1        | AI PIPE STRUCTURAL 0.75 S160                         | 596.98   |
| 11             | 2        | AI PIPE STRUCTURAL 0.75 S10                          | 13.74    |
| 12             | 1        | AI PIPE STRUCTURAL 0.75 S10                          | 531.2    |
| 13             | 2        | Platina 5 mm corte laser                             |          |
| 14             | 2        | AI PIPE STRUCTURAL 0.25 S80                          | 101.21   |
| 15             | 2        | AI PIPE STRUCTURAL 0.25 S80                          | 108.51   |
| 16             | 1        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26.7 x 1.8) | 2071.9   |
| 17             | 4        | Platina 5 mm Corte laser                             |          |
| 18             | 4        | Platina 5 mm - corte laser                           |          |
| 19             | 1        | AI PIPE STRUCTURAL 0.375 S40                         | 489.12   |
| 20             | 2        | Platina 5 mm corte laser                             | 12.82    |
| 21             | 1        | AI PIPE STRUCTURAL 0.75 S160                         | 8.86     |
| 22             | 2        | Platina 5mm Corte laser                              | 12.32    |
| 23             | 1        | AI PIPE STRUCTURAL 0.75 S160                         | 9.27     |
| 24             | 1        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26.7 x 1.8) | 750.53   |
| 25             | 1        | Tubería estructural 3/4" (Diam. exterior 26.7 x 1.8) | 1670.32  |
| 26             | 1        | AI PIPE STRUCTURAL 0.375 S40                         | 51.06    |
| 27             | 2        | Platina 5 mm corte laser                             | 51.06    |
| 28             | 1        | AI PIPE STRUCTURAL 0.375 S40                         | 238.18   |
| 29             | 1        | AI PIPE STRUCTURAL 0.375 S40                         | 51.06    |

ANOTACIONES DE PROCEDIMIENTO

**PROCESO APLICADO DE SOLDADURA:**

| ISO 4063 | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
|----------|----------|--|
| 111      | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135      | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136      | FCAW-G   | soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141      | GTAW     | soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

**EVALUACIÓN Y CONTROL:**  
AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural

**OBSERVACIONES:**

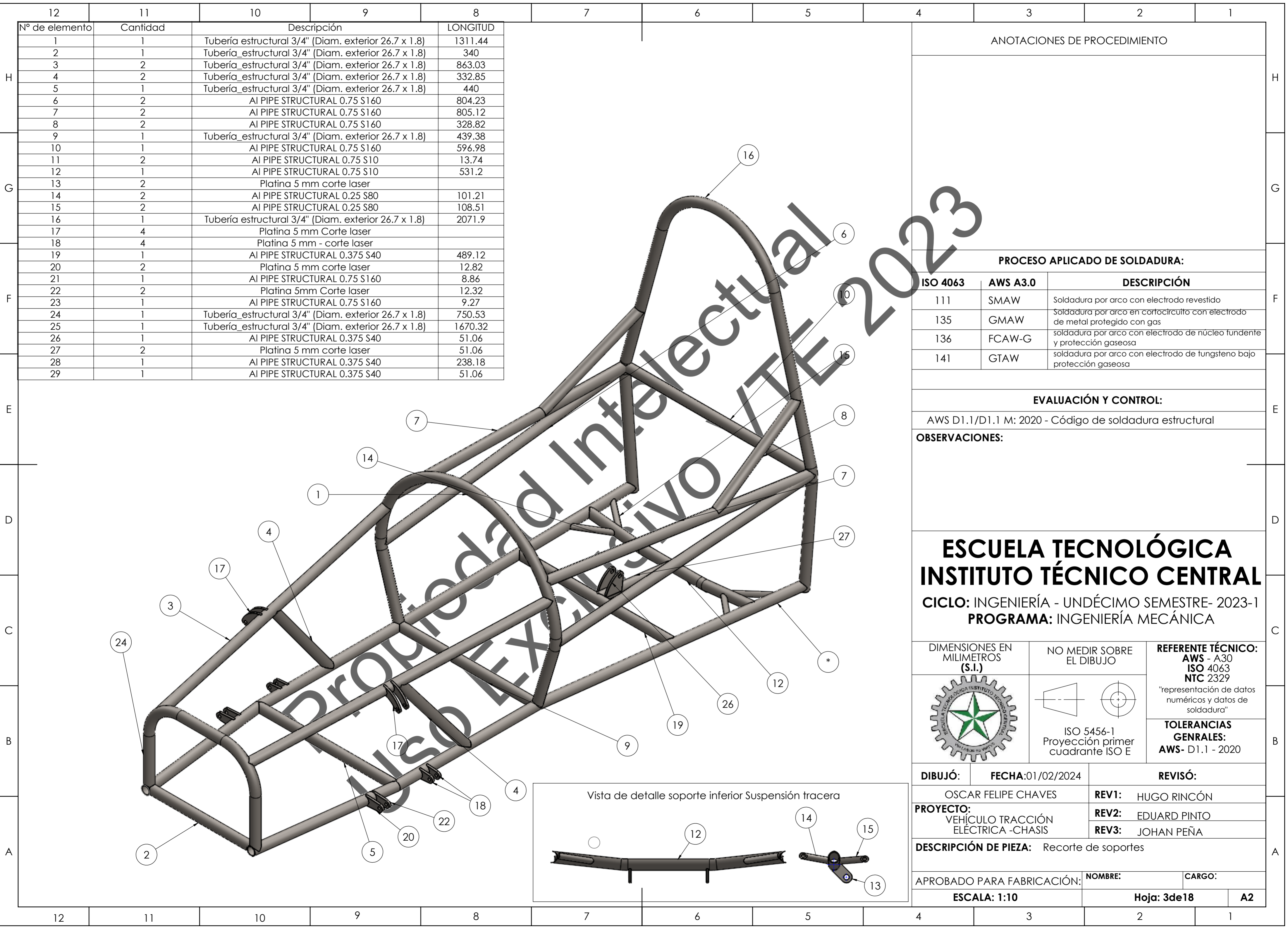
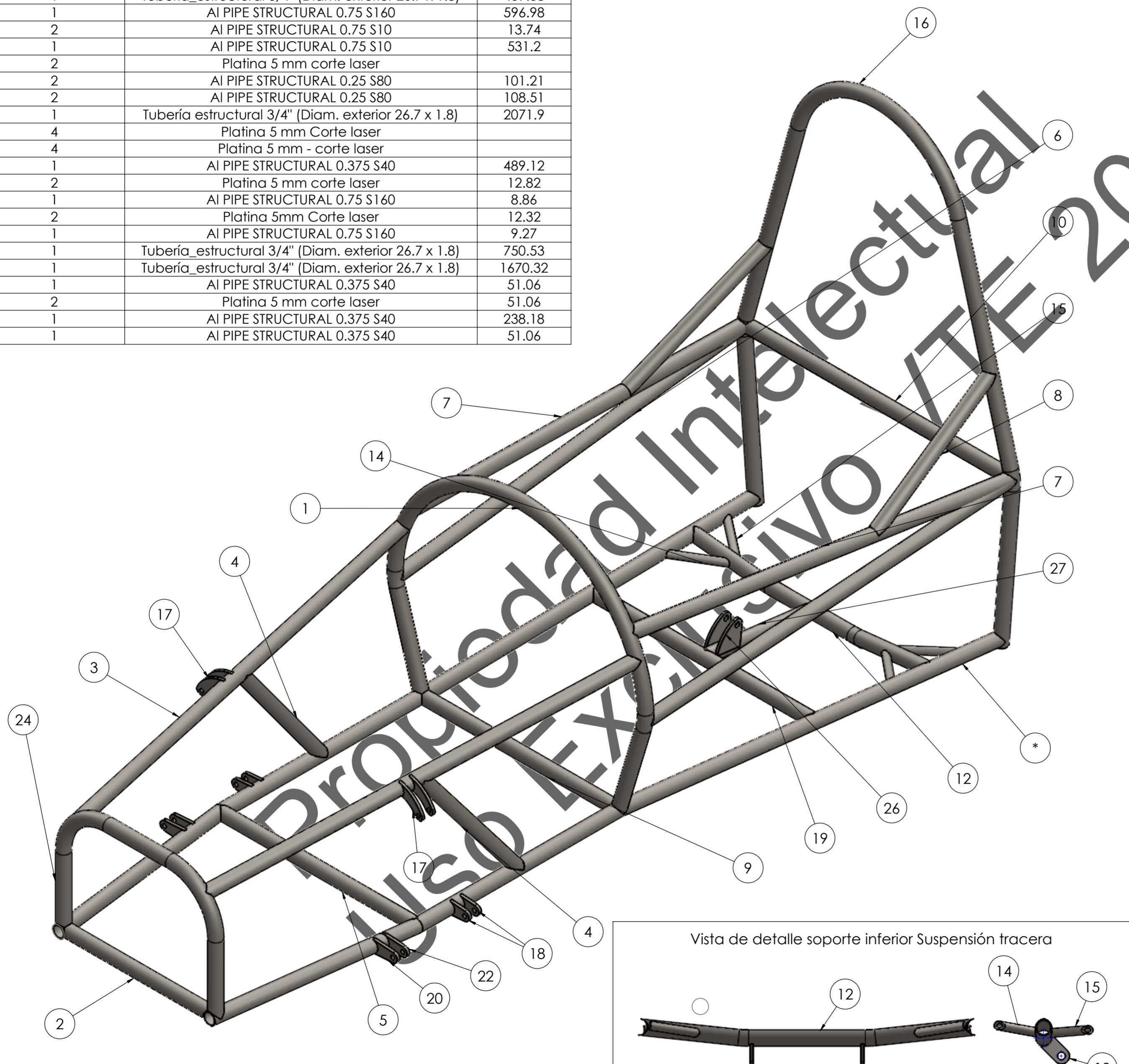
**ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**  
CICLO: INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1  
PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA

|                                  |                          |  |
|----------------------------------|--------------------------|--|
| DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.) | NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO | <b>REFERENTE TÉCNICO:</b><br>AWS - A30<br>ISO 4063<br>NTC 2329<br>"representación de datos numéricos y datos de soldadura" |
|                                  |                          | <b>TOLERANCIAS GENERALES:</b><br>AWS- D1.1 - 2020  |

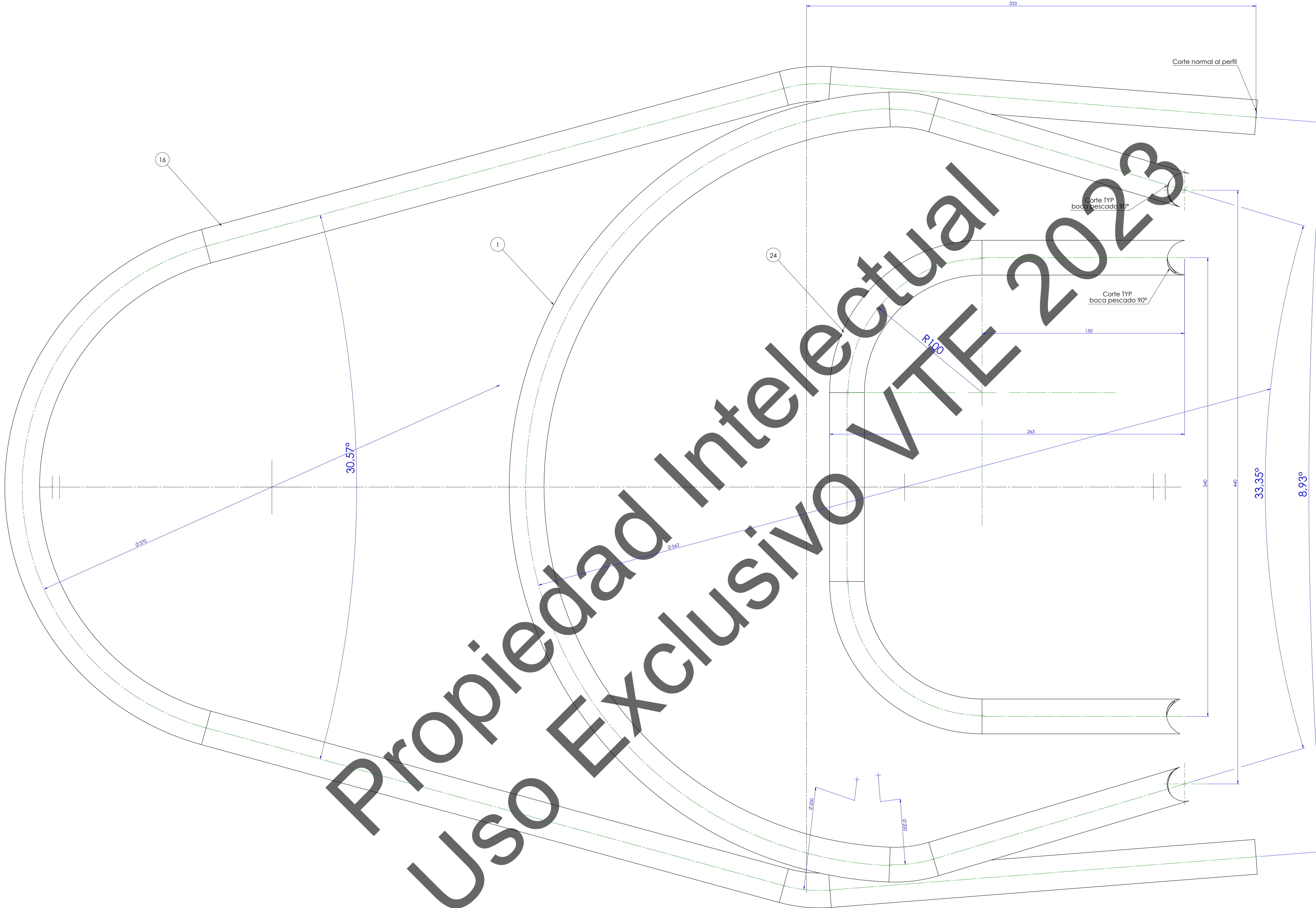
|  |                          |                           |
|--|--------------------------|---------------------------|
| <b>DIBUJÓ:</b> OSCAR FELIPE CHAVES                   | <b>FECHA:</b> 01/02/2024 | <b>REVISÓ:</b>            |
| <b>PROYECTO:</b> VEHÍCULO TRACCIÓN ELÉCTRICA -CHASIS | <b>REV1:</b> HUGO RINCÓN | <b>REV2:</b> EDUARD PINTO |
|  | <b>REV3:</b> JOHAN PEÑA  |                           |

**DESCRIPCIÓN DE PIEZA:** Recorte de soportes

|                                   |                    |               |
|-----------------------------------|--------------------|---------------|
| <b>APROBADO PARA FABRICACIÓN:</b> | <b>NOMBRE:</b>     | <b>CARGO:</b> |
| <b>ESCALA:</b> 1:10               | <b>Hoja:</b> 3de18 | <b>A2</b>     |



Propiedad Intelectual  
Uso Exclusivo VTE 2023



ANOTACIONES DE PROCEDIMIENTO

DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES

PROCESO APLICADO DE SOLDADURA:

| ISO 4063 | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
|----------|----------|--|
| 111      | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135      | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136      | FCAW-G   | Soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141      | GTAW     | Soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

EVALUACIÓN Y CONTROL:

AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural

OBSERVACIONES:

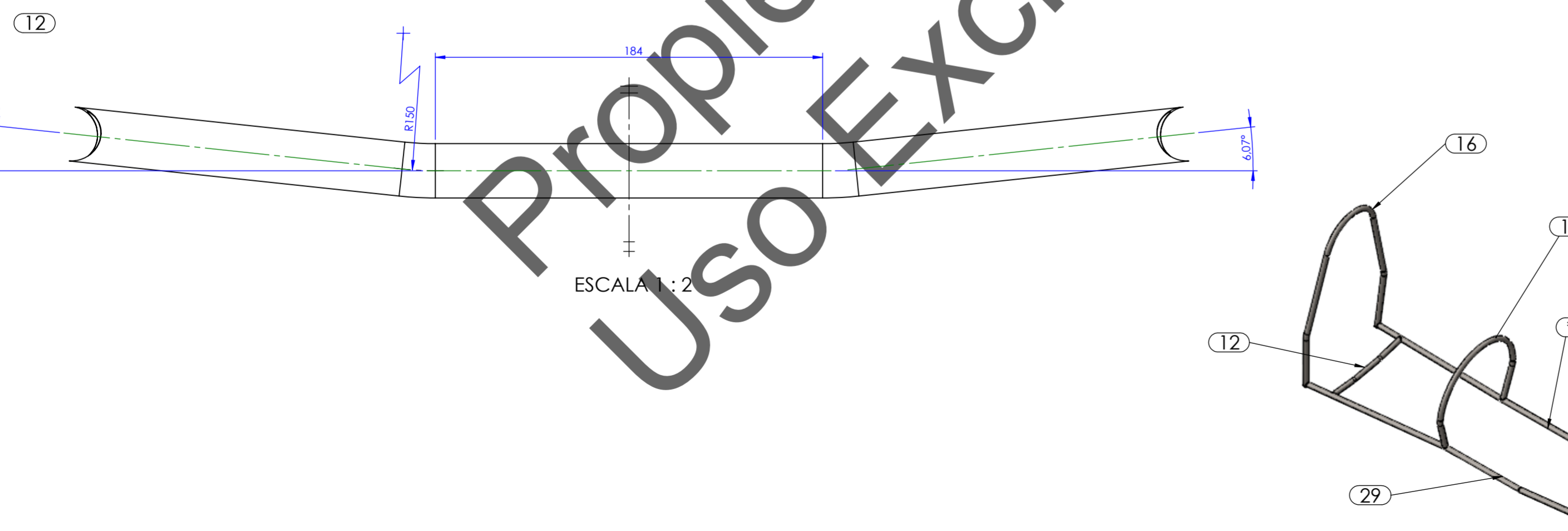
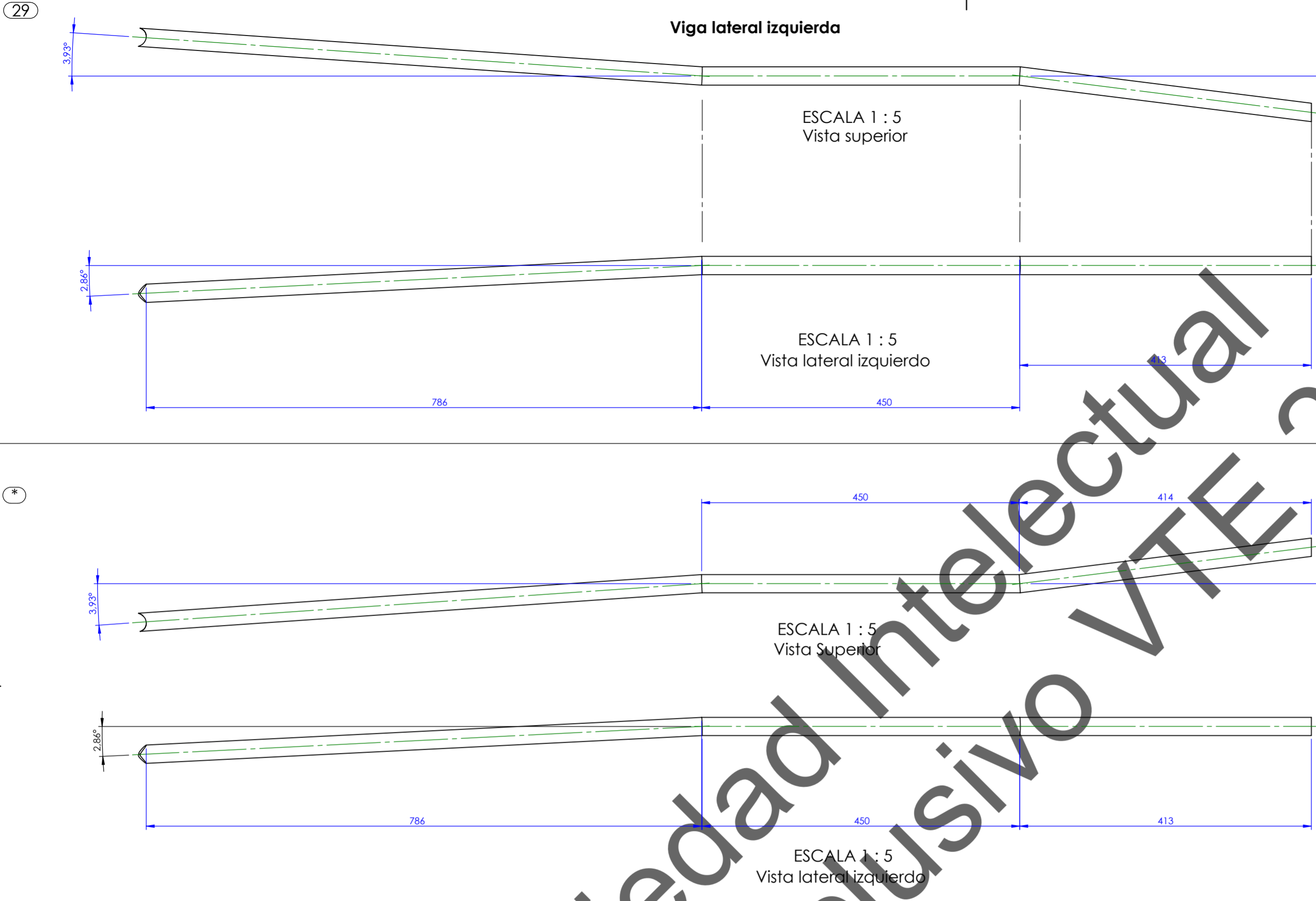
**ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**  
CICLO: INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1  
PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA

|                                  |   |  |
|----------------------------------|---|--|
| DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.) | NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO                        | REFERENTE TÉCNICO:<br>AWS - A3.0<br>ISO 4063<br>NIC 2329<br>*representación de datos numéricos y datos de soldadura* |
|                                  | ISO 5456-1<br>Proyección primer cuadrante ISO E | TOLERANCIAS GENERALES:<br>AWS- D1.1 - 2020   |

|  |                         |         |
|--|-------------------------|---------|
| DIBUJÓ:  | FECHA: 01/02/2024       | REVISÓ: |
| OSCAR FELIPE CHAVES                              |                         | REV1:   |
| PROYECTO:<br>VEHICULO TRACCIÓN ELÉCTRICA -CHASIS |                         | REV2:   |
|  |                         | REV3:   |
| DESCRIPCIÓN DE PIEZA:                            | Plantillas de impresión |         |

|                            |               |        |
|----------------------------|---------------|--------|
| APROBADO PARA FABRICACIÓN: | NOMBRE:       | CARGO: |
| ESCALA: 1:10               | Hoja: 1 de 18 | A0     |

IMPRIMA ESTA PLANTILLA EN FORMATO A0 PARA EL DESARROLLO DE LOS ARCOS- NO UTILICE MECANISMO DE ESCALA PARA LA IMPRESIÓN



ANOTACIONES DE PROCEDIMIENTO

PROCESO APLICADO DE SOLDADURA:

| ISO 4063 | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
|----------|----------|--|
| 111      | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135      | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136      | FCAW-G   | Soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141      | GTAW     | Soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

EVALUACIÓN Y CONTROL:

AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural

OBSERVACIONES:

**ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**  
 CICLO: INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1  
 PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA

|                                  |                          |   |
|----------------------------------|--------------------------|---|
| DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.) | NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO | REFERENTE TÉCNICO:<br>AWS - A30<br>ISO 4063<br>NTC 2329<br>"representación de datos numéricos y datos de soldadura" |
|                                  |                          | TOLERANCIAS GENERALES:<br>AWS- D1.1 - 2020  |

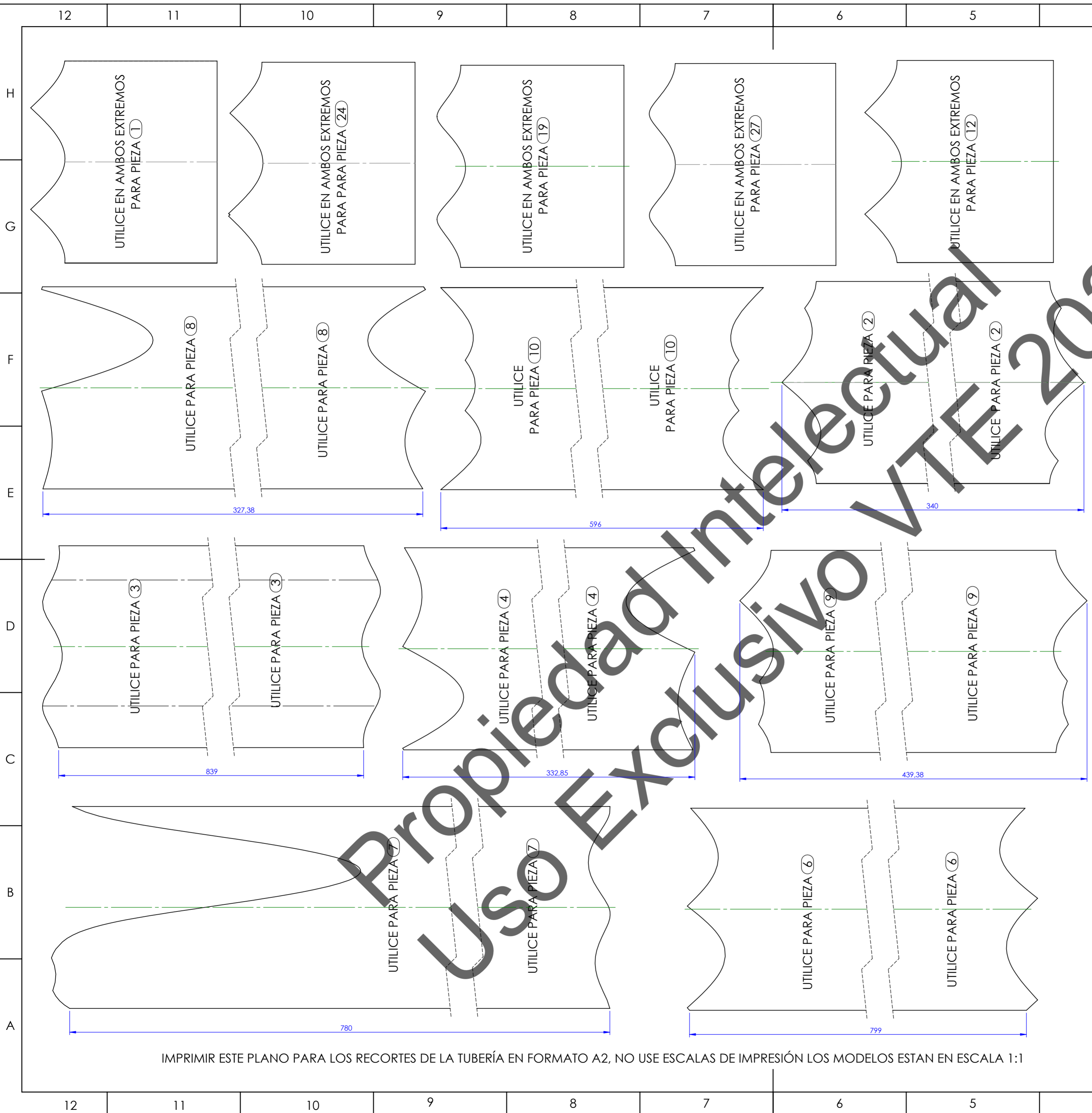
|  |                   |              |
|--|-------------------|--------------|
| DIBUJÓ:  | FECHA: 01/02/2024 | REVISÓ:      |
| OSCAR FELIPE CHAVES                              | REV1:             | HUGO RINCÓN  |
| PROYECTO:<br>VEHÍCULO TRACCIÓN ELÉCTRICA -CHASIS | REV2:             | EDUARD PINTO |
|  | REV3:             | JOHAN PEÑA   |

DESCRIPCIÓN DE PIEZA: Desarrollo de dobleces\_1

|                            |             |        |
|----------------------------|-------------|--------|
| APROBADO PARA FABRICACIÓN: | NOMBRE:     | CARGO: |
| ESCALA: 1:10               | Hoja: 5de18 | A2     |

Propiedad Intelectual VTE 2023  
Uso Exclusivo





IMPRIMIR ESTE PLANO PARA LOS RECORTES DE LA TUBERÍA EN FORMATO A2, NO USE ESCALAS DE IMPRESIÓN LOS MODELOS ESTAN EN ESCALA 1:1

ANOTACIONES DE PROCEDIMIENTO

PROCESO APLICADO DE SOLDADURA:

| ISO 4063 | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
|----------|----------|--|
| 111      | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135      | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136      | FCAW-G   | soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141      | GTAW     | soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

EVALUACIÓN Y CONTROL:

AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural

OBSERVACIONES:

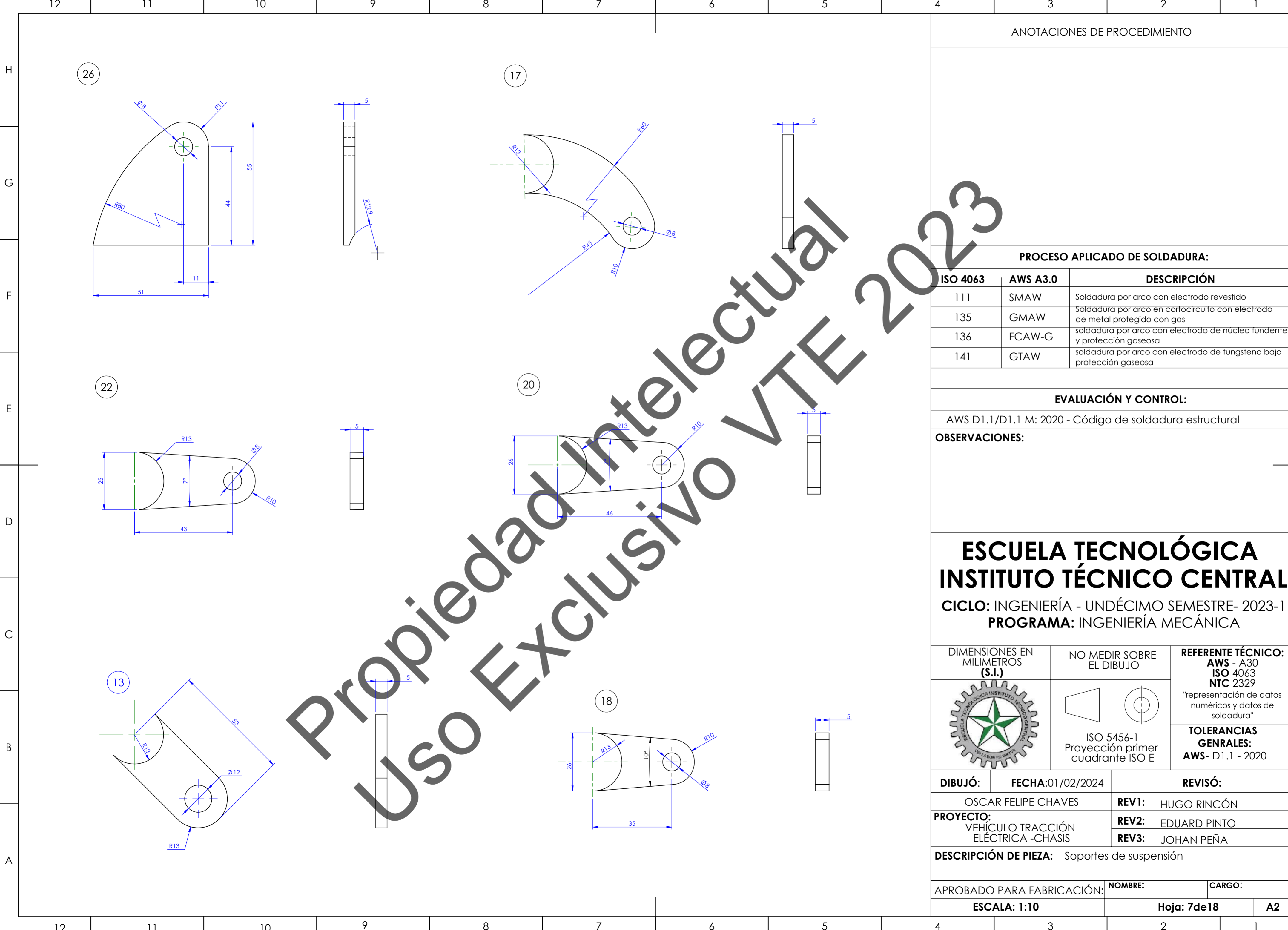
**ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**  
**CICLO: INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1**  
**PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA**

|                                  |                          |   |
|----------------------------------|--------------------------|---|
| DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.) | NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO | REFERENTE TÉCNICO:<br>AWS - A30<br>ISO 4063<br>NTC 2329<br>"representación de datos numéricos y datos de soldadura" |
|                                  |                          | TOLERANCIAS GENERALES:<br>AWS- D1.1 - 2020  |

|  |                  |              |
|--|------------------|--------------|
| DIBUJÓ:  | FECHA:01/02/2024 | REVISÓ:      |
| OSCAR FELIPE CHAVES                              | REV1:            | HUGO RINCÓN  |
| PROYECTO:<br>VEHÍCULO TRACCIÓN ELÉCTRICA -CHASIS | REV2:            | EDUARD PINTO |
|  | REV3:            | JOHAN PEÑA   |

DESCRIPCIÓN DE PIEZA: Desarrollos\_recortes

|                            |             |        |
|----------------------------|-------------|--------|
| APROBADO PARA FABRICACIÓN: | NOMBRE:     | CARGO: |
| ESCALA: 1:10               | Hoja: 6de18 | A2     |



ANOTACIONES DE PROCEDIMIENTO

PROCESO APLICADO DE SOLDADURA:

| ISO 4063 | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
|----------|----------|--|
| 111      | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135      | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136      | FCAW-G   | Soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141      | GTAW     | Soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

EVALUACIÓN Y CONTROL:

AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural

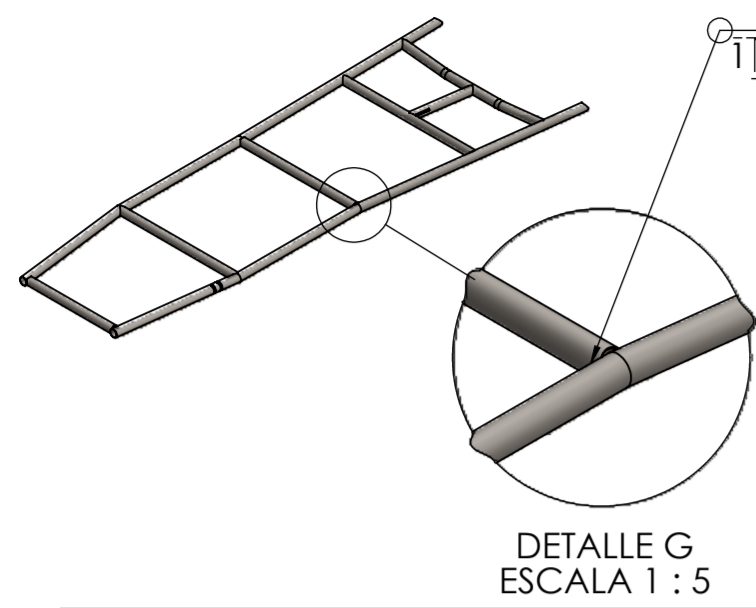
OBSERVACIONES:

**ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**  
CICLO: INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1  
PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA

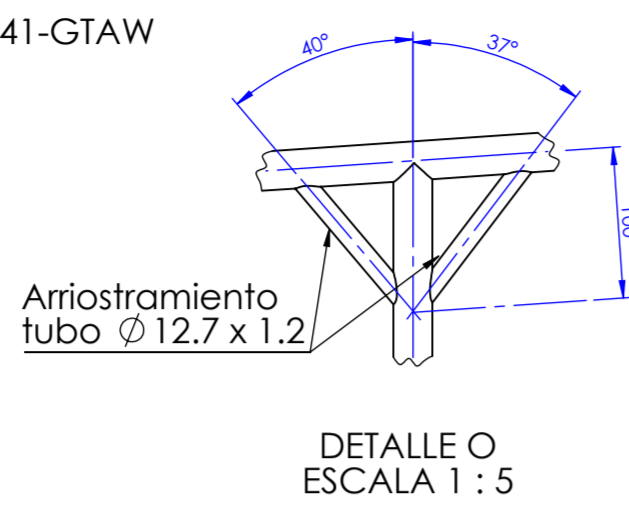
|                                  |                          |   |
|----------------------------------|--------------------------|---|
| DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.) | NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO | REFERENTE TÉCNICO:<br>AWS - A30<br>ISO 4063<br>NTC 2329<br>"representación de datos numéricos y datos de soldadura" |
|                                  |                          | TOLERANCIAS GENERALES:<br>AWS- D1.1 - 2020  |

|  |                   |                    |
|--|-------------------|--------------------|
| DIBUJÓ:  | FECHA: 01/02/2024 | REVISÓ:            |
| OSCAR FELIPE CHAVES                              |                   | REV1: HUGO RINCÓN  |
| PROYECTO:<br>VEHÍCULO TRACCIÓN ELÉCTRICA -CHASIS |                   | REV2: EDUARD PINTO |
|  |                   | REV3: JOHAN PEÑA   |
| DESCRIPCIÓN DE PIEZA: Soportes de suspensión     |                   |                    |
| APROBADO PARA FABRICACIÓN:                       | NOMBRE:           | CARGO:             |
| ESCALA: 1:10                                     | Hoja: 7de18       | A2                 |

**FASE 1**  
Unir perfiles con punto de soldadura

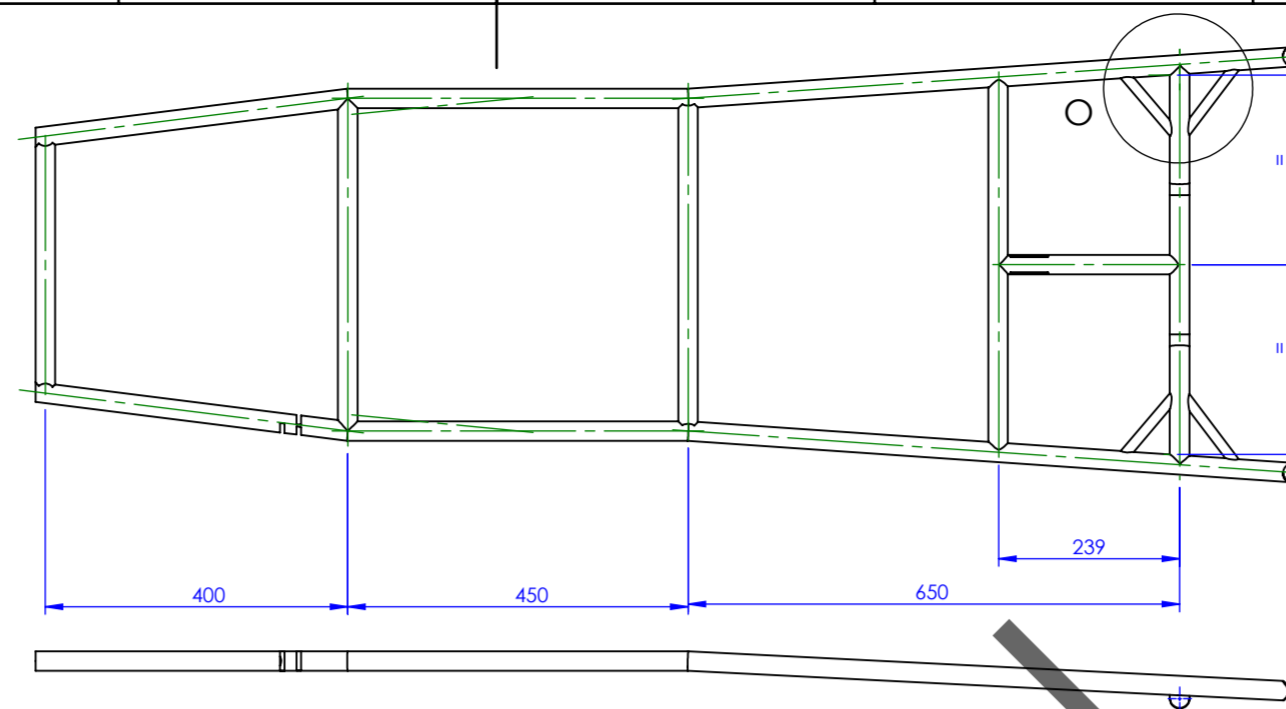


DETALLE G  
ESCALA 1 : 5

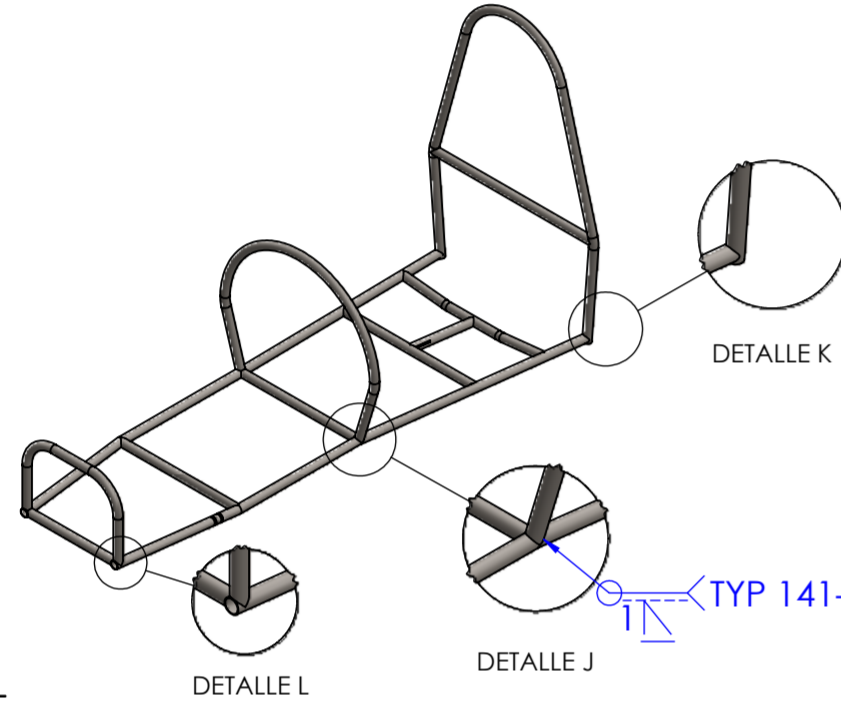


Arriostramiento tubo Ø 12.7 x 1.2

DETALLE O  
ESCALA 1 : 5



**FASE 2**  
Unir perfiles con punto de soldadura

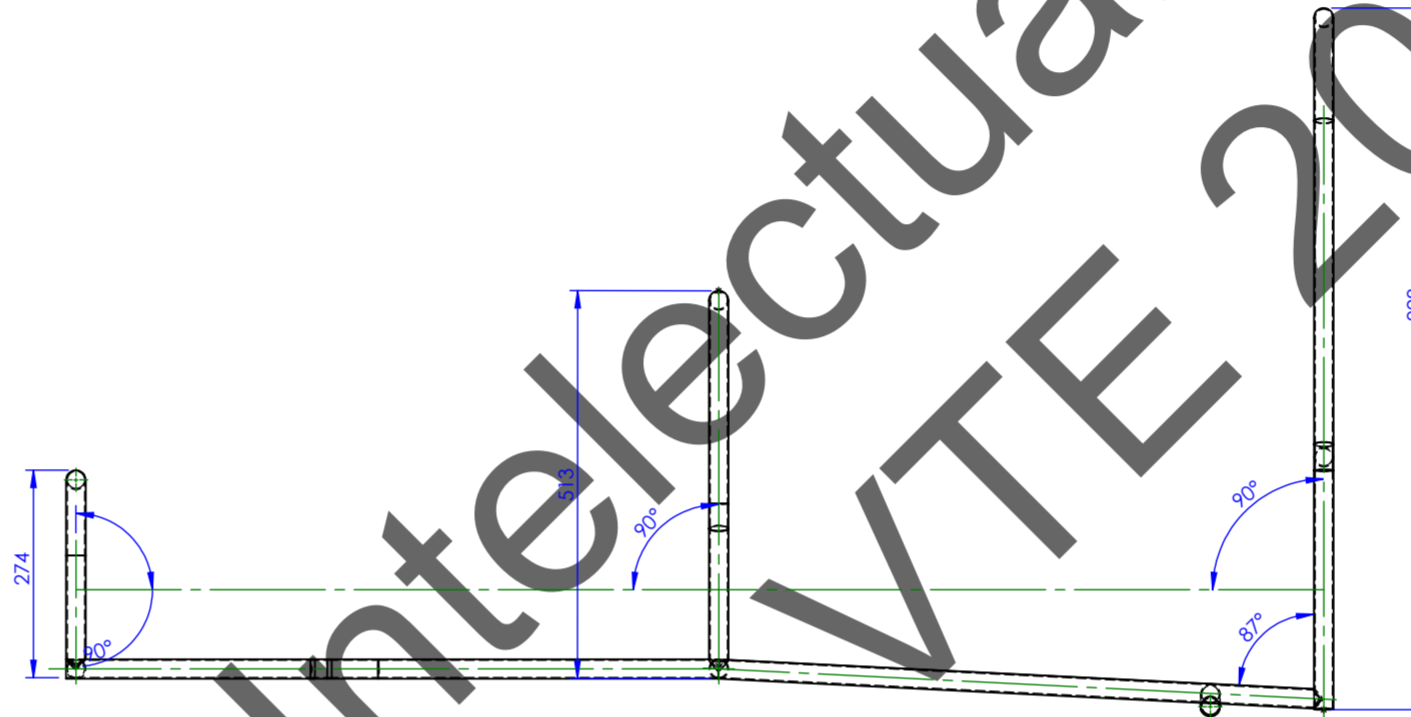
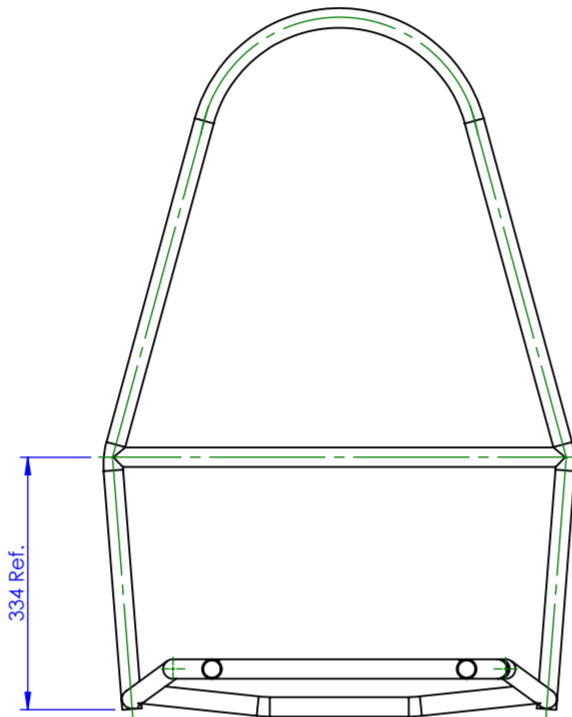


DETALLE K

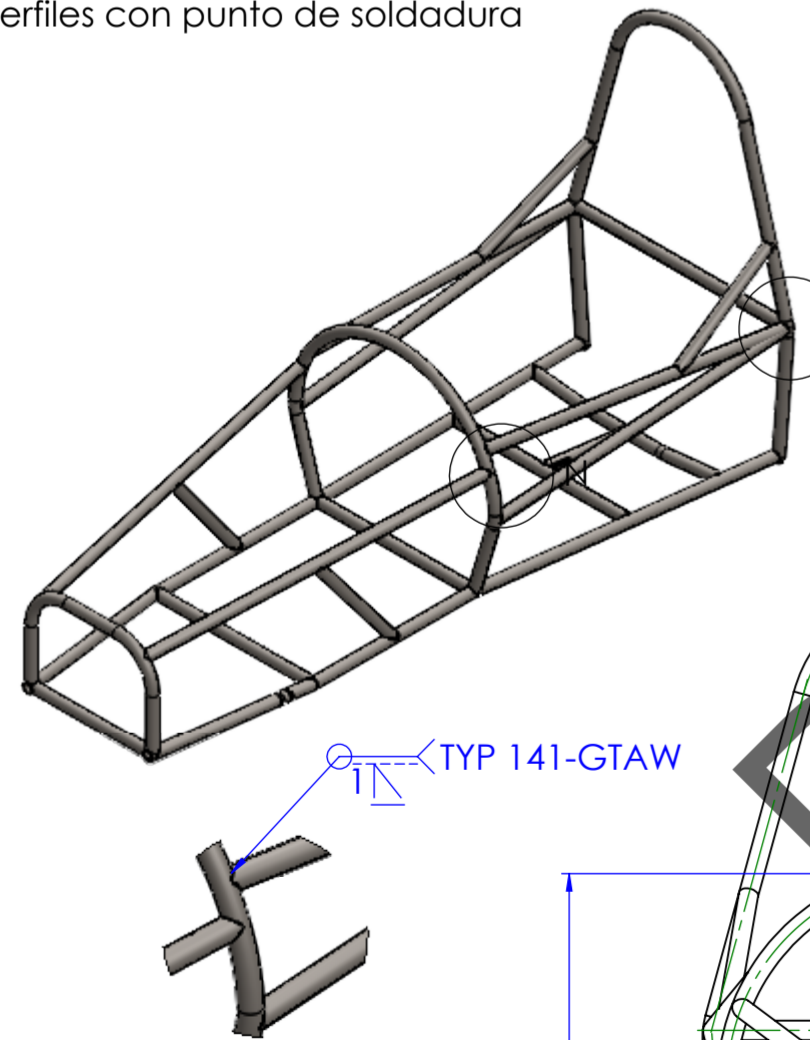
DETALLE L

DETALLE J

TYP 141-GTAW



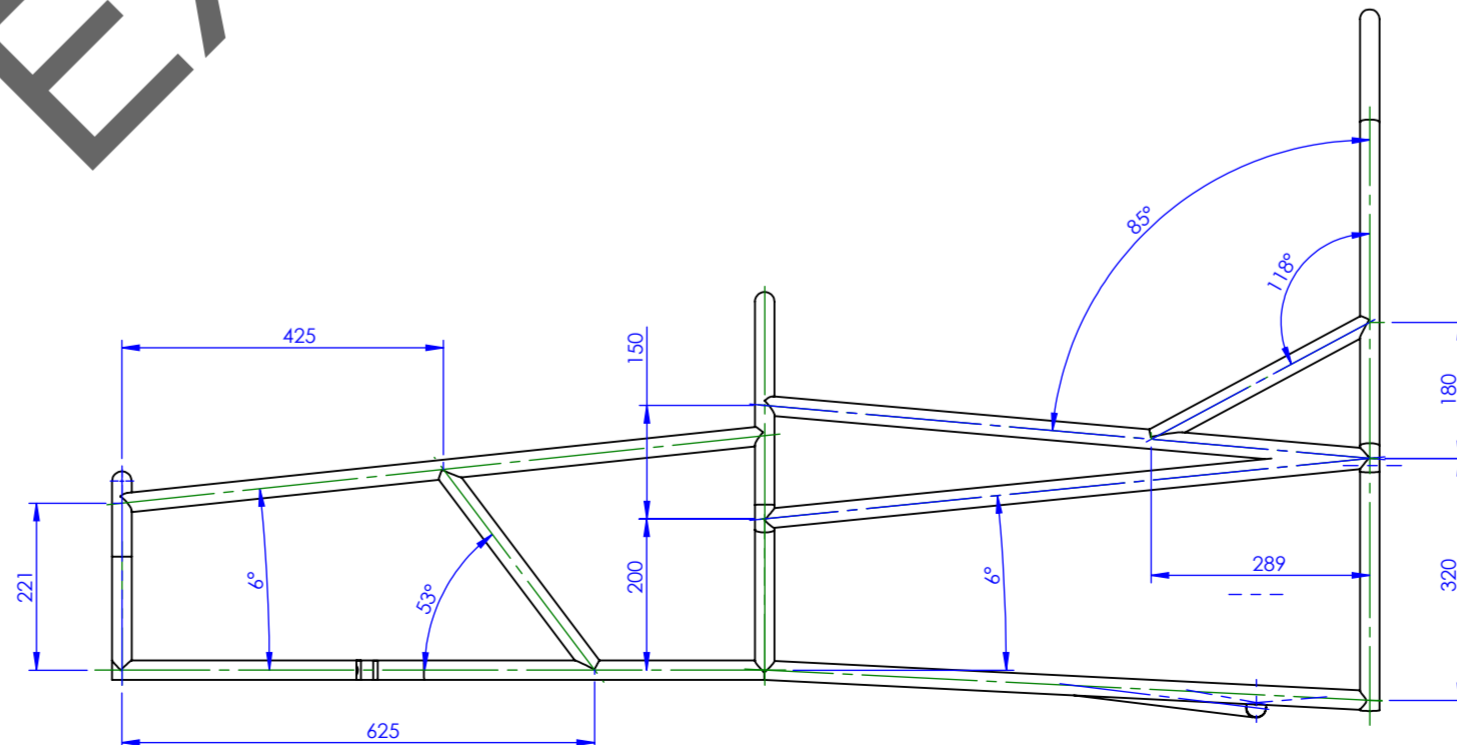
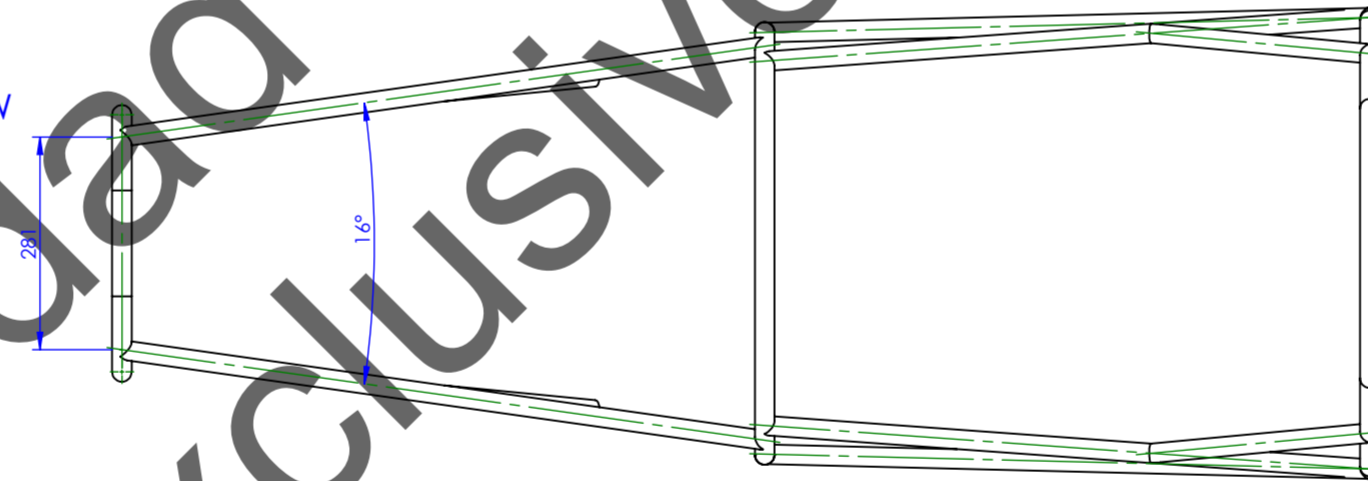
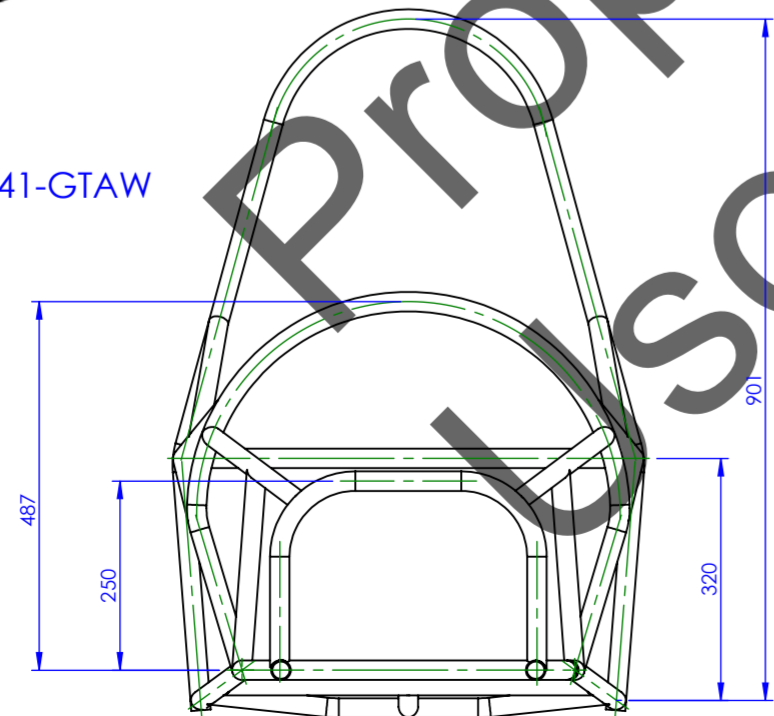
**FASE 3**  
Unir perfiles con punto de soldadura



DETALLE H  
ESCALA 2 : 15

DETALLE N  
ESCALA 2 : 15

TYP 141-GTAW



ANOTACIONES DE PROCEDIMIENTO

PROCESO APLICADO DE SOLDADURA:

| ISO 4063 | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
|----------|----------|--|
| 111      | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135      | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136      | FCAW-G   | Soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141      | GTAW     | Soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

EVALUACIÓN Y CONTROL:

AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural

OBSERVACIONES:

**ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**  
CICLO: INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1  
PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA

DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.)

NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO

REFERENTE TÉCNICO:  
AWS - A30  
ISO 4063  
NTC 2329



"representación de datos numéricos y datos de soldadura"

TOLERANCIAS GENERALES:  
AWS- D1.1 - 2020

DIBUJÓ: FECHA: 01/02/2024

REVISÓ:

OSCAR FELIPE CHAVES

REV1: HUGO RINCÓN

PROYECTO:  
VEHÍCULO TRACCIÓN ELÉCTRICA - CHASIS

REV2: EDUARD PINTO

REV3: JOHAN PEÑA

DESCRIPCIÓN DE PIEZA: Procedimiento de soldadura

APROBADO PARA FABRICACIÓN:

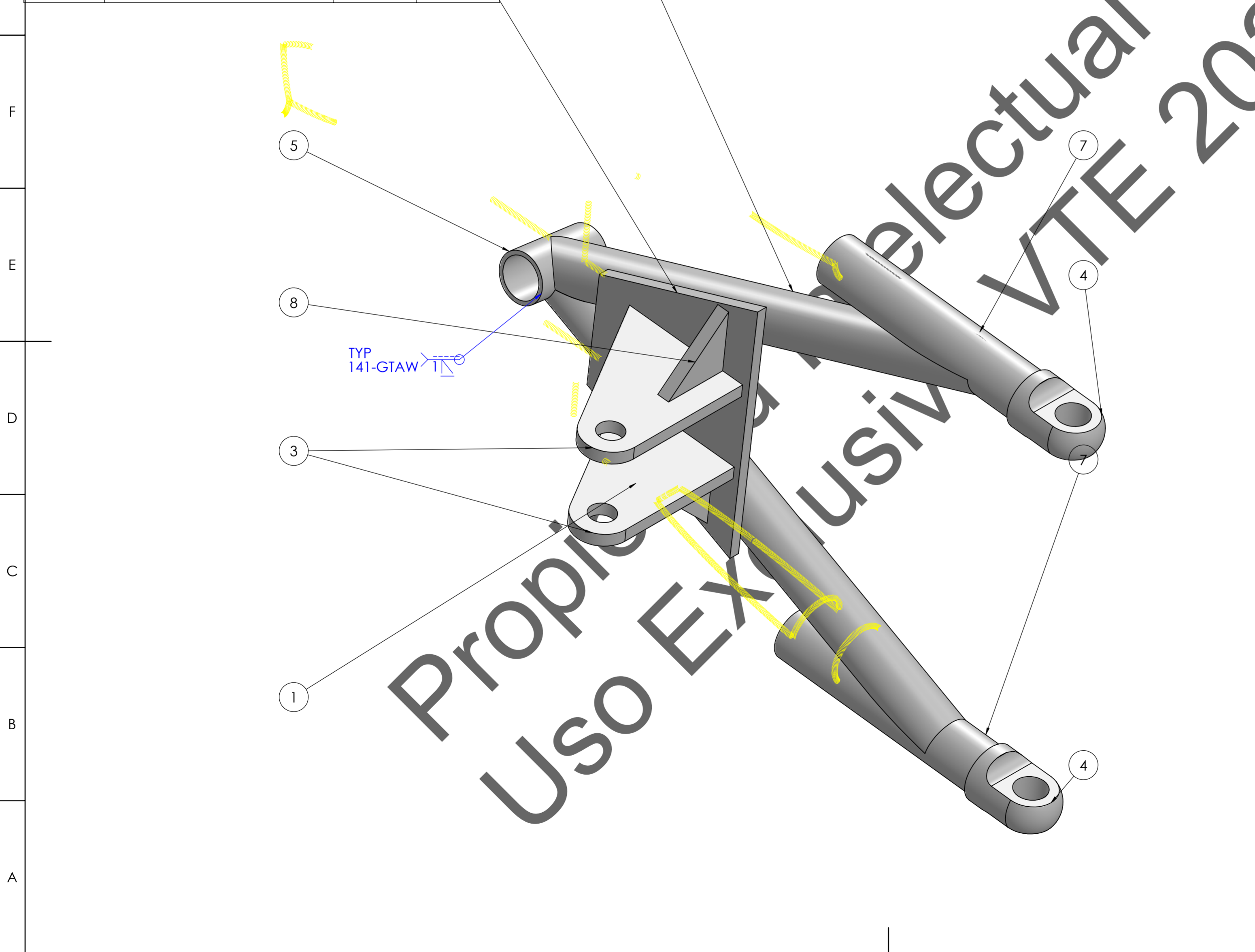
NOMBRE: CARGO:

ESCALA: 1:10

Hoja: 8de18

A2

| N.º DE ELEMENTO | DESCRIPCIÓN                                  | CANTIDAD | LONGITUD |
|-----------------|--|----------|----------|
| 1               | Tubo estructural 1/2" (Diam_21.3 x Espe_1.8) | 1        | 207.06   |
| 2               | Placa acero ASTM A36 5mm corte laser         | 1        |          |
| 3               | Placa de acero ASTM A36 5mm corte laser      | 2        |          |
| 4               | AISI SAE 1020 1" x 50                        | 2        |          |
| 5               | Tubo estructural 1/2" (Diam_21.3 x Espe_1.8) | 1        | 32       |
| 6               | Tubo estructural 1/2" (Diam_21.3 x Espe_1.8) | 1        | 209.11   |
| 7               | Tubo estructural 1/2" (Diam_21.3 x Espe_1.8) | 2        | 90       |
| 8               | Placa de acero ASTM A36 5mm corte laser      | 2        |          |



| ANOTACIONES DE PROCEDIMIENTO |  |  |
|------------------------------|--|--|
|                              |  |  |

| PROCESO APLICADO DE SOLDADURA: |          |  |
|--------------------------------|----------|--|
| ISO 4063                       | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
| 111                            | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135                            | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136                            | FCAW-G   | Soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141                            | GTAW     | Soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

| EVALUACIÓN Y CONTROL:                                   |
|---|
| AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural |

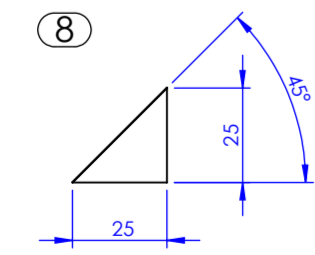
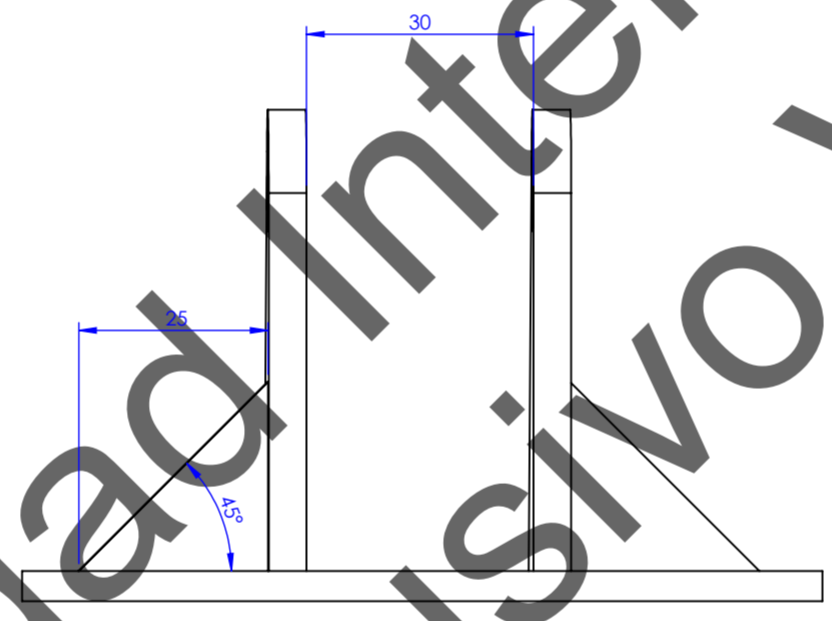
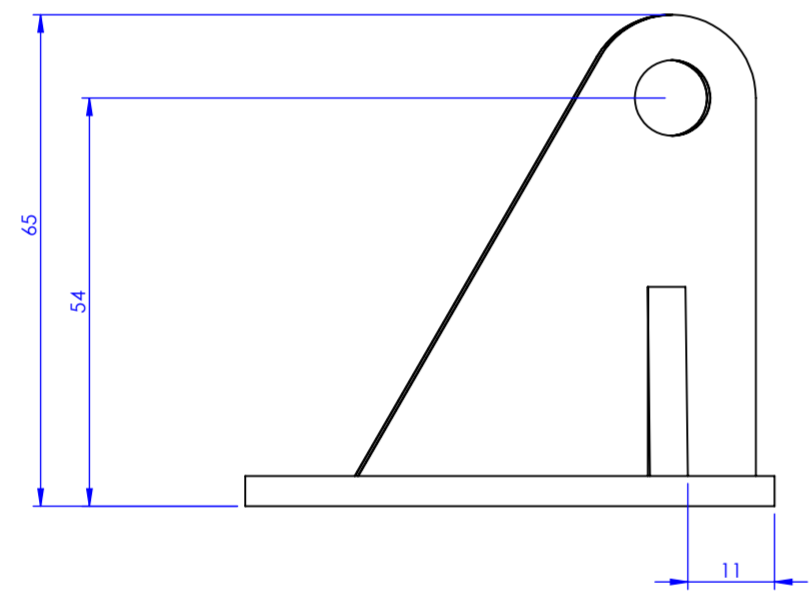
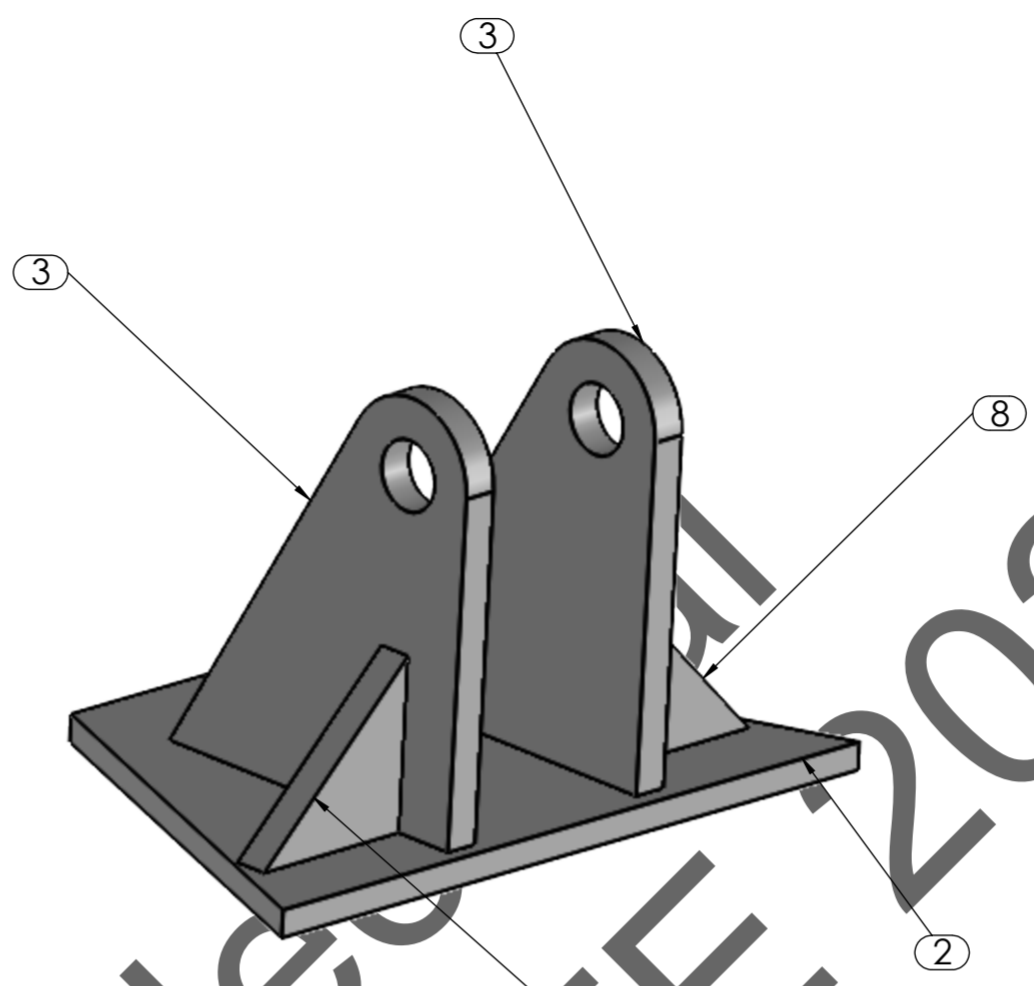
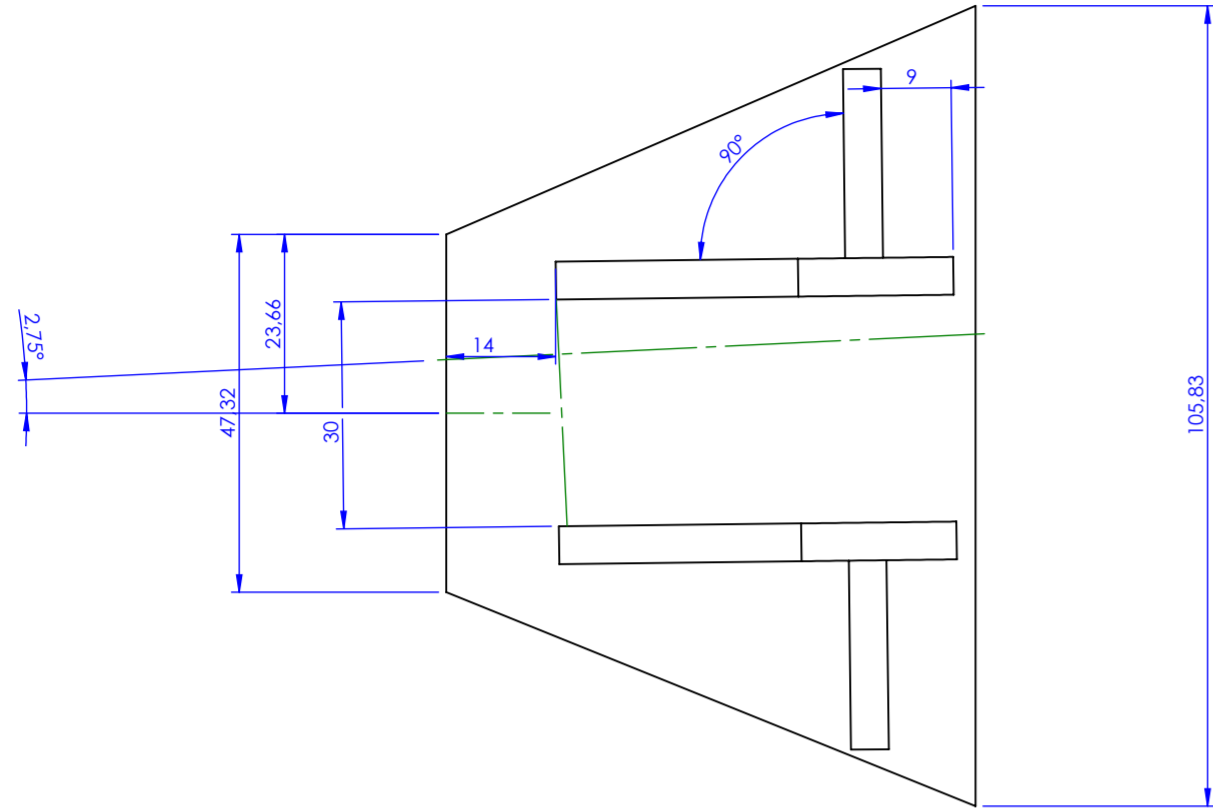
**OBSERVACIONES:**

**ESCUELA TECNOLÓGICA**  
**INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**  
 CICLO: INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1  
 PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA

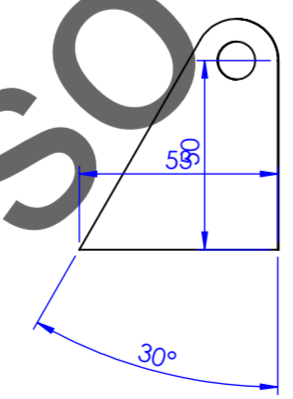
|                                  |   |  |
|----------------------------------|---|--|
| DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.) | NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO                            | <b>REFERENTE TÉCNICO:</b><br>AWS - A30<br>ISO 4063<br>NTC 2329<br>"representación de datos numéricos y datos de soldadura" |
|                                  | <br>ISO 5456-1<br>Proyección primer cuadrante ISO E |  |
|                                  |   | <b>TOLERANCIAS GENERALES:</b><br>AWS- D1.1 - 2020  |

|   |                           |                |
|---|---------------------------|----------------|
| <b>DIBUJÓ:</b>  | <b>FECHA:</b> 01/02/2024  | <b>REVISÓ:</b> |
| OSCAR FELIPE CHAVES                                     | <b>REV1:</b> HUGO RINCÓN  |                |
| <b>PROYECTO:</b><br>VEHÍCULO TRACCIÓN ELÉCTRICA -CHASIS | <b>REV2:</b> EDUARD PINTO |                |
|   | <b>REV3:</b> JOHAN PEÑA   |                |
| <b>DESCRIPCIÓN DE PIEZA:</b> Tijera_Macpherson          |                           |                |
| <b>APROBADO PARA FABRICACIÓN:</b>                       | <b>NOMBRE:</b>            | <b>CARGO:</b>  |
| <b>ESCALA:</b> 1:10                                     | <b>Hoja:</b> 9de18        | <b>A2</b>      |

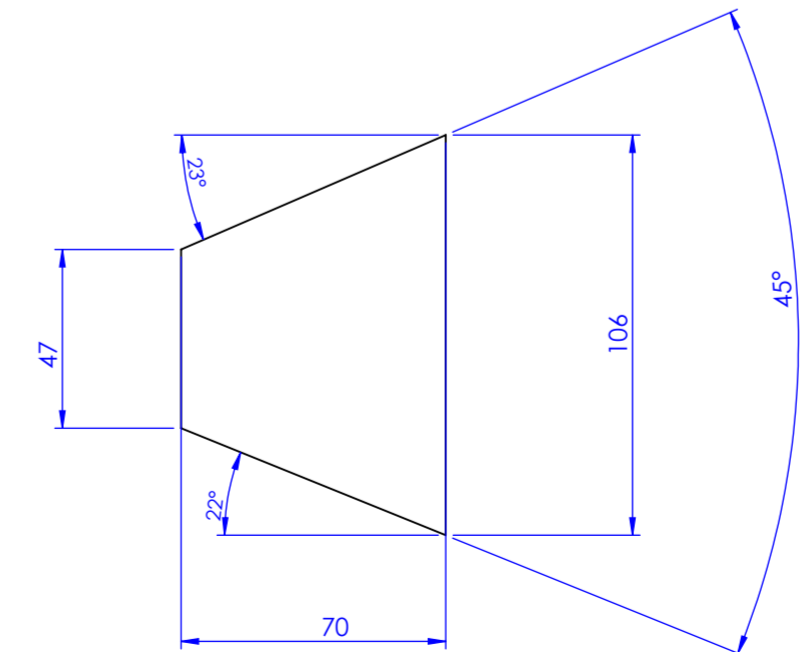
ANOTACIONES DE PROCEDIMIENTO



ESCALA 1 : 2



ESCALA 1 : 2



ESCALA 1 : 2

**PROCESO APLICADO DE SOLDADURA:**

| ISO 4063 | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
|----------|----------|--|
| 111      | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135      | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136      | FCAW-G   | soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141      | GTAW     | soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

**EVALUACIÓN Y CONTROL:**  
AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural

**OBSERVACIONES:**

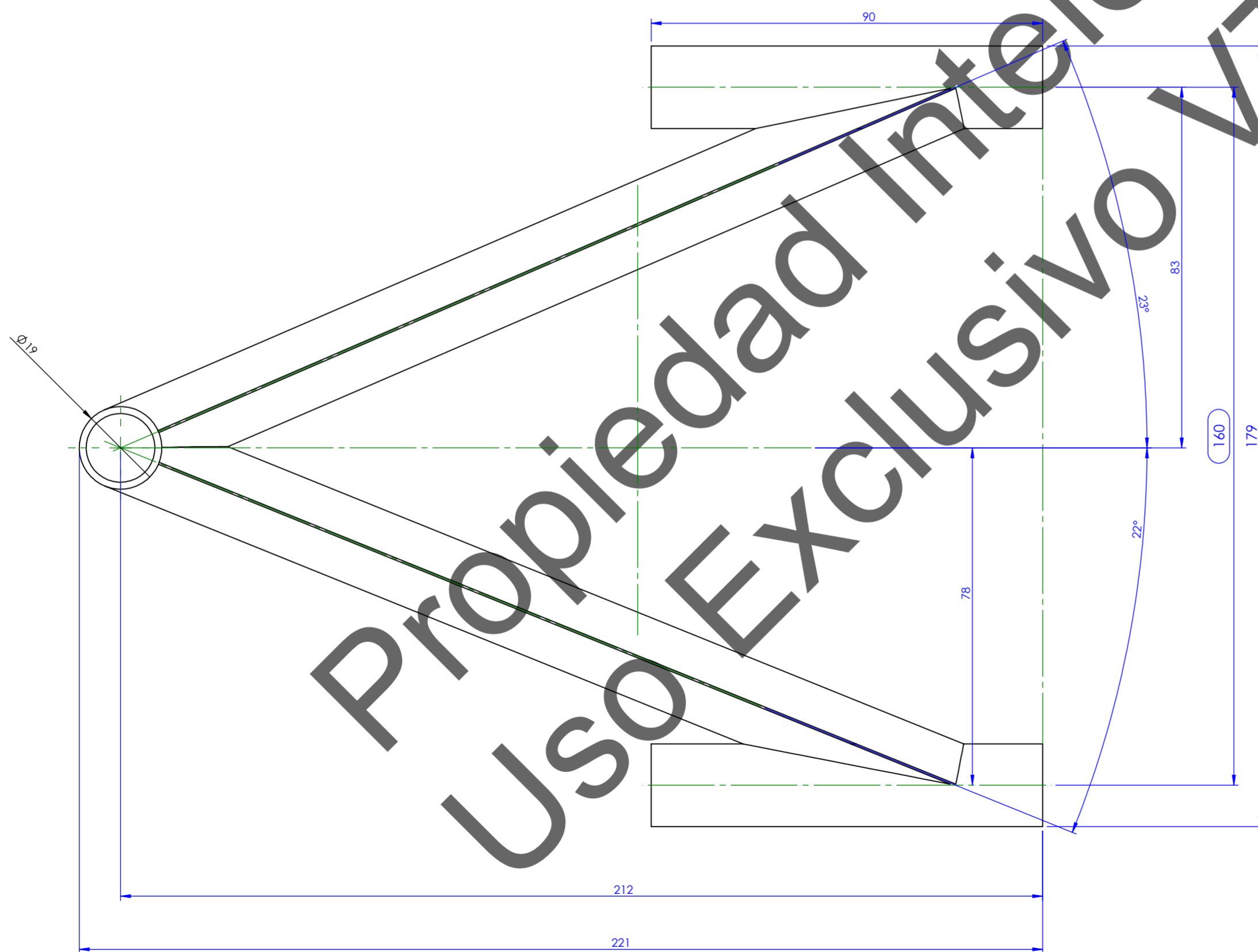
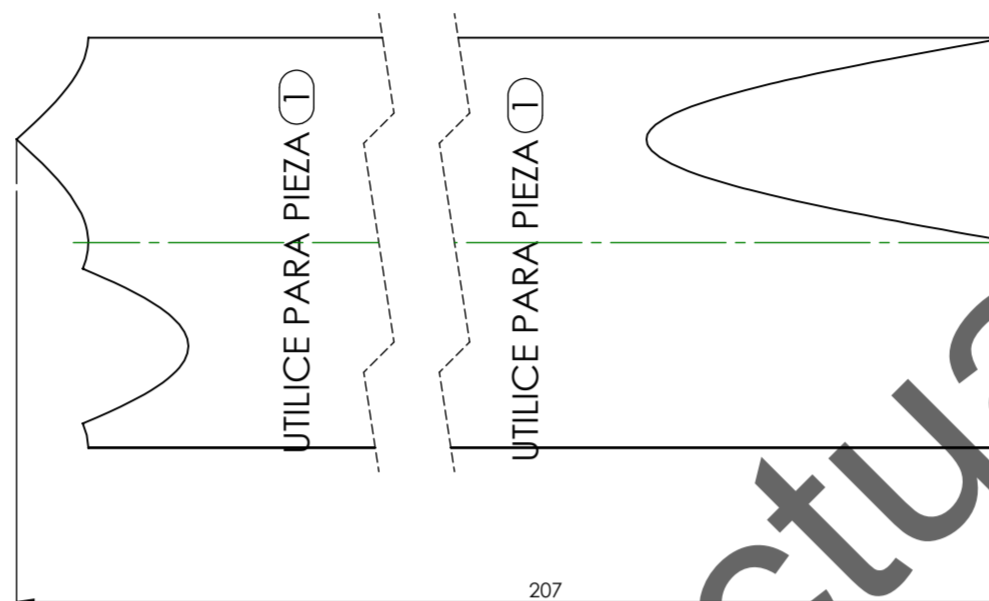
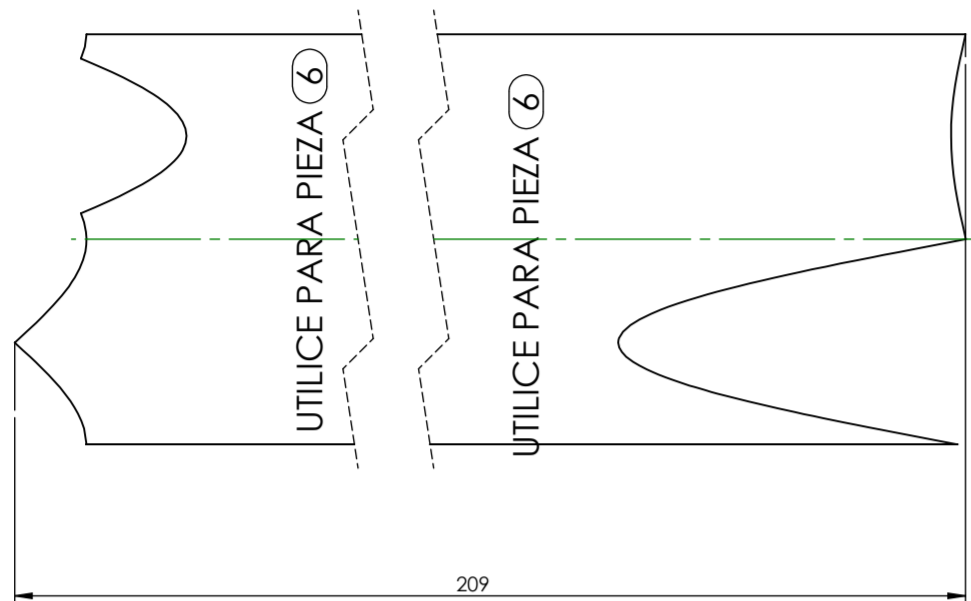
**ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**  
CICLO: INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1  
PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA

|                                  |                          |  |
|----------------------------------|--------------------------|--|
| DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.) | NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO | <b>REFERENTE TÉCNICO:</b><br>AWS - A30<br>ISO 4063<br>NTC 2329<br>"representación de datos numéricos y datos de soldadura" |
|                                  |                          | <b>TOLERANCIAS GENERALES:</b><br>AWS- D1.1 - 2020  |

|                                       |                          |   |
|---------------------------------------|--------------------------|---|
| <b>DIBUJÓ:</b><br>OSCAR FELIPE CHAVES | <b>FECHA:</b> 01/02/2024 | <b>REVISÓ:</b><br>REV1: HUGO RINCÓN<br>REV2: EDUARD PINTO<br>REV3: JOHAN PEÑA |
|---------------------------------------|--------------------------|---|

**DESCRIPCIÓN DE PIEZA:** Soporte de suspensión

|                                   |                     |               |
|-----------------------------------|---------------------|---------------|
| <b>APROBADO PARA FABRICACIÓN:</b> | <b>NOMBRE:</b>      | <b>CARGO:</b> |
| <b>ESCALA: 1:10</b>               | <b>Hoja: 10de18</b> | <b>A2</b>     |



IMPRIMIR ESTE PLANO PARA LOS RECORTES DE LA TUBERÍA Y COMO PLANTILLA DE ARMADO EN EL FORMATO A2.  
NO UTILICE ESCALAS DE IMPRESIÓN LOS MODELOS ESTAN EN ESCALA 1:1

ANOTACIONES DE PROCEDIMIENTO

PROCESO APLICADO DE SOLDADURA:

| ISO 4063 | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
|----------|----------|--|
| 111      | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135      | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136      | FCAW-G   | soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141      | GTAW     | soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

EVALUACIÓN Y CONTROL:

AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural

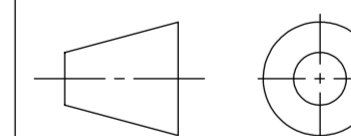
OBSERVACIONES:

**ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**  
CICLO: INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1  
PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA

DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.)

NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO

REFERENTE TÉCNICO:  
AWS - A30  
ISO 4063  
NTC 2329



ISO 5456-1  
Proyección primer cuadrante ISO E

"representación de datos numéricos y datos de soldadura"

TOLERANCIAS GENERALES:  
AWS- D1.1 - 2020

|  |                  |              |
|--|------------------|--------------|
| DIBUJÓ:  | FECHA:01/02/2024 | REVISÓ:      |
| OSCAR FELIPE CHAVES                              | REV1:            | HUGO RINCÓN  |
| PROYECTO:<br>VEHÍCULO TRACCIÓN ELÉCTRICA -CHASIS | REV2:            | EDUARD PINTO |
|  | REV3:            | JOHAN PEÑA   |

DESCRIPCIÓN DE PIEZA: Recorte para fijeras

|                            |              |        |
|----------------------------|--------------|--------|
| APROBADO PARA FABRICACIÓN: | NOMBRE:      | CARGO: |
| ESCALA: 1:10               | Hoja: 11de18 | A2     |

ANOTACIONES DE PROCEDIMIENTO

PROCESO APLICADO DE SOLDADURA:

| ISO 4063 | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
|----------|----------|--|
| 111      | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135      | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136      | FCAW-G   | Soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141      | GTAW     | Soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

EVALUACIÓN Y CONTROL:

AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural

OBSERVACIONES:

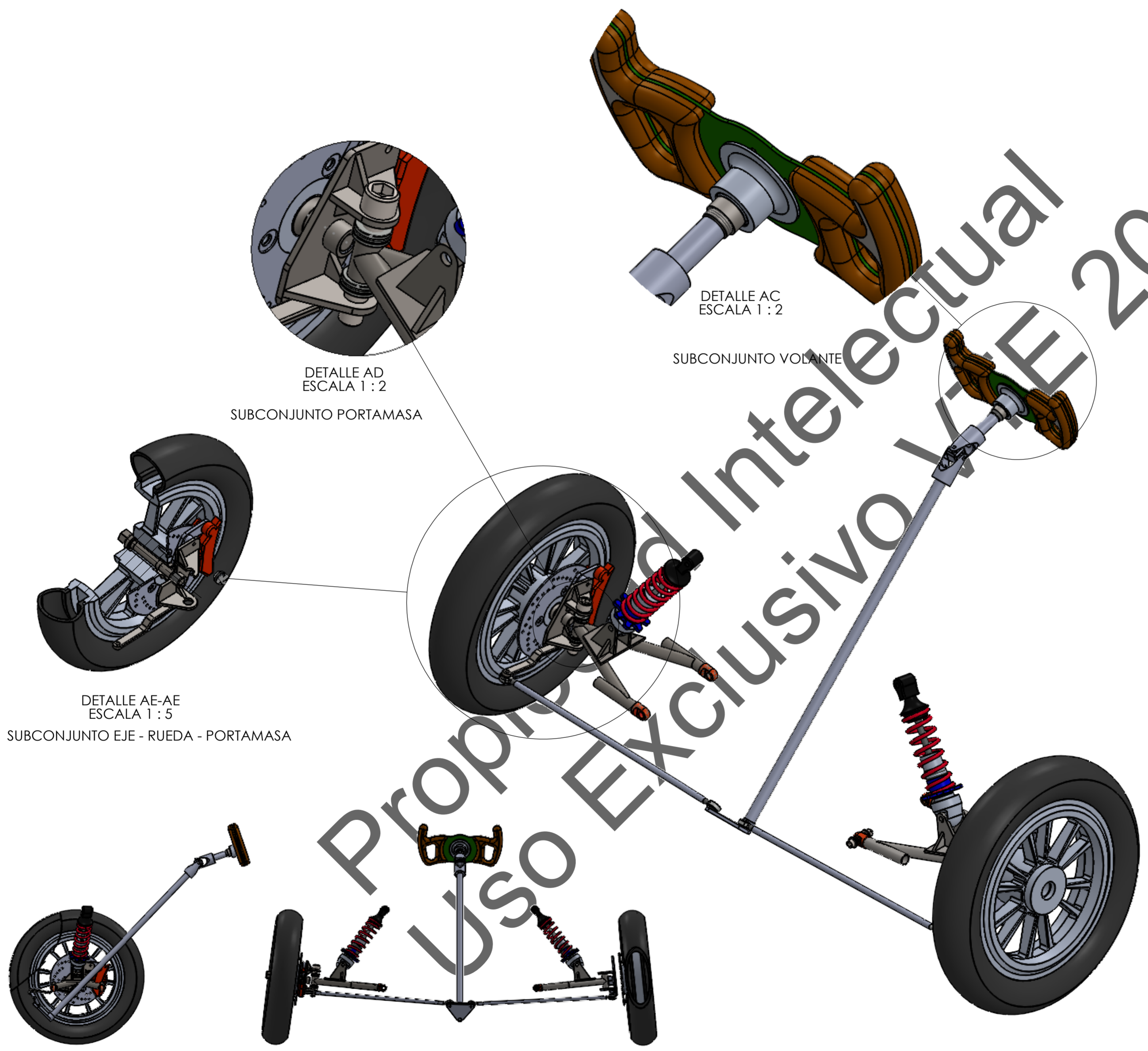
**ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**  
 CICLO: INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1  
 PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA

|                                  |   |   |
|----------------------------------|---|---|
| DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.) | NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO                            | REFERENTE TÉCNICO:<br>AWS - A30<br>ISO 4063<br>NTC 2329<br>"representación de datos numéricos y datos de soldadura" |
|                                  | <br>ISO 5456-1<br>Proyección primer cuadrante ISO E | TOLERANCIAS GENERALES:<br>AWS- D1.1 - 2020  |

|  |                  |                    |
|--|------------------|--------------------|
| DIBUJÓ:  | FECHA:01/02/2024 | REVISÓ:            |
| OSCAR FELIPE CHAVES                              |                  | REV1: HUGO RINCÓN  |
| PROYECTO:<br>VEHÍCULO TRACCIÓN ELÉCTRICA -CHASIS |                  | REV2: EDUARD PINTO |
|  |                  | REV3: JOHAN PEÑA   |

DESCRIPCIÓN DE PIEZA: SISTEMA DIRECCIÓN

|                            |         |        |
|----------------------------|---------|--------|
| APROBADO PARA FABRICACIÓN: | NOMBRE: | CARGO: |
|----------------------------|---------|--------|



| N.º DE ELEMENTO | N.º DE PIEZA                         | DESCRIPCIÓN                                | CANTIDAD |
|-----------------|--------------------------------------|--|----------|
| 1               | Chasis_volante                       | Material bruto 141 x 280 x 5               | 1        |
| 2               | Acople                               | Aluminio 6061 T6 - Diam 76 x 80            | 1        |
| 3               | Desacople                            | Aluminio 6061 T6 53.50 x 79.00 x 70.00     | 1        |
| 4               | Acople_fijo                          | AISI 1045 Acero estirado en frío & 1" x 40 | 1        |
| 5               | Anillo de retención concéntrico 25mm |  | 1        |
| 6               | Resorte_mecanismo                    |  | 1        |
| 7               | B18.3.4M - 5 x 0.8 x 5               |  | 6        |
| 8               | Esfera                               | Esfera Calibrada M5                        | 6        |

ANOTACIONES DE PROCEDIMIENTO

PROCESO APLICADO DE SOLDADURA:

| ISO 4063 | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
|----------|----------|--|
| 111      | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135      | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136      | FCAW-G   | soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141      | GTAW     | soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

EVALUACIÓN Y CONTROL:

AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural

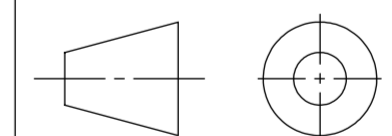
OBSERVACIONES:

**ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**  
**CICLO: INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1**  
**PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA**

DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.)

NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO

REFERENTE TÉCNICO:  
**AWS - A30**  
**ISO 4063**  
**NTC 2329**



ISO 5456-1  
Proyección primer cuadrante ISO E

"representación de datos numéricos y datos de soldadura"

TOLERANCIAS GENERALES:  
**AWS- D1.1 - 2020**

DIBUJÓ: OSCAR FELIPE CHAVES

FECHA: 01/02/2024

REVISÓ:

PROYECTO: VEHÍCULO TRACCIÓN ELÉCTRICA -CHASIS

REV1: HUGO RINCÓN

REV2: EDUARD PINTO

REV3: JOHAN PEÑA

DESCRIPCIÓN DE PIEZA: Volante

APROBADO PARA FABRICACIÓN:

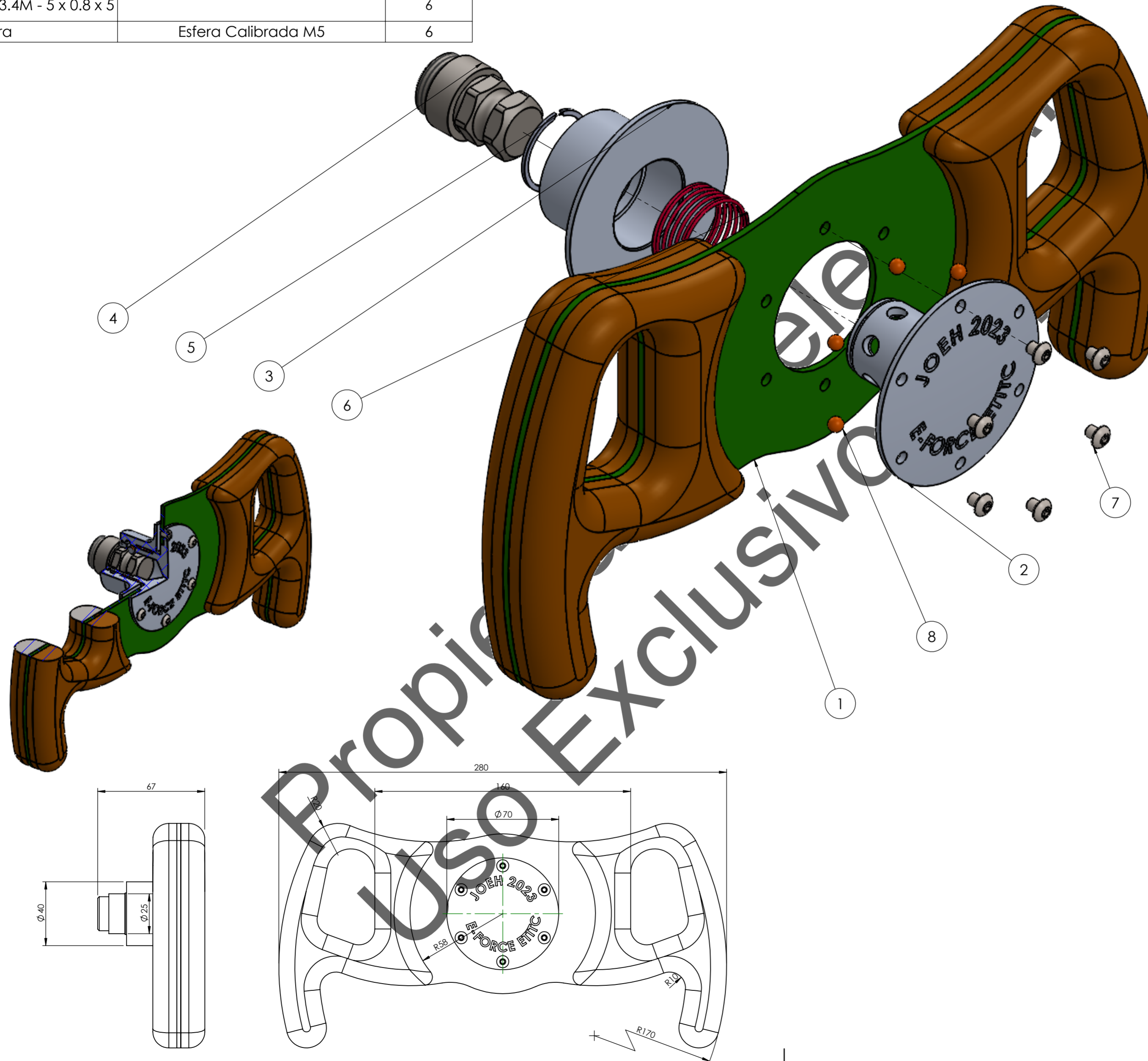
NOMBRE:

CARGO:

ESCALA: 1:10

Hoja: 13de18

A2



Propiedad Exclusiva



PROCESO APLICADO DE SOLDADURA:

| ISO 4063 | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
|----------|----------|--|
| 111      | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135      | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136      | FCAW-G   | Soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141      | GTAW     | Soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

EVALUACIÓN Y CONTROL:

AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural

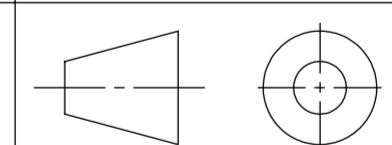
OBSERVACIONES:

**ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**  
 CICLO: INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1  
 PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA

DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.)

NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO

REFERENTE TÉCNICO:  
 AWS - A30  
 ISO 4063  
 NTC 2329



ISO 5456-1  
 Proyección primer cuadrante ISO E

"representación de datos numéricos y datos de soldadura"

TOLERANCIAS GENERALES:  
 AWS- D1.1 - 2020

|   |                          |                           |
|---|--------------------------|---------------------------|
| <b>DIBUJÓ:</b><br>OSCAR FELIPE CHAVES                   | <b>FECHA:</b> 01/02/2024 | <b>REVISÓ:</b>            |
| <b>PROYECTO:</b><br>VEHÍCULO TRACCIÓN ELÉCTRICA -CHASIS | <b>REV1:</b> HUGO RINCÓN | <b>REV2:</b> EDUARD PINTO |
|   | <b>REV3:</b> JOHAN PEÑA  |                           |

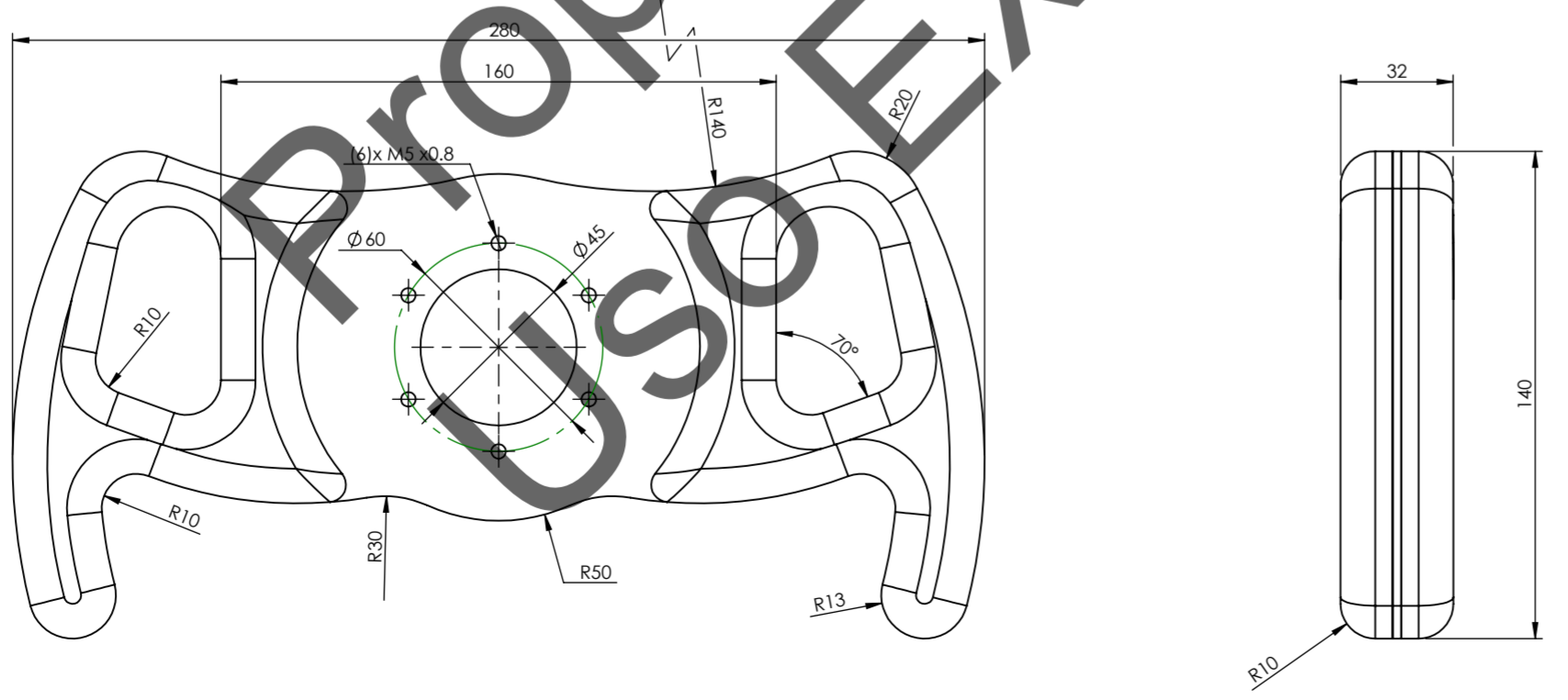
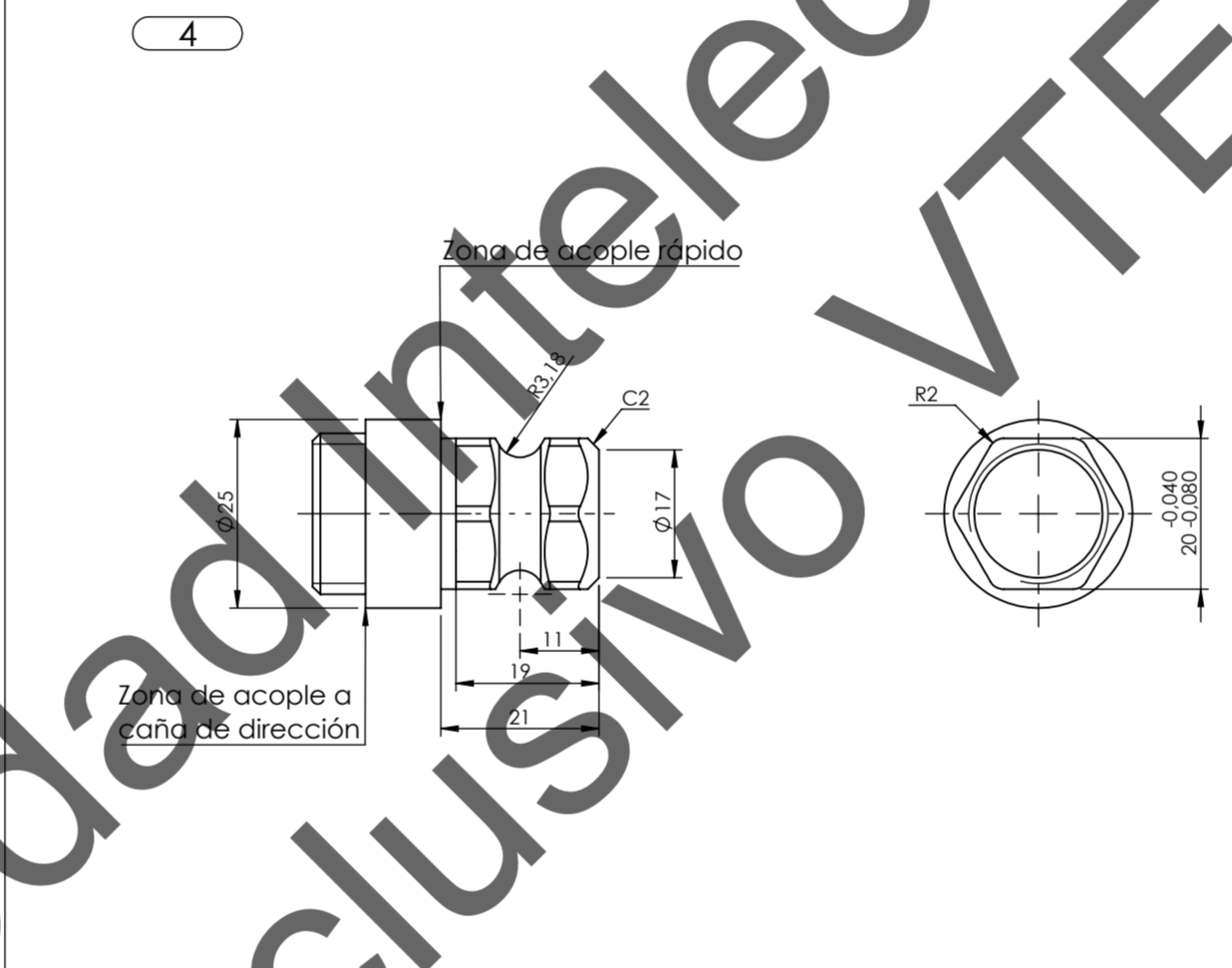
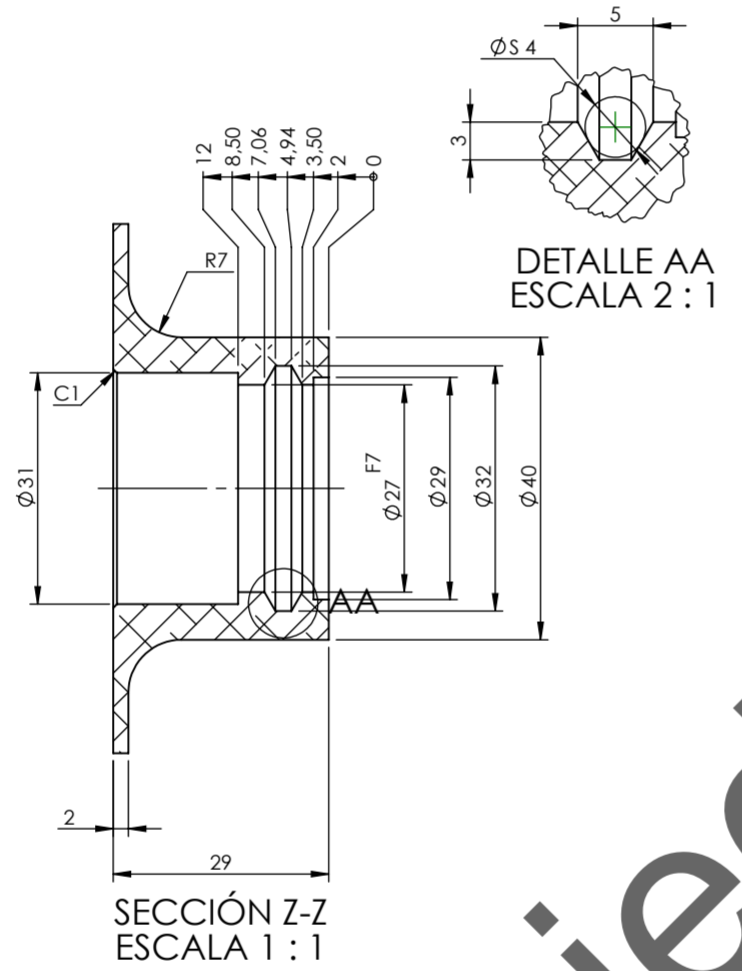
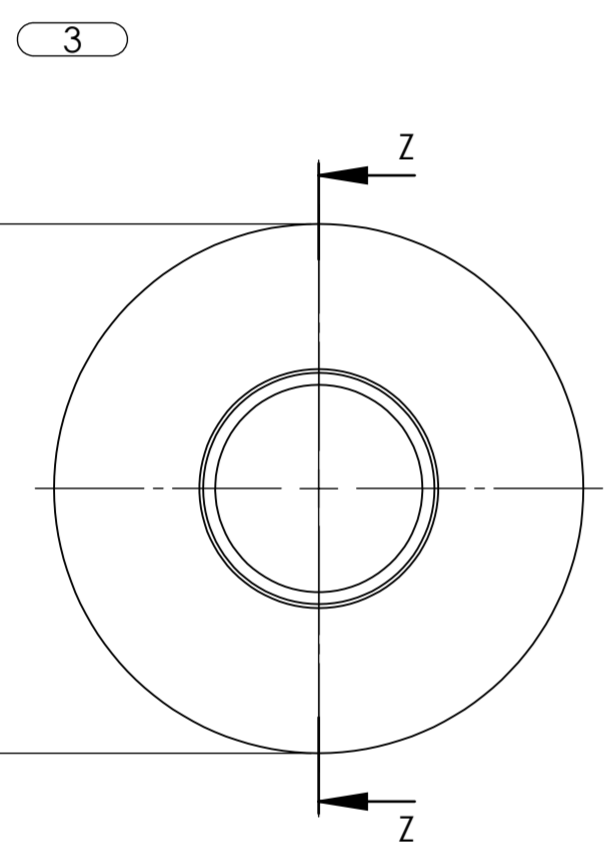
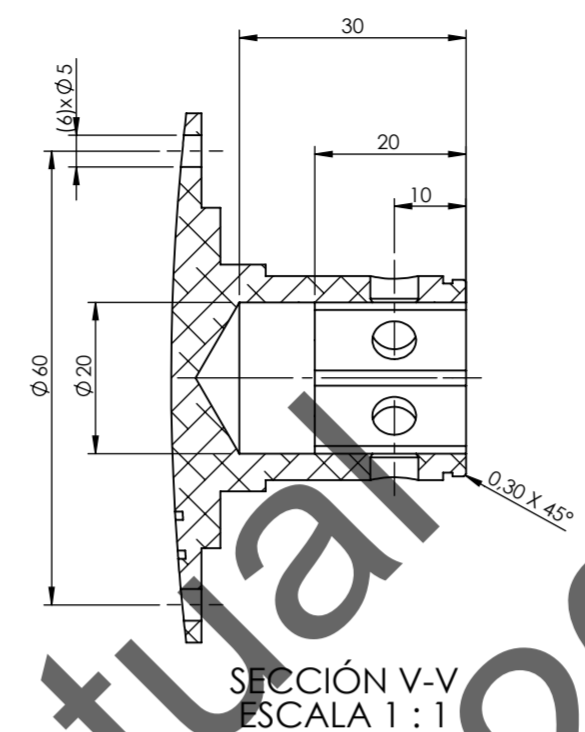
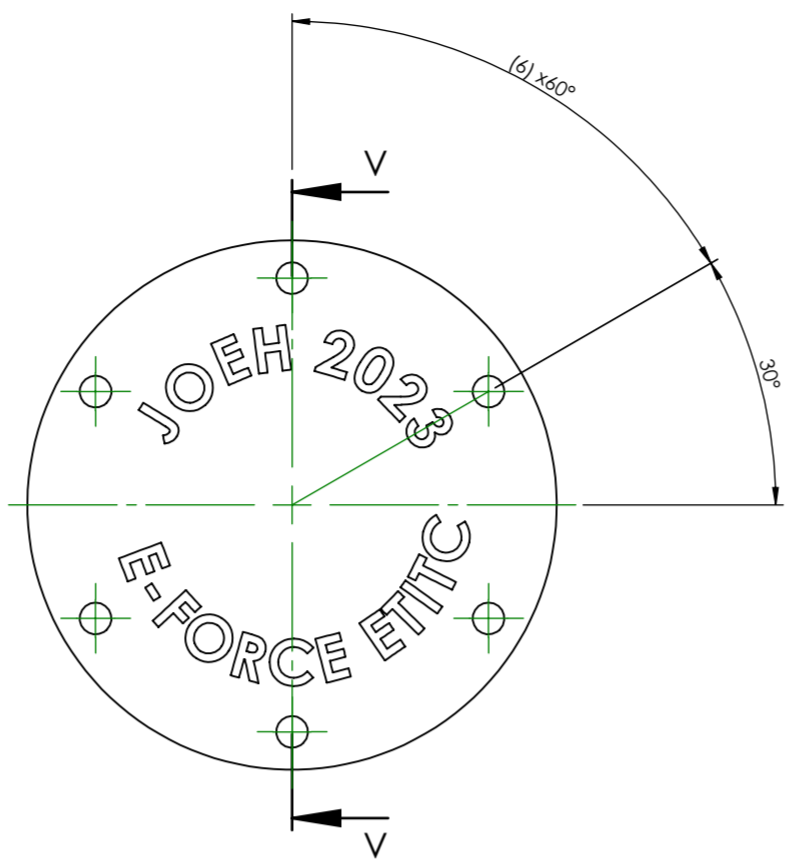
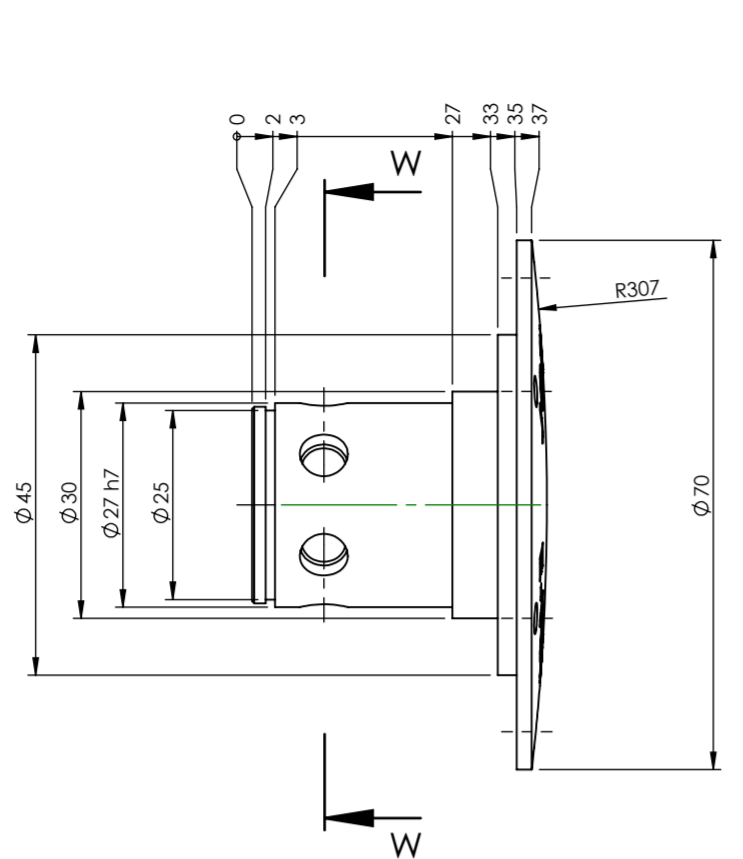
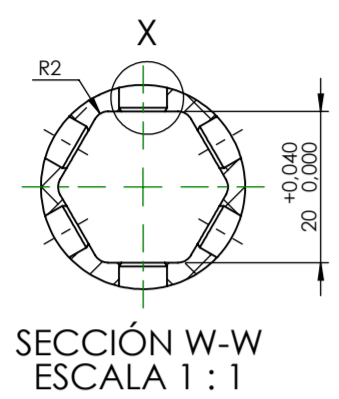
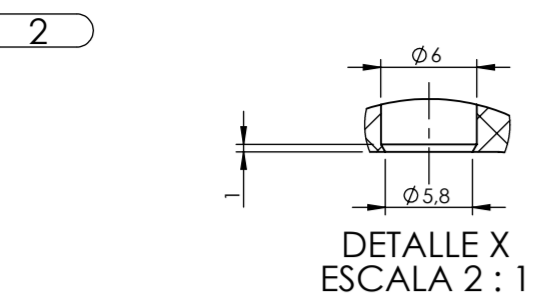
**DESCRIPCIÓN DE PIEZA:** Despiece- volante

APROBADO PARA FABRICACIÓN: NOMBRE: CARGO:

ESCALA: 1:1

Hoja: 14de18

A2



| N.º DE ELEMENTO | N.º DE PIEZA                   | Material       | CANTIDAD |
|-----------------|--------------------------------|----------------|----------|
| 1               | Cartela1                       | ASTM A36 Acero | 1        |
| 2               | Cartela2                       | ASTM A36 Acero | 1        |
| 3               | Cuerpo principal               | ASTM A36 Acero | 1        |
| 4               | Aleta de articulación inferior | ASTM A36 Acero | 1        |
| 5               | Aleta de articulación superior | ASTM A36 Acero | 1        |
| 6               | Buje roscado M18 x1.5          | ASTM A36 Acero | 1        |

- ANOTACIONES DE PROCEDIMIENTO
- para mayor precisión en los cortes realizar en plasma.
  - la especificación de cantidad hacen referencia a un portamasas. recuerdo fabricar dos, uno derecho y otro izquierdo.
  - Antes de soldar verifique las dimensiones y sentido de cada portamasas. a derecha y a izquierda
  - Realizar el proceso de roscado con machuelo en la pieza 6 despues de soldar al conjunto

| REVISIONES |      |             |       |          |
|------------|------|-------------|-------|----------|
| ZONA       | REV. | DESCRIPCIÓN | FECHA | APROBADO |
| -          | -    | -           | -     | -        |

| PROCESO APLICADO DE SOLDADURA: |          |  |
|--------------------------------|----------|--|
| ISO 4063                       | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
| 111                            | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135                            | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136                            | FCAW-G   | soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141                            | GTAW     | soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

**EVALUACIÓN Y CONTROL:**  
AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural

**OBSERVACIONES:**

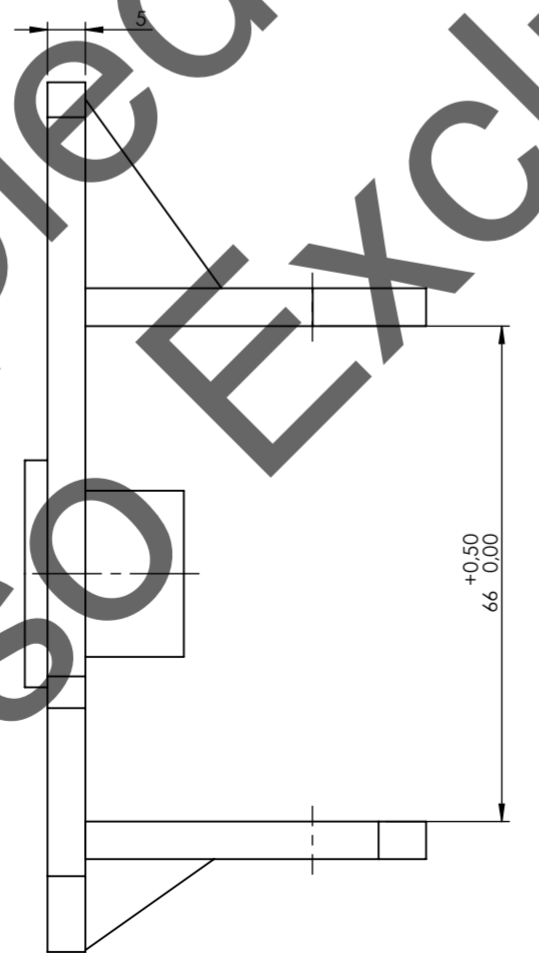
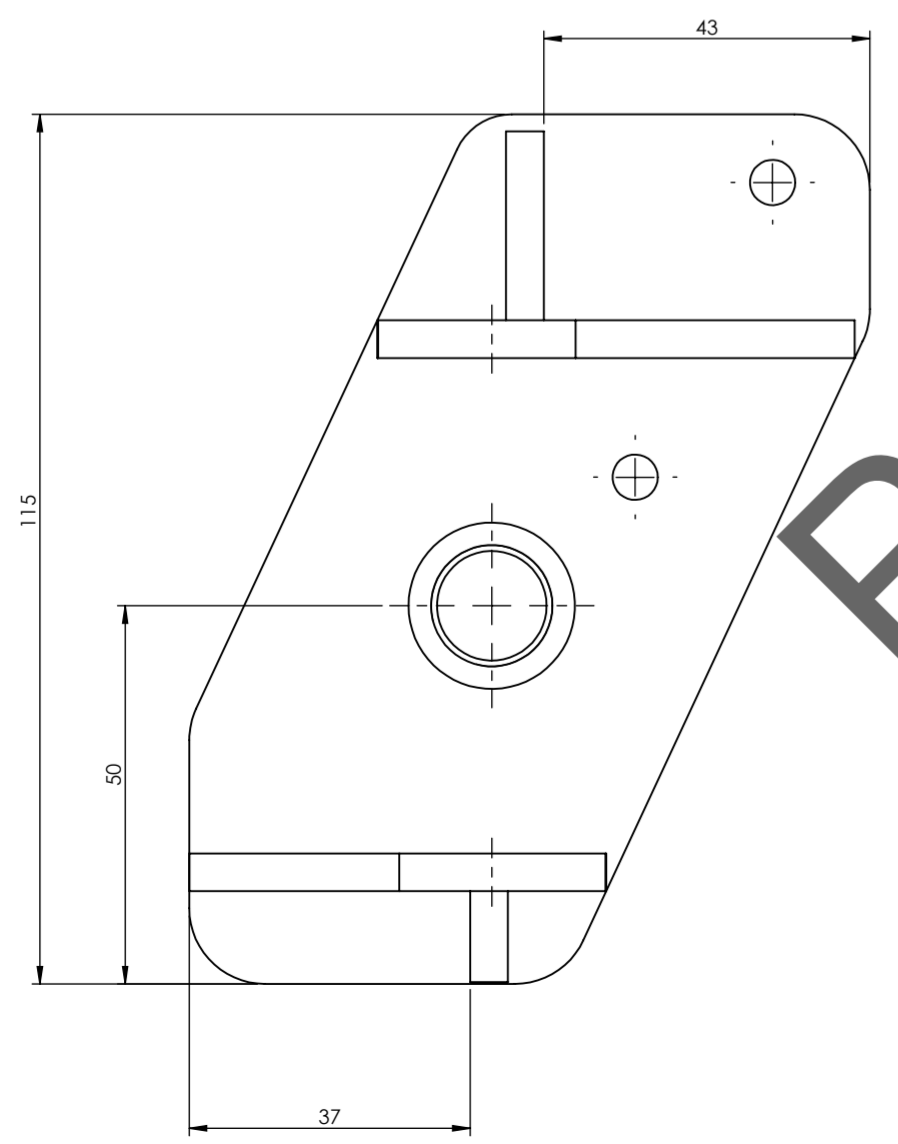
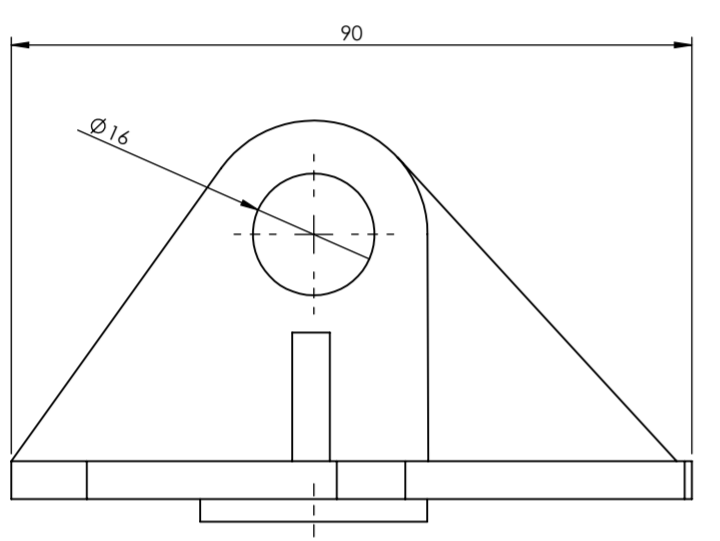
**ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**  
CICLO: INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1  
PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA

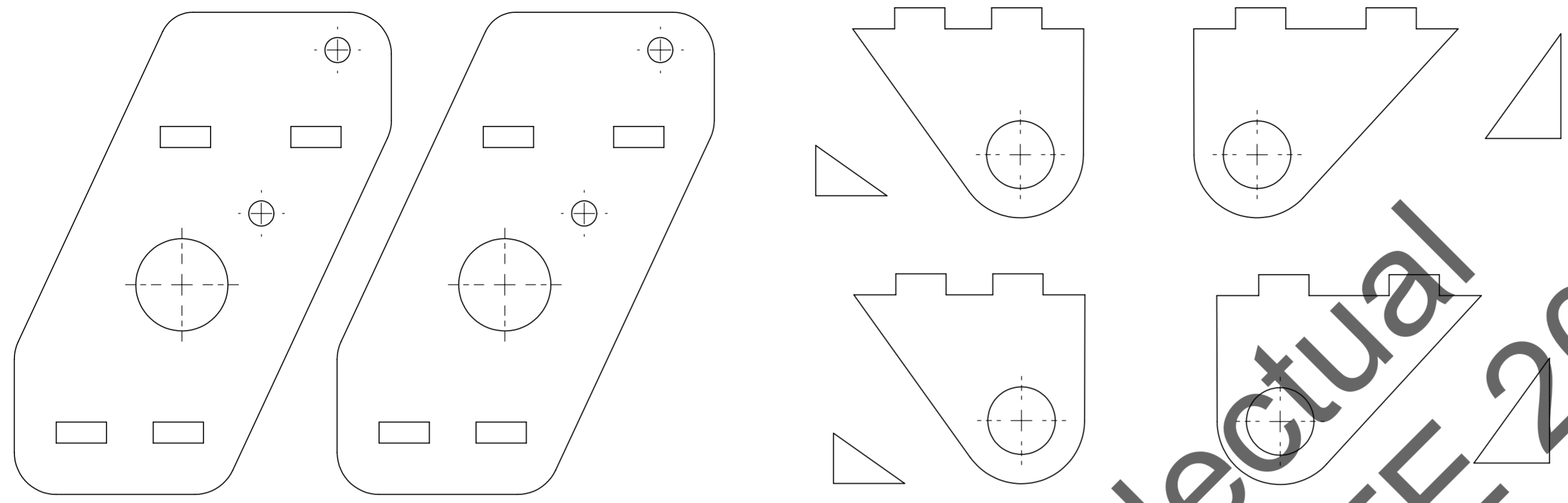
|                                  |                          |  |
|----------------------------------|--------------------------|--|
| DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.) | NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO | <b>REFERENTE TÉCNICO:</b><br>AWS - A30<br>ISO 4063<br>NTC 2329<br>"representación de datos numéricos y datos de soldadura" |
|                                  |                          | <b>TOLERANCIAS GENERALES:</b><br>AWS- D1.1 - 2020  |

|                                       |                          |  |
|---------------------------------------|--------------------------|--|
| <b>DIBUJÓ:</b><br>OSCAR FELIPE CHAVES | <b>FECHA:</b> 01/02/2024 | <b>REVISÓ:</b><br><b>REV1:</b> HUGO RINCÓN<br><b>REV2:</b> EDUARD PINTO<br><b>REV3:</b> JOHAN PEÑA |
|---------------------------------------|--------------------------|--|

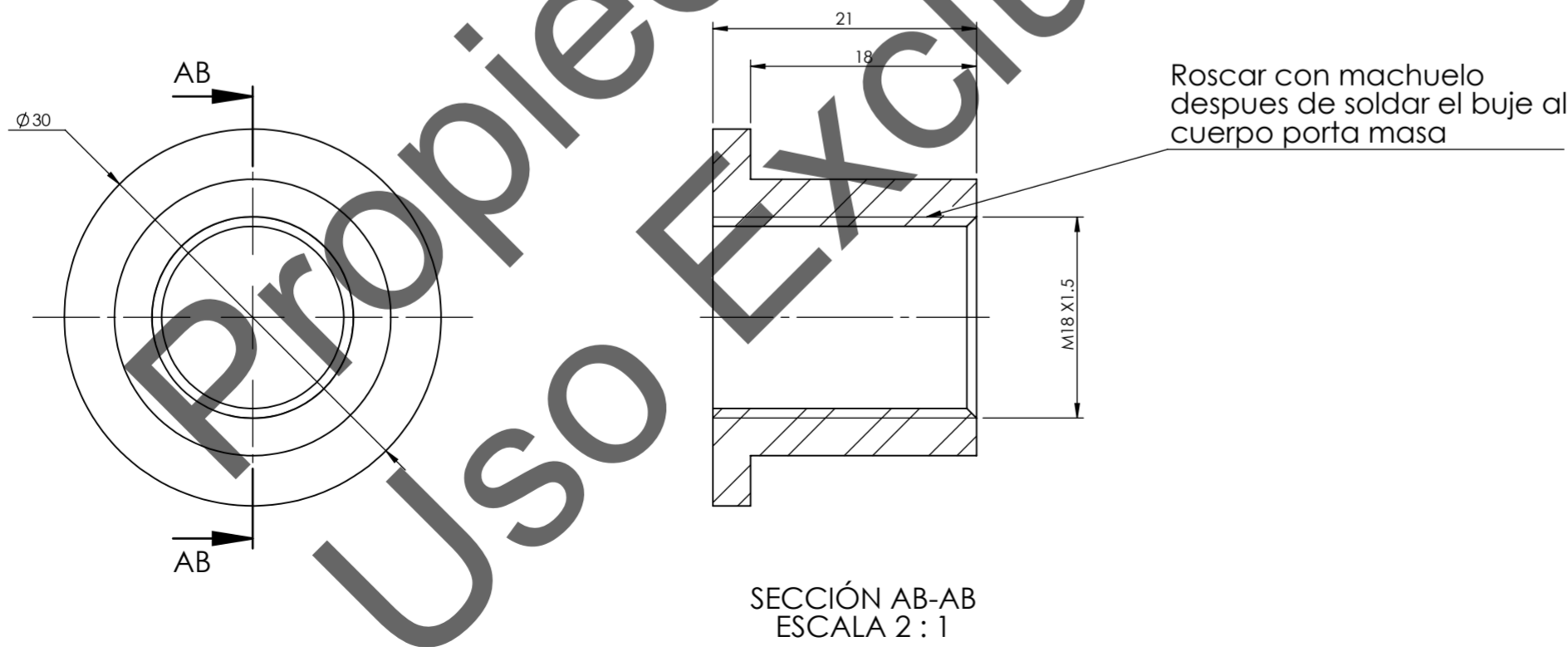
**DESCRIPCIÓN DE PIEZA:** Sistema-portamasas

|                                   |                |               |
|-----------------------------------|----------------|---------------|
| <b>APROBADO PARA FABRICACIÓN:</b> | <b>NOMBRE:</b> | <b>CARGO:</b> |
|-----------------------------------|----------------|---------------|





Espacio para corte con plasma- Escala 1:1



SECCIÓN AB-AB  
ESCALA 2 : 1

ANOTACIONES DE PROCEDIMIENTO

| PROCESO APLICADO DE SOLDADURA: |          |  |
|--------------------------------|----------|--|
| ISO 4063                       | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
| 111                            | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135                            | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136                            | FCAW-G   | soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141                            | GTAW     | soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

**EVALUACIÓN Y CONTROL:**  
AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural

**OBSERVACIONES:**

**ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**  
CICLO: INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1  
PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA

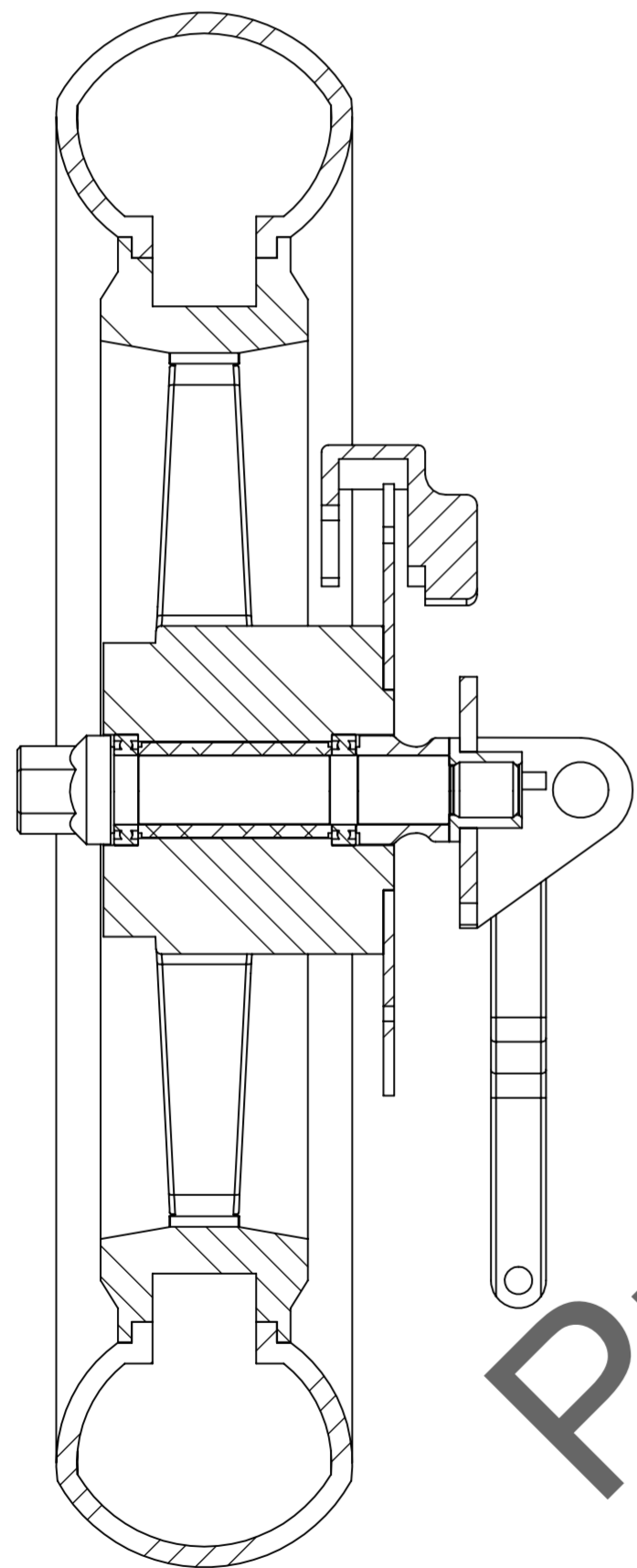
|                                  |                          |  |
|----------------------------------|--------------------------|--|
| DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.) | NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO | <b>REFERENTE TÉCNICO:</b><br>AWS - A30<br>ISO 4063<br>NTC 2329<br>"representación de datos numéricos y datos de soldadura" |
|                                  |                          | <b>TOLERANCIAS GENERALES:</b><br>AWS- D1.1 - 2020  |

|                                       |                          |   |
|---------------------------------------|--------------------------|---|
| <b>DIBUJÓ:</b><br>OSCAR FELIPE CHAVES | <b>FECHA:</b> 01/02/2024 | <b>REVISÓ:</b><br>REV1: HUGO RINCÓN<br>REV2: EDUARD PINTO<br>REV3: JOHAN PEÑA |
|---------------------------------------|--------------------------|---|

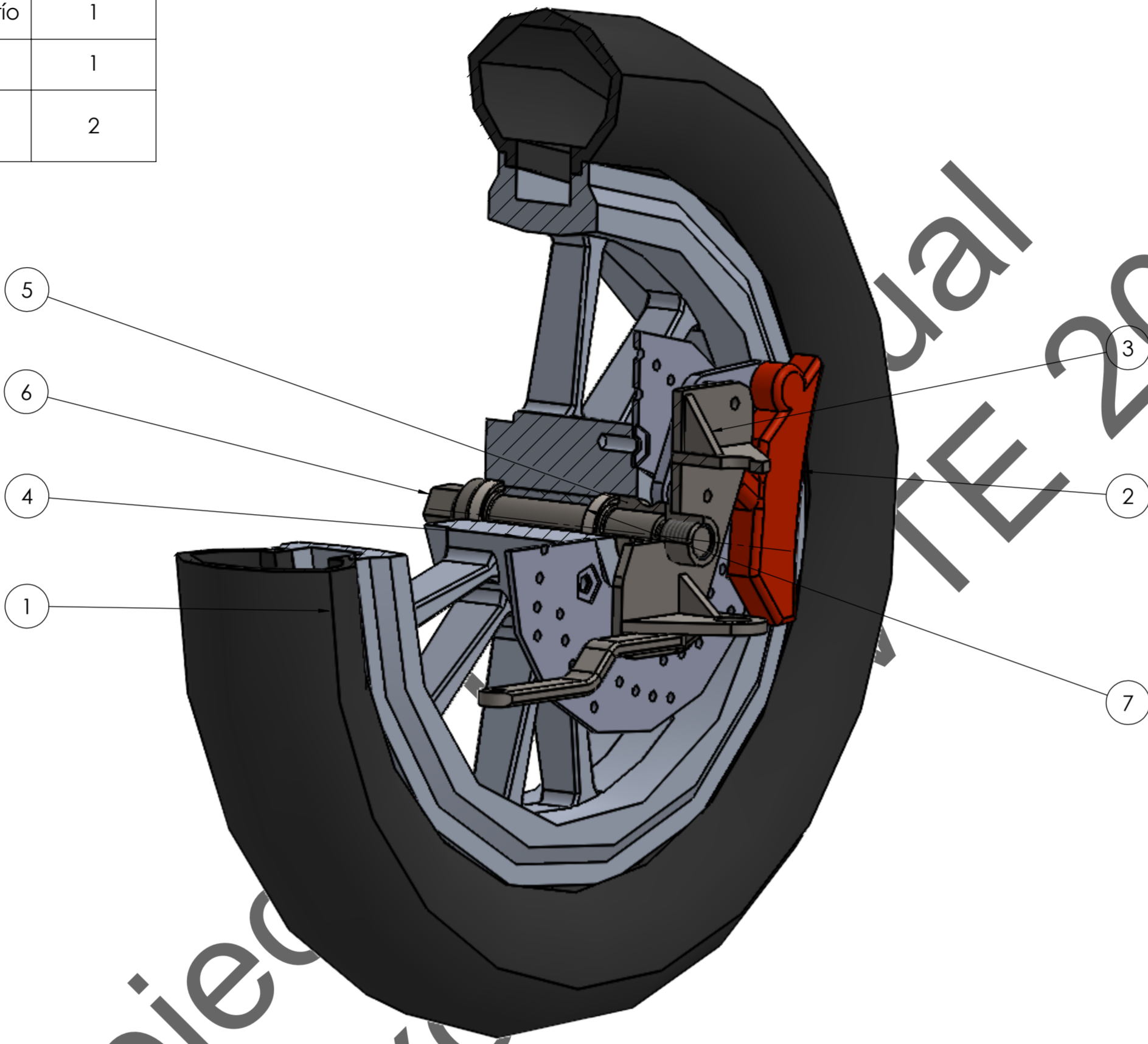
**DESCRIPCIÓN DE PIEZA:** Portamasa- corte

|                            |                     |           |
|----------------------------|---------------------|-----------|
| APROBADO PARA FABRICACIÓN: | NOMBRE:             | CARGO:    |
| <b>ESCALA: 1:1</b>         | <b>Hoja: 16de18</b> | <b>A2</b> |

| N.º DE ELEMENTO | N.º DE PIEZA                              | DESCRIPCIÓN                      | CANTIDAD |
|-----------------|---|----------------------------------|----------|
| 1               | Rueda- Motor                              | Conjunto rueda                   | 1        |
| 2               | Soporte_caliper                           | Caliper Delantero                | 1        |
| 3               | Porta_masa_V3                             | ASTM A36 Acero                   | 1        |
| 4               | Separador_interno_rueda                   | 1060-H12                         | 1        |
| 5               | Separador_Rueda_porta_masa                | AISI 1045 Acero estirado en frío | 1        |
| 6               | Eje_rueda_delantera_1                     | AISI 4340 Acero recocido         | 1        |
| 7               | AFBMA 12.1.4.1 - 0200-32 - 18.SI,NC,18_68 |                                  | 2        |



DETALLE DE ENSAMBLAJE  
ESCALA 1:2



SECCIÓN AL-AL  
ESCALA 1 : 2

ANOTACIONES DE PROCEDIMIENTO

PROCESO APLICADO DE SOLDADURA:

| ISO 4063 | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
|----------|----------|--|
| 111      | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135      | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136      | FCAW-G   | soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141      | GTAW     | soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

EVALUACIÓN Y CONTROL:

AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural

OBSERVACIONES:

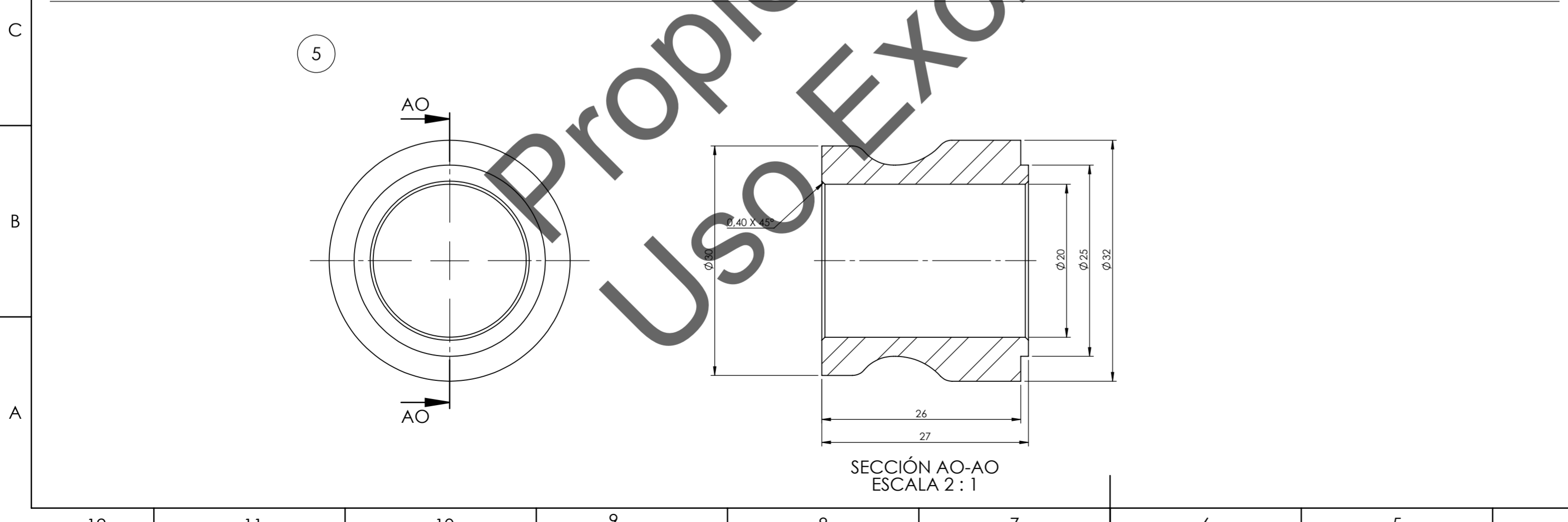
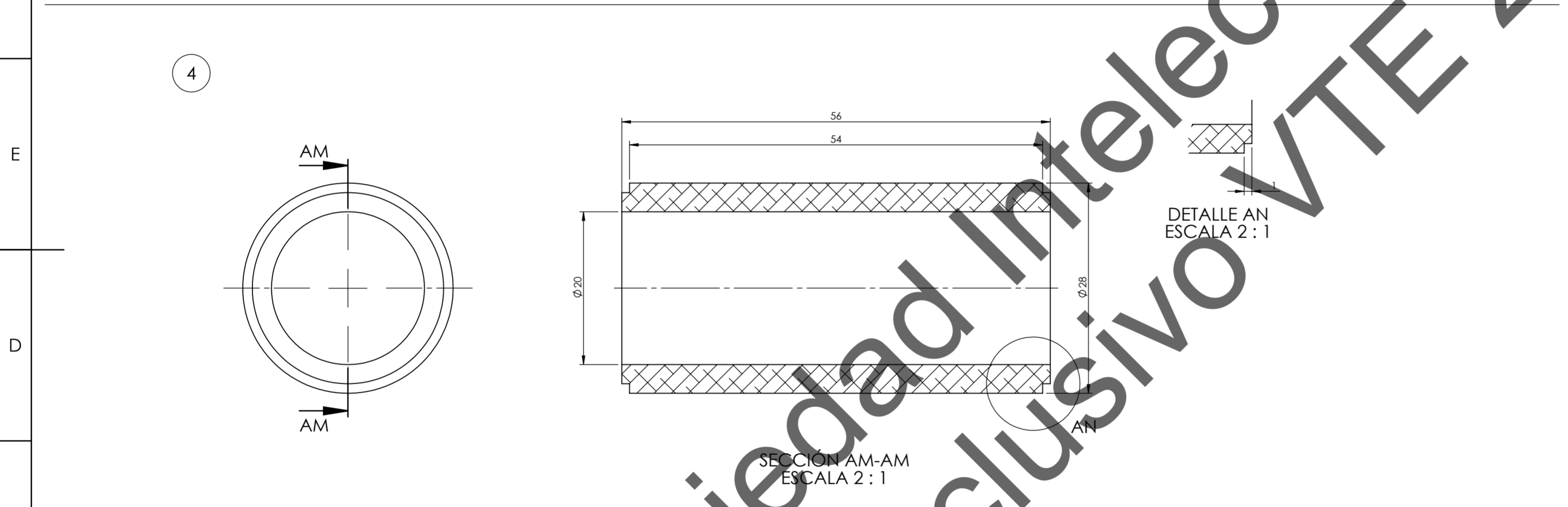
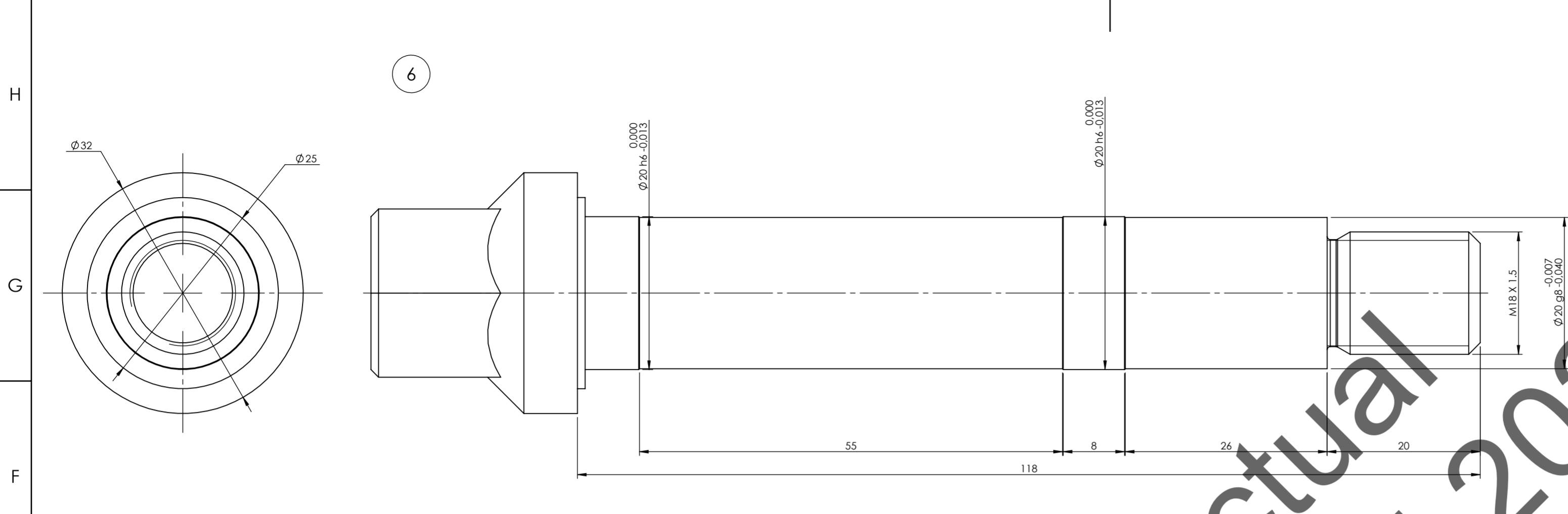
**ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**  
**CICLO: INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1**  
**PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA**

|                                  |                          |  |
|----------------------------------|--------------------------|--|
| DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.) | NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO | <b>REFERENTE TÉCNICO:</b><br>AWS - A30<br>ISO 4063<br>NTC 2329<br>"representación de datos numéricos y datos de soldadura" |
|                                  |                          | <b>TOLERANCIAS GENERALES:</b><br>AWS- D1.1 - 2020  |

|  |                          |                           |
|--|--------------------------|---------------------------|
| <b>DIBUJÓ:</b> OSCAR FELIPE CHAVES                   | <b>FECHA:</b> 01/02/2024 | <b>REVISÓ:</b>            |
| <b>PROYECTO:</b> VEHÍCULO TRACCIÓN ELÉCTRICA -CHASIS | <b>REV1:</b> HUGO RINCÓN | <b>REV2:</b> EDUARD PINTO |
|  | <b>REV3:</b> JOHAN PEÑA  |                           |

**DESCRIPCIÓN DE PIEZA:** Eje de rueda

|                            |                     |               |
|----------------------------|---------------------|---------------|
| APROBADO PARA FABRICACIÓN: | <b>NOMBRE:</b>      | <b>CARGO:</b> |
| <b>ESCALA: 1:1</b>         | <b>Hoja: 17de18</b> | <b>A2</b>     |



ANOTACIONES DE PROCEDIMIENTO

| PROCESO APLICADO DE SOLDADURA: |          |  |
|--------------------------------|----------|--|
| ISO 4063                       | AWS A3.0 | DESCRIPCIÓN  |
| 111                            | SMAW     | Soldadura por arco con electrodo revestido                                   |
| 135                            | GMAW     | Soldadura por arco en cortocircuito con electrodo de metal protegido con gas |
| 136                            | FCAW-G   | soldadura por arco con electrodo de núcleo fundente y protección gaseosa     |
| 141                            | GTAW     | soldadura por arco con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa        |

EVALUACIÓN Y CONTROL:

AWS D1.1/D1.1 M: 2020 - Código de soldadura estructural

**OBSERVACIONES:**

**ESCUELA TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL**  
CICLO: INGENIERÍA - UNDÉCIMO SEMESTRE- 2023-1  
PROGRAMA: INGENIERÍA MECÁNICA

|                                  |                          |  |
|----------------------------------|--------------------------|--|
| DIMENSIONES EN MILIMETROS (S.I.) | NO MEDIR SOBRE EL DIBUJO | <b>REFERENTE TÉCNICO:</b><br>AWS - A30<br>ISO 4063<br>NTC 2329<br>"representación de datos numéricos y datos de soldadura" |
|                                  |                          | <b>TOLERANCIAS GENERALES:</b><br>AWS- D1.1 - 2020  |

|   |                          |   |
|---|--------------------------|---|
| <b>DIBUJÓ:</b><br>OSCAR FELIPE CHAVES                   | <b>FECHA:</b> 01/02/2024 | <b>REVISÓ:</b><br>REV1: HUGO RINCÓN<br>REV2: EDUARD PINTO<br>REV3: JOHAN PEÑA |
| <b>PROYECTO:</b><br>VEHÍCULO TRACCIÓN ELÉCTRICA -CHASIS |                          | <b>DESCRIPCIÓN DE PIEZA:</b> Conjunto Eje                                     |
| <b>APROBADO PARA FABRICACIÓN:</b>                       | <b>NOMBRE:</b>           | <b>CARGO:</b>   |
| <b>ESCALA:</b> 1:1                                      | <b>Hoja:</b> 18de18      | <b>A2</b>   |





| <b>LABOR</b>                | <b>\$ HORA</b> | <b>CENTRO COSTO</b>                     |
|-----------------------------|----------------|---|
| <b>DISEÑO</b>               | \$ 45.000      | CENTRO DISEÑO                           |
| <b>PROGRAMACION</b>         | \$ 35.000      | CENTRO PRO/MACION                       |
|                             | \$ 40.000      | CENTRO PRO/MACION 4TO EJE               |
| <b>FRESADO</b>              | \$ 25.000      | CENTRO FRESADORA                        |
|                             | \$ 20.000      | CENTRO TALADRO FRESADOR                 |
|                             | \$ 16.000      | CENTRO TALADRO ARBOL                    |
|                             | \$ 32.000      | CENTRO TORNO PARALELO                   |
| <b>TORNO</b>                | \$ 65.000      | CENTRO TORNO CNC                        |
|                             | \$ 22.000      | CENTRO RECTIFICA MANUAL                 |
| <b>RECTIFICADO</b>          | \$ 25.000      | CENTRO RECTIFICA AUTOMA                 |
|                             | \$ 125.000     | CENTRO MECA/DO 3 EJES                   |
| <b>CENTRO DE MECANIZADO</b> | \$ 160.000     | CENTRO MECA/DO 3 EJES (MAYOR RECORRIDO) |
|                             | \$ 110.000     | CENTRO MECA/DO 4 EJES                   |
|                             | \$ 135.000     | CENTRO HILO                             |
| <b>HILO</b>                 | \$ 135.000     | CENTRO HILO                             |
| <b>SOLDADURA</b>            | \$ 60.000      | CENTRO SOLDADURA GMAW                   |
|                             | \$ 80.000      | CENTRO SOLDADURA MIG - MAG - TIG        |
| <b>OTROS</b>                | \$ 9.000       | CENTRO PRENSA HIDRAULICA                |
|                             | \$ 20.000      | CENTRO SEGUETA MECANICA                 |
|                             | \$ 8.500       | CENTRO TALADRO MAGNETICO                |
|                             | \$ 40.000      | CENTRO ROLADO                           |
|                             | \$ 25.000      | CENTRO PULIDO                           |
|                             | \$ 6.000       | CENTRO PRENSA DE BANCO                  |
|                             | \$ 120.000     | CENTRO CORTE LASER                      |
|                             | \$ 45.000      | CENTRO CONFORMADO                       |
|                             | \$ 35.000      | CENTRO EROSION PENETRACION              |
|                             | \$ 35.000      | CENTRO ENSAMBLE                         |
| <b>ENSAMBLE</b>             | \$ 35.000      | CENTRO ENSAMBLE                         |

| <b>Tiempos de trabajo</b> |          |
|---------------------------|----------|
| Min                       | equivale |
| 60                        | 1,00     |
| 55                        | 0,92     |
| 50                        | 0,83     |
| 45                        | 0,75     |
| 40                        | 0,67     |
| 35                        | 0,58     |
| 30                        | 0,50     |
| 25                        | 0,42     |
| 20                        | 0,33     |
| 15                        | 0,25     |
| 10                        | 0,17     |
| 5                         | 0,08     |



| CONCATENAR                | PROVEEDOR | NORMA AISI | PROVEEDOR            | MATERIAL      | DENSIDAD  | CUBO (\$ Kg) | REDONDO (\$ Kg) | BARRA PERF (\$ Kg) |
|---------------------------|-----------|------------|----------------------|---------------|-----------|--------------|-----------------|--------------------|
| ESTRUCTURAL Ø 3/4 ESP 1,5 | ALZ       | A500       | ALUAZ                | ACERO CARBONO | 0,0000078 | N.A.         | N.A.            | \$ 9.052,94        |
| AGUA NEGRA Ø 3/4 ESP 1,5  | ALZ       | A500       | ALUAZ                | ACERO CARBONO | 0,0000078 | N.A.         | N.A.            | \$ 9.847,06        |
| AGUA NEGRA Ø 3/4 ESP 1,5  | AGF       | A500       | AGOFER               | ACERO CARBONO | 0,0000078 | N.A.         | N.A.            | \$ 10.641,18       |
| AGUA NEGRA Ø 3/4 ESP 2,0  | AGF       | A500       | AGOFER               | ACERO CARBONO | 0,0000078 | N.A.         | N.A.            | \$ 11.276,47       |
| AGUA NEGRA Ø 3/4 ESP 1,5  | SOL       | A500       | SOLUCIONES FERRETERA | ACERO CARBONO | 0,0000078 | N.A.         | N.A.            | \$ 11.125,59       |
| AGUA NEGRA Ø 3/4 ESP 2,0  | SOL       | A500       | SOLUCIONES FERRETERA | ACERO CARBONO | 0,0000078 | N.A.         | N.A.            | \$ 11.713,24       |
| AGUA NEGRA Ø 3/4 ESP 1,5  | ROC       | A500       | LA ROCA              | ACERO CARBONO | 0,0000078 | N.A.         | N.A.            | \$ 10.831,76       |
| AGUA NEGRA Ø 3/4 ESP 0,8  | BBS       | A500       | BARBOSA              | ACERO CARBONO | 0,0000078 | N.A.         | N.A.            | \$ 11.673,53       |
| AGUA NEGRA Ø 3/4 ESP 0,59 | PER       | A500       | PERFIMETALES         | ACERO CARBONO | 0,0000078 | N.A.         | N.A.            | \$ 10.919,12       |
| AGUA NEGRA Ø 3/4 ESP 0,8  | PER       | A500       | PERFIMETALES         | ACERO CARBONO | 0,0000078 | N.A.         | N.A.            | \$ 11.633,82       |
| LAMINA HR 5MM             | BBS       | HR         | BARBOSA              | ACERO CARBONO | 1,0000078 | 9000         | N.A.            | N.A.               |

| FOMAS Y ACCESORIOS | SIMBOLO |
|--------------------|---------|
| CUBO               | CUB     |
| REDONDO            | RED     |
| TORNILLO           | TOR     |
| RODAMIENTO         | ROD     |
| OTRO               | OTR     |

Cotizaciones realizadas entre Mayo y Agosto del 2023

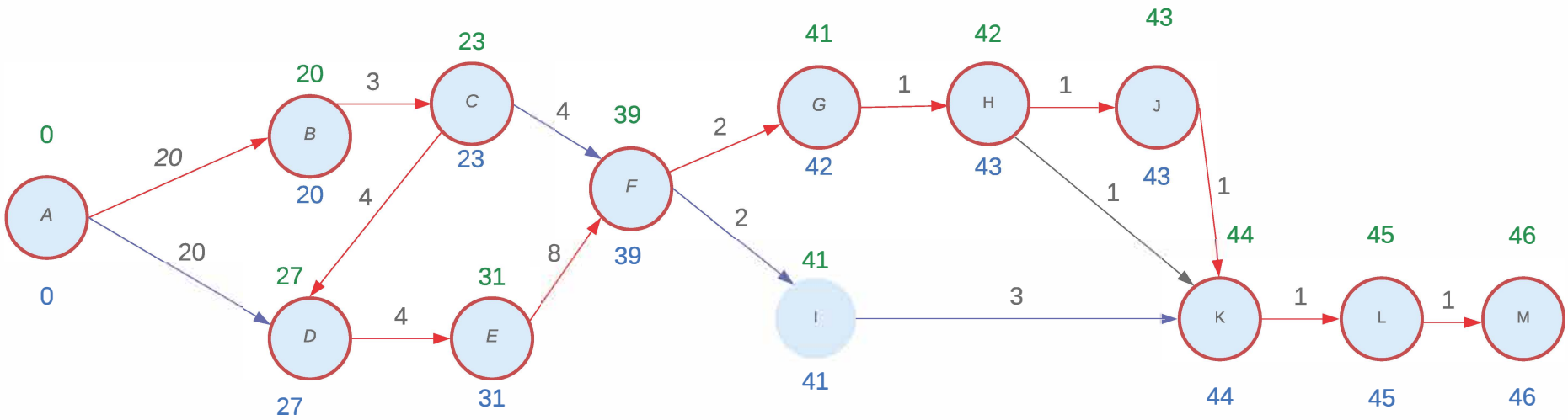
| PROVEEDOR             | SIGLA |
|-----------------------|-------|
| AXXECOL               | AXX   |
| BOHLER                | BOH   |
| C.G.A                 | CGA   |
| REYCLO                | REY   |
| PROMECOL              | PRO   |
| DIMETALES             | DIM   |
| METAVAL               | MET   |
| FUND CALDERON         | FCA   |
| MUNDIAL               | MAL   |
| ALUAZ                 | ALZ   |
| AGOFER                | AGF   |
| LA ROCA               | ROC   |
| BARBOSA               | BBS   |
| PERFIMETALES          | PER   |
| SOLUCIONES FERRETERAS | SOL   |




| DIAGRAMA PERT - RUTA CRÍTICA |           |   |               |                       |
|------------------------------|-----------|---|---------------|-----------------------|
| PROYECTO:                    |           | CHASIS , SUSPENSIÓN Y DIRECCIÓN   |               | Actividad predecesora |
| ITEM                         | ACTIVIDAD | DESCRIPCIÓN   | Tiempo [días] |                       |
| 1                            | A         | Elaborar diseño 3D basado en las necesidades iniciales  | 20            | --                    |
| 2                            | B         | Revisar y modificar modelos 3D  | 3             | A                     |
| 3                            | C         | Elaborar planos de fabricación  | 4             | B                     |
| 4                            | D         | Elaborar presupuesto para la asignación de recursos   | 4             | A-C                   |
| 5                            | E         | Evaluar, Aprobar y asignar los recursos   | 8             | D                     |
| 6                            | F         | Ejecutar proceso de compra de materiales e insumos y mano de obra                                 | 2             | C-E                   |
| 7                            | G         | Doblar y cortar tubería para chasis acorde a planos   | 1             | F                     |
| 8                            | H         | Soldar tubería de chasis, suspensión y conexiones según especificaciones del plano                | 1             | G                     |
| 9                            | I         | Fabricar volante 4  | 3             | F                     |
| 10                           | J         | Elaborar control de calidad de los procesos de soldadura de acuerdo a especificaciones de calidad | 1             | H                     |
| 11                           | K         | Pintar según especificaciones de producto   | 1             | H-I-J                 |
| 12                           | L         | Ensamblar chasis, suspensión y dirección  | 1             | K                     |
| 13                           | M         | Entregar chasis, suspensión y dirección ensamblados   | 1             | L                     |


# Diagrama PERT- Chasis - Suspensión - Dirección)

Septiembre 2023



**Datos:**

Método de la ruta crítica 

Unidades  Días

Elaborado por Oscar Chaves  
Revisado por Johan Peña