



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO  
HÍBRIDO ECOLÓGICO PARA MOVILIDAD URBANA EN LA  
CIUDAD DE RIOBAMBA MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE  
CAD, CAM, CAE**

**Trabajo de titulación:**

Tipo: Propuesta tecnológica.

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:**

LUIS CARLOS MOLINA VALLEJO

SANTIAGO FEDERICO VALENCIA PAZOS

**DIRECTOR:** ING. CELIN ABAD PADILLA PADILLA

Riobamba – Ecuador

2020

**©2019, LUIS CARLOS MOLINA VALLEJO. & SANTIAGO FEDERICO VALENCIA  
PAZOS**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, **LUIS CARLOS MOLINA VALLEJO Y SANTIAGO FEDERICO VALENCIA PAZOS**, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.  
Riobamba, 16 de enero de 2020



---

**LUIS CARLOS MOLINA VALLEJO**  
172471625-1

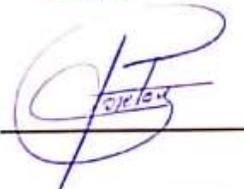


---

**SANTIAGO FEDERICO VALENCIA PAZOS**  
175142239-3

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Propuesta tecnológica, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO HÍBRIDO ECOLÓGICO PARA MOVILIDAD URBANA EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE CAD, CAM, CAE**, realizado por el señor **LUIS CARLOS MOLINA VALLEJO; & SANTIAGO FEDERICO VALENCIA PAZOS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
<b>Ing. José Francisco Pérez Fiallos</b> <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		(2020-01-27)
<b>Ing. Celin Abad Padilla Padilla</b> <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		(2020-01-27)
<b>Dra. Olga Beatriz Barrera Cárdenas</b> <b>MIEMBRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		(2020-01-27)

## **DEDICATORIA**

Esta tesis va dedicada a todo mi núcleo familiar quienes me supieron apoyar en todo momento para cumplir con esta meta gracias a mis padres por el apoyo brindado a pesar de las dificultades que se presentaron en el camino siempre buscaron la forma de ayudarme a cumplir este sueño.

Con amor para mis padres, abuelos, tíos, hermanas, hermano a mi enamorada y su familia que en todo momento me dieron su apoyo.

**Luis Molina**

Mi tesis va dedicada con todo amor y cariño a mis padres Federico Valencia y Narcisa Pazos, que me apoyaron incondicionalmente, brindándome consejos, comprensión y cariño, aun cuando cometí varios errores dentro del transcurso del camino hacia esta meta, gracias por estar siempre conmigo cuando los necesito.

A mi esposa Erica Llerena y a mi hijo Dominick Valencia por ser ese motivo para siempre seguir adelante sin rendirme y dar lo mejor de mí.

A mis tíos Ignacio Pazos y Lucia Pazos por su apoyo incondicional y sus sabios consejos que lograron motivarme en esos momentos de fragilidad.

**Santiago Valencia**

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, gracias a Dios por esta oportunidad que tuve de seguir con mis estudios por las enseñanzas que tuve en el transcurso de esta etapa de mi vida por los errores cometidos ya que me hicieron más fuerte.

Gracias a mis padres porque a pesar de los pocos recursos sacan adelante a sus hijos dándoles lo mejor, a mis abuelos infinitas gracias por el apoyo que nos brindan a toda la familia sin ellos esto no hubiera sido posible.

Gracias a todos los que conforman mi núcleo familiar por sus consejos por sus palabras de aliento, a mi enamorada por estar siempre pendiente de mí.

Gracias a mis amigos que de alguna manera ayudaron en la culminación de este sueño, a los docentes que pusieron su confianza en este proyecto Ing. Bolívar Cuaical, Ing. Celin Padilla, Ing. Luis Buenaño. A la final puedo decir que por todo lo que se ha pasado se los considera como amigos.

**Luis Molina**

Agradezco a Dios por dejarme vivir este momento junto a mis seres queridos y darme a unos padres estupendos, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme acogido y permitido formarme como profesional en lo me apasiona. a mis abuelos José Pazos y Marina Meneses que con sus enseñanzas desde pequeño supieron inculcarme el trabajo duro y seguir siempre adelante, a mis amigos que me brindaron su apoyo durante este largo camino universitario y con gran estima a los amigos docentes que formaron parte de la elaboración de este proyecto que sin ellos nada de esto hubiera sido posible Ing. Bolívar Cuaical, Ing. Luis Buenaño, Ing. Celin Padilla. Dra. Olga Barrera

Mis más sinceros agradecimientos a todos por ayudarme a alcanzar esta meta.

**Santiago Valencia**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT .....	xix
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema. ....	2
1.3. Metodología. ....	3
1.3.1. <i>Diseño metodológico.</i> .....	3
1.3.2. <i>Procedimiento de diseño para la construcción de prototipo de vehículo.</i> .....	5
1.3.3. <i>Análisis del reglamento de la carrera solar atacama 2020.</i> ....	5
1.3.4. <i>Determinar los parámetros que debe cumplir el prototipo.</i> .....	5
1.3.5. <i>Diseño del prototipo.</i> .....	5
1.3.6. <i>Determinar los elementos de construcción.</i> .....	6
1.3.7. <i>Pruebas y comprobaciones.</i> .....	6
1.4. Justificación de proyecto. ....	6
1.5. Objetivo general.....	7

1.5.1.	<i>Objetivos específicos.</i>	7
1.6.	<b>Alcance.</b>	7

## CAPITULO II

2.	<b>MARCO TEÓRICO</b>	8
2.1.	<b>Vehículo.</b>	8
2.1.1.	<i>Bicicleta.</i>	8
2.1.2.	<i>Vehículos eléctricos.</i>	9
2.1.3.	<i>Vehículos híbridos.</i>	9
2.2.	<b>Tubos estructurales de acero.</b>	9
2.3.	<b>Tubos mecánicos.</b>	10
2.4.	<b>Tubos estructurales vs tubos mecánicos.</b>	10
2.5.	<b>Pernos.</b>	11
2.6.	<b>Carrocería.</b>	11
2.6.1.	<i>Tipos de carrocerías de chasis independiente.</i>	12
2.8.	<b>Suspensión independiente.</b>	14
2.9.	<b>Dirección.</b>	17
2.9.1.	<i>Geometría de las ruedas de un vehículo.</i>	18
2.10.	<b>Sistema de frenos.</b>	24
2.10.1.	<i>Frenos de disco.</i>	26
2.10.2.	<i>Pastillas de freno.</i>	27
2.11.	<b>Corriente eléctrica.</b>	28
2.12.	<b>Motor eléctrico.</b>	30
2.13.	<b>Baterías-</b>	31

## CAPITULO III

<b>3.</b>	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS.</b>	<b>35</b>
<b>3.1.</b>	<b>Consideraciones técnicas para el diseño.</b>	<b>35</b>
<b>3.1.1.</b>	<i>Dimensiones.</i>	<b>35</b>
<b>3.1.2.</b>	<b>Seguridad.</b>	<b>36</b>
<b>3.1.3.</b>	<b>Componentes obligatorios.</b>	<b>36</b>
<b>3.2.</b>	<b>Modelado en software CAD.</b>	<b>37</b>
<b>3.2.1.</b>	<i>Cálculo de factor de seguridad.</i>	<b>38</b>
<b>3.3.</b>	<b>Cálculos dirección.</b>	<b>40</b>
<b>3.3.1.</b>	<i>Par necesaria para girar el manubrio</i>	<b>40</b>
<b>3.3.2.</b>	<i>Radio de giro.</i>	<b>41</b>
<b>3.4.</b>	<b>Cálculos de transmisión.</b>	<b>41</b>
<b>3.5.</b>	<b>Cálculos de motor.</b>	<b>43</b>
<b>3.6.</b>	<b>Cálculos de frenos.</b>	<b>51</b>
<b>3.7.</b>	<b>Construcción de la carrocería.</b>	<b>52</b>
<b>3.7.1.</b>	<i>Soldadura.</i>	<b>52</b>
<b>3.7.2.</b>	<i>Equipos de protección personal.</i>	<b>53</b>
<b>3.7.3.</b>	<i>Chasis.</i>	<b>53</b>
<b>3.8.</b>	<b>Suspensión.</b>	<b>55</b>
<b>3.8.1.</b>	<i>Suspensión delantera.</i>	<b>55</b>
<b>3.8.2.</b>	<i>Suspensión posterior.</i>	<b>56</b>
<b>3.9.</b>	<b>Sistema de dirección.</b>	<b>57</b>
<b>3.10.</b>	<b>Sistema de frenos.</b>	<b>58</b>
<b>3.11.</b>	<b>Llantas.</b>	<b>59</b>
<b>3.12.</b>	<b>Interiores.</b>	<b>60</b>

<b>3.13.</b>	<b>Acabados.....</b>	<b>61</b>
<b>3.14.</b>	<b>Sistema de propulsión mecánica.....</b>	<b>63</b>
<b>3.15.</b>	<b>Sistema de propulsión eléctrica. ....</b>	<b>67</b>
<b>3.15.1.</b>	<b><i>Componentes que conforman el sistema eléctrico. ....</i></b>	<b>67</b>
<b>3.16.</b>	<b>Sistema eléctrico de iluminación.....</b>	<b>72</b>
<b>3.17.</b>	<b>Pruebas estáticas del prototipo.....</b>	<b>74</b>
<b>3.18.</b>	<b>Presupuesto.....</b>	<b>75</b>

#### **CAPITULO IV**

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>77</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>92</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>93</b>

#### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Modalidad de investigación.....	4
<b>Tabla 2-2:</b>	Tubos estructurales vs mecánicos.....	10
<b>Tabla 3-2:</b>	Dureza de pernos según la Society of Automotive Engineers.....	11
<b>Tabla 4-2:</b>	Selección de geometría.....	21
<b>Tabla 5-2:</b>	Medidas estándar de convergencia y divergencia .....	21
<b>Tabla 6-2:</b>	Ecuaciones que intervienen en el frenado. ....	25
<b>Tabla 11-2:</b>	Ventajas y desventajas de las baterías de Li-Po .....	31
<b>Tabla 8-2:</b>	Ventajas y desventajas de las baterías de níquel – cadmio.....	32
<b>Tabla 9-2:</b>	Ventajas y desventajas de las baterías de níquel - metal hidruro .....	32
<b>Tabla 12-2:</b>	Ventajas y desventajas de las baterías de LiFePO4.....	33
<b>Tabla 10-2:</b>	Ventajas y desventajas de las baterías de litio.....	34
<b>Tabla 7-2:</b>	Ventajas y desventajas de las baterías de plomo – ácido.....	34
<b>Tabla 13-3:</b>	Cálculo de perfiles.....	38
<b>Tabla 14-3:</b>	Fuerza de pilotos.....	40
<b>Tabla 15-3:</b>	Relación de transmisión .....	42
<b>Tabla 16-3:</b>	Resistencia a la rodadura a distintas velocidades. ....	43
<b>Tabla 17-3:</b>	Fuerza de empuje.....	45
<b>Tabla 18-3:</b>	Torques.....	46
<b>Tabla 19-3:</b>	Velocidades .....	46
<b>Tabla 20-3:</b>	Potencia .....	47
<b>Tabla 21-3:</b>	Coefficientes aerodinámicos calculados en software.....	48
<b>Tabla 22-3:</b>	Resistencia aerodinámica. ....	48
<b>Tabla 23-3:</b>	Potencia absorbida.....	49
<b>Tabla 24-3:</b>	Potencia estimada. ....	50
<b>Tabla 25-3:</b>	Potencia y torque estimados para el motor del prototipo. ....	50
<b>Tabla 26-3:</b>	Resultados de frenado según la velocidad.....	51
<b>Tabla 27-3:</b>	Resultado de frenado según la velocidad .....	52

<b>Tabla 28-3:</b>	Detalle de pruebas estáticas del prototipo. ....	74
<b>Tabla 29-3:</b>	Chasis. ....	75
<b>Tabla 30-3:</b>	Sistema eléctrico y electrónico.....	76
<b>Tabla 31-3:</b>	Gastos del vehículo.....	76
<b>Tabla 32-4:</b>	Dimensiones del vehículo híbrido. ....	77
<b>Tabla 33-4:</b>	Ruedas, carrera solar atacama. ....	77
<b>Tabla 34-4:</b>	Baterías permitidas según la carrera solar atacama .....	78
<b>Tabla 35-4:</b>	Habitáculo del ocupante. ....	78
<b>Tabla 36-4:</b>	Visión posterior .....	79
<b>Tabla 37-4:</b>	Estabilidad. ....	79
<b>Tabla 38-4:</b>	Frenos. ....	79
<b>Tabla 39-4:</b>	Luces. ....	80
<b>Tabla 40-4:</b>	Elemento sonoro de advertencia.....	80
<b>Tabla 41-4:</b>	Modo seguro eléctrico. ....	81
<b>Tabla 42-4:</b>	Vistas del prototipo.....	82
<b>Tabla 43-4:</b>	Propulsión mecánica 1 ocupante .....	85
<b>Tabla 44-4:</b>	Propulsión mecánica 2 ocupantes.....	86
<b>Tabla 45-4:</b>	Propulsión eléctrica 1 persona.....	87
<b>Tabla 46-4:</b>	Propulsión eléctrica 2 personas. ....	88
<b>Tabla 47-4:</b>	Autonomía 1 persona.....	89
<b>Tabla 48-4:</b>	Autonomía 2 persona.....	90
<b>Tabla 49-4:</b>	Consumo de la batería 1 ocupante.....	91
<b>Tabla 50-4:</b>	Consumo de la batería 2 ocupante.....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2.</b>	Bicicleta.....	8
<b>Figura 2-2.</b>	Chasis con mecánica. ....	12
<b>Figura 3-2.</b>	Chasis furgoneta.....	13
<b>Figura 4-2.</b>	Chasis tubular.....	13
<b>Figura 5-2.</b>	Esquema de una suspensión de eje oscilante.....	16
<b>Figura 6-2.</b>	Sistema de brazo arrastrado.....	15
<b>Figura 7-2.</b>	Esquema de un sistema de suspensión McPherson.....	15
<b>Figura 8-2.</b>	Suspensión de paralelogramo deformable.....	16
<b>Figura 9-2.</b>	Esquema de la relación de transmisión. ....	17
<b>Figura 10-2.</b>	Medida en grados. ....	19
<b>Figura 11-2.</b>	Convergencia.....	19
<b>Figura 12-2.</b>	Convergencia.....	20
<b>Figura 13-2.</b>	Divergencia. ....	20
<b>Figura 14-2.</b>	Ángulo de caída.....	22
<b>Figura 15-2.</b>	Ángulo de caída.....	22
<b>Figura 16-2.</b>	Ángulo de caída.....	23
<b>Figura 17-2.</b>	Ángulo de salida.....	23
<b>Figura 18-2.</b>	Ángulo de avance. ....	24
<b>Figura 19-2.</b>	Partes del disco de freno.....	27
<b>Figura 20-2.</b>	Voltaje alterna sinusoidal. ....	29
<b>Figura 21-2.</b>	Onda de corriente continua.....	28
<b>Figura 22-2.</b>	Motor brushless. ....	30
<b>Figura 23-3.</b>	Dimensiones del prototipo ....	35
<b>Figura 24-3.</b>	Prototipo vertical.....	37
<b>Figura 25-3.</b>	Prototipo horizontal.....	37
<b>Figura 26-3.</b>	Análisis estático ANSYS. ....	39
<b>Figura 27-3.</b>	Dinamómetro de fuerza.....	40
<b>Figura 28-3.</b>	Diagrama gráfico del radio de giro.....	41
<b>Figura 29-3.</b>	Partes de transmisión de movimiento por pedal.....	42
<b>Figura 30-3.</b>	Coefficiente de resistencia a la rodadura. ....	43

<b>Figura 31-3.</b>	Base.....	53
<b>Figura 32-3.</b>	Base.....	54
<b>Figura 33-3.</b>	Estructura final.....	54
<b>Figura 34-3.</b>	Mesas superior e inferior.....	55
<b>Figura 35-3.</b>	Suspensión delantera.....	55
<b>Figura 36-3.</b>	Mangueta.....	56
<b>Figura 37-3.</b>	Amortiguadores.....	56
<b>Figura 38-3.</b>	Base de rueda posterior.....	57
<b>Figura 39-3.</b>	Ángulo de giro del volante.....	57
<b>Figura 40-3.</b>	Brazos de dirección.....	58
<b>Figura 41-3.</b>	Freno principal.....	58
<b>Figura 42-3.</b>	Freno de mano.....	59
<b>Figura 43-3.</b>	Conexiones hidráulicas de frenos.....	59
<b>Figura 44-3.</b>	Llanta de bicicleta.....	60
<b>Figura 45-3.</b>	Llanta de motocicleta.....	60
<b>Figura 46-3.</b>	Asientos de auto.....	61
<b>Figura 47-3.</b>	Tablero del prototipo.....	61
<b>Figura 48-3.</b>	Soldadura de piezas.....	62
<b>Figura 49-3.</b>	Masillado de soldaduras.....	62
<b>Figura 50-3.</b>	Lijado del exceso de masilla.....	62
<b>Figura 51-3.</b>	Fondeado de piezas.....	63
<b>Figura 52-3.</b>	Pintado.....	63
<b>Figura 53-3.</b>	Pedales del prototipo.....	64
<b>Figura 54-3.</b>	Eje primario con racher.....	64
<b>Figura 55-3.</b>	Eje primario y secundario.....	65
<b>Figura 56-3.</b>	Diagrama de transmisión mecánica.....	66
<b>Figura 57-3.</b>	Esquema sistema eléctrico de propulsión.....	67
<b>Figura 58-3.</b>	Acelerador tipo hall.....	68
<b>Figura 59-3.</b>	Relé de potencia.....	68
<b>Figura 60-3.</b>	Controlador.....	69
<b>Figura 61-3.</b>	Motor brushless.....	70
<b>Figura 62-3.</b>	Batería de litio.....	70
<b>Figura 63-3.</b>	Esquema de propulsión eléctrica.....	71

<b>Figura 64-3.</b>	Iluminación posterior del prototipo.....	72
<b>Figura 65-3.</b>	Iluminación frontal del prototipo. ....	72
<b>Figura 66-3.</b>	Swich de seguridad.....	73
<b>Figura 67-4:</b>	Análisis estático de esfuerzo máximo.....	83
<b>Figura 68-4:</b>	Análisis estático de deformación .....	83
<b>Figura 69-4:</b>	Modelo 3D .....	84
<b>Figura 70-4:</b>	Prototipo de vehículo híbrido terminado .....	84

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Grafica 1-4:</b>	Propulsión mecánica 1 ocupante.....	85
<b>Grafica 2-4:</b>	Propulsión mecánica 2 ocupantes.....	86
<b>Grafica 3-4:</b>	Propulsión eléctrica 1 persona.....	87
<b>Grafica 4-4:</b>	Propulsión eléctrica 2 personas. ....	88
<b>Grafica 5-4:</b>	Autonomía 1 persona.....	89
<b>Grafica 6-4:</b>	Autonomía 2 personas .....	90

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A.** Catálogo DIPAC

**ANEXO B.** Manual de ensamblaje del bastidor.

**ANEXO C.** Planos Chasis.

## RESUMEN

Se desarrolló un prototipo de vehículo ecológico para movilidad urbana, basado en las normas de la carrera solar atacama 2020 en la categoría híbridos biplaza, para su inicio se realizó un diseño computarizado sometiendo a un análisis de cargas permitiendo conocer puntos de ruptura o esfuerzos puntuales para su corrección y construcción en tubo PVC en tamaño real para apreciar espacios y dimensiones finales, para así obtener planos para la construcción definitiva del prototipo. Se realizó una selección y análisis mediante software del material óptimo para la construcción del chasis entre los cuales se obtuvo como resultado: tubo estructural de 25.4mm y de 31.75 mm (1 in y de 1.25 in) con un espesor de 2mm, se seleccionó la suspensión y dirección de un cuadrón de 250cc debido a su sistema de amortiguación, para manguetas se seleccionó de un vehículo que pesa 864kg siendo adaptadas a la suspensión, al igual que llantas de motos las cuales fueron modificadas para una correcta sujeción en las manguetas brindando estabilidad al vehículo; Para la parte eléctrica se eligió un motor síncrono de 10 kW que entrega la fuerza necesaria para movilizar el prototipo. Se realizó pruebas de ruta para determinar el funcionamiento obteniendo como resultados que el vehículo es fácil de conducir y óptimo para ser usado en una zona urbana alcanzando velocidades promedio de 38.18 Km/h, con una autonomía de 30 Km siendo un vehículo que cumple con las especificaciones técnicas de la carrera solar Atacama 2020 categoría híbridos, para la manipulación del prototipo se recomienda tener conocimiento del riesgo eléctrico que implica la manipulación de componentes de alto voltaje.

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA >, <PROTOTIPO HÍBRIDO >, <MOTOR ELECTRICO>, < BATERÍA DE LIFEPO4>, <BIPLAZA>, < PROPULSIÓN HUMANA>.

**REVISADO**

16 ENE 2020

Ing. Jonathan Parreño Ugullas. MSc.  
(ANALISTA DE BIBLIOTECA II)



## ABSTRACT

A prototype of an ecological vehicle for urban mobility was developed based on the names of the Atacama 2020 solar race in the two-seater hybrid category, for its beginning, a computerized design was carried out subjecting it to a load analysis allowing to know breakpoints or specific efforts for its correction and construction in PVC tube in real size to appreciate spaces and final dimensions to obtain plans for the final construction of the prototype. A selection and analysis was carried out using software of the optimum material for the construction of the chassis, among which the result was: 25.4mm and 31.75mm (1 in and 1.25 in) structural tubes with a thickness of 2mm, the suspension and steering of a 250cc square due to its damping system; for hoses, was selected from a vehicle that weighs 864kg, being adapted to the suspension, as well as motorcycle tires modified for a correct grip on the hoses providing stability to the vehicle; for the electrical part, synchronous motor of 10 kW chosen, which delivers the necessary force to mobilize the prototype. Road tests were carried out to determine the operation, obtaining as a result that the vehicle is easy to drive and optimal for use in an urban area, reaching average speeds of 38.18 km/h with an autonomy of 30 km, being a vehicle that complies with the technical specifications of the Atacama 2020 hybrid race. For the handling of the prototype, it is recommended to know the electrical risk involved in the manipulation of high voltage components.

**Keywords:** <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <HYBRID PROTOTYPE>, <ELECTRIC MOTOR>, <LIFEP04 BATTERY>, <BIPLAZA>, <HUMAN PROPULSION>.



## INTRODUCCIÓN

Actualmente las nuevas tecnologías apuntan hacia una movilidad sustentable y que sea beneficiosa para el ambiente por lo que las grandes compañías y las políticas implementadas por los gobiernos se están desarrollando medios de transporte que sean menos contaminantes para esto se desarrollan grandes proyectos de investigación y otros en los cuales la sociedad puede participar como son las carreras con vehículos solares, híbridos desarrolladas en distintas partes del mundo, entre las más conocidas están las Carrera Solar de Atacama que tiene como objetivo recorrer la mayor distancia en un tiempo determinado y con la mayor eficiencia en el consumo de energía, Shell Eco Marathon es una competición similar a la anterior en la cual encontramos entre sus categorías prototipos eléctricos en la cual se mide la autonomía, y así muchos más proyectos que buscan crear conciencia para reducir la huella de carbono que actualmente los vehículos emiten al ambiente.

Uno de los caminos que ha tomado la industria automotriz es la de combinar tecnologías como: los motores de combustión interna con motores eléctricos creando así vehículos “Híbridos”, además otras de las alternativas son los vehículos 100% eléctricos, pero estos por su elevado costo resultan de difícil acceso para la gran mayoría de consumidores, además que están limitados por una baja autonomía en algunos modelos y en otros que superan los 300Km por carga, como el caso de los Tesla con su costo elevado. Generalmente los vehículos circulan con una sola persona o máximo dos.

En algunos países se están creando prototipos de vehículos eléctricos e híbridos unipersonales y biplaza de tamaños muy reducidos que generalmente son diseñados para una movilidad urbana, esta tendencia de crear este tipo de vehículos en Sudamérica ha llamado bastante la atención de investigadores e ingenieros que ven en estos una solución viable a los problemas de contaminación y movilidad en sus ciudades. Normalmente estos prototipos tienen como fuente de energía el sol para recargar sus baterías, además de ser enchufables, son diseñados y adaptados a las condiciones de cada ciudad y al trabajo que van a realizar ya que en ciertas partes lo usan como servicio de transporte público “taxi”, servicio de mensajería, entre otros.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO REFERENCIAL.

### 1.1. Antecedentes.

La contaminación que se ha generado por el uso de los vehículos de combustión interna se ha visto agravada en las últimas décadas debido a la alta demanda que existen, provocando un aumento en la emisión de gases contaminantes a la atmosfera los cuales son perjudiciales para la salud y el ambiente al estar expuestos por grandes periodos de tiempo.

Uno de los muchos gases que emite un automóvil por el sistema de escape es el monóxido de carbono, según la informaron sobre 17000 casos de intoxicación y 35 muertes relacionadas con la exposición al CO en el año 1999, otro agravante es el efecto invernadero que es producto de las emisiones que generan las grandes industrias esto ha venido cambiando los ecosistemas marinos y terrestres. Para que un vehículo sea propulsado por un motor de combustión interna necesita de muchas piezas complejas de alta ingeniería y de compuestos químicos como lubricantes (grasas, aceites), refrigerantes estos productos al momento de su fabricación generan ya contaminantes y estos son aún mayor cuando cumplen su tiempo de vida útil, es por esto que cada vez más países implementan políticas ambientales, el uso de nuevas tecnologías que sean capaces de reducir la contaminación ambiental (TÉLLEZ, RODRÍGUEZ, & FAJARDO, 2016).

### 1.2. Planteamiento del problema.

El problema medio ambiental que se está viviendo en el mundo debido a las emisiones contaminantes provocadas por los vehículos de motores de combustión interna son de tal magnitud que es capaz de cambiar ecosistemas volviéndolos áridos y llenos de componentes tóxicos para la salud, según (interior, 2014) el monóxido de carbono emitido por los vehículos es lo que más predomina en el ambiente que al combinarse con la hemoglobina de la sangre dificulta la respiración, dolores de cabeza, vértigo e incluso la muerte, otro de los gases que emite este medio de transporte es el óxido de nitrógeno que puede provocar una variedad de cáncer en contacto con las personas durante largos períodos de tiempo .

Los vehículos con motor de combustión interna provocan material particulado lo que impide la visibilidad provocando el obscurecimiento en donde existe mayor aglomeración de vehículos, usualmente siendo en las ciudades más grandes del país, un claro ejemplo es la ciudad de Quito en Ecuador donde durante el año 2016 en 7 de los 40 puntos en donde se realiza el monitoreo de material particulado sedimentable, ha superado el límite establecido por la norma Ecuatoriana NECA para este contaminante (1 mg/cm<sup>2</sup> durante 30 días) teniendo como los lugares de mayor afectación Guamaní, Guayllabamba, Carapungo, San Antonio de Pichincha, Amaguaña, Carcelén y Quitumbe (Secretaría de ambiente , 2017).

Otra de las ciudades transitadas es Riobamba con una contaminación acústica que es otro de los problemas que afectan debido al alto tráfico que se presenta, ya que en un vehículo se moviliza una persona siendo esto una de las principales causas de tráfico y contaminación en la ciudad es por ello que en varias ocasiones se ha patrocinado el compartir un vehículo entre personas pero no ha dado resultado debido a la comodidad de viajar solo o incluso el trayecto que se debería seguir que retrasaría el destino del conductor siendo una solución inservible teniendo que buscar nuevas opciones para la movilidad urbana.

Al país está ingresando la tecnología eléctrica aplicada a los vehículos que en la mayoría son versiones de gasolina con motores eléctricos por lo que sus dimensiones son las mismas con lo que se reduce algunos problemas de contaminación, pero se sigue teniendo problemas de congestión y otros.

En el país existen versiones de vehículos eléctricos unipersonales y biplaza pero de costos elevados, es por ello que en la Carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH dentro de sus grupos de investigación se han desarrollado prototipos eléctricos a bajo costo como una alternativa para la movilidad urbana, estos prototipos tienen como objetivo ser exhibidos, probados a nivel nacional e internacional y con esto ser tomados en cuenta por el gobierno para establecer leyes que impulsen el uso ya que en el país no existe alguna normativa explícita para los vehículos eléctricos.

### **1.3. Metodología.**

#### ***1.3.1. Diseño metodológico.***

El proyecto se presenta como una propuesta tecnológica, con la finalidad de brindar una solución que se encuentre relacionada con las áreas de formación de la carrera de ingeniería automotriz,

permitiendo implementar un prototipo de vehículo para movilidad urbana como alternativa ante los vehículos de motor de combustión interna.

Mediante una amplia revisión bibliográfica de: normativas de vehículos eléctricos híbridos y prototipos elaborados con anterioridad, se encontró una condición óptima para el diseño y construcción del prototipo, cumpliendo con la normativa de la carrera solar atacama 2020; El diseño y análisis se realizó en software para verificación de la estructura y selección del mejor material para la elaboración del prototipo, se realizó una selección de elementos que se encuentran vigentes en el mercado para la construcción completa del prototipo.

Se realizó cálculos para la selección del motor más adecuado que permita cumplir con los objetivos del prototipo, como punto final se realizó pruebas de funcionamiento en donde se obtuvo datos reales que puede alcanzar el prototipo.

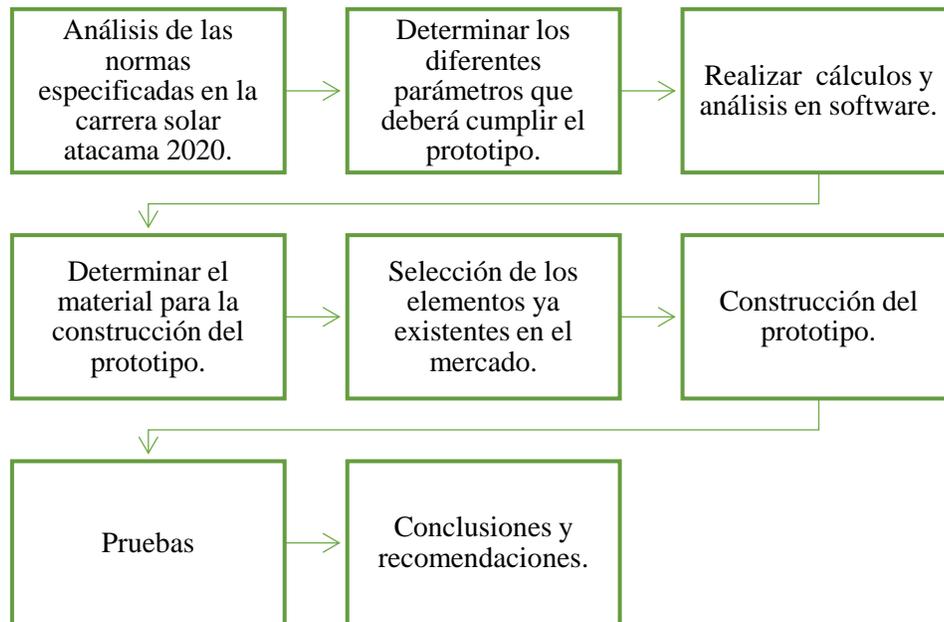
La modalidad de investigación se presenta a continuación en forma detallada en la siguiente tabla.

**Tabla 1-1:** Modalidad de investigación.

<b>Modalidad de investigación</b>	<b>Técnicas de investigación</b>	<b>Instrumentos de investigación</b>
Bibliografía	Revisión y análisis documental	Libros Documentos Registros
Tecnológico	Se implementa el conocimiento teórico y práctico con la finalidad de obtener un prototipo funcional que sea de utilidad para la sociedad	Diseño y construcción de un prototipo
Experimental	comprobación del prototipo experimental puede llevarse a cabo dentro o fuera de un laboratorio	Comprobación de funcionalidad de prototipo

Fuentes: Autores, 2020.

### ***1.3.2. Procedimiento de diseño para la construcción de prototipo de vehículo.***



### ***1.3.3. Análisis del reglamento de la carrera solar atacama 2020.***

Se toma como base el reglamento de la carrera solar atacama 2020 en la categoría híbridos para así obtener los parámetros que deberá cumplir el prototipo al momento del diseño y la construcción.

### ***1.3.4. Determinar los parámetros que debe cumplir el prototipo.***

Luego de la verificación del reglamento se procederá con los parámetros que deberá tener el prototipo para su funcionamiento en el entorno rural de una ciudad cumpliendo con los objetivos propuestos.

### ***1.3.5. Diseño del prototipo.***

Mediante un análisis asistido por computadora se verificará si el diseño propuesto es viable realizando ensayos de análisis de fuerzas para verificación de soporte y seguridad del prototipo para seguir con un bosquejo en tamaño real con tubo de PVC.

### ***1.3.6. Determinar los elementos de construcción.***

Mediante el uso de cálculos y análisis asistido por computadora se realizará la selección de materiales para la construcción del prototipo y elementos que se encuentren disponibles en el mercado.

### ***1.3.7. Pruebas y comprobaciones.***

Se realizarán pruebas de ruta en un ambiente real para la verificación del buen funcionamiento del prototipo, así como el consumo energético del mismo.

## **1.4. Justificación de proyecto.**

En la actualidad según el (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2015) en la provincia de Chimborazo existe 53.859 vehículos de uso particular, la mayoría de los vehículos circulan con una sola persona por lo que se genera un colapso de las principales vías de la ciudad.

Los vehículos generan algunos tipos de contaminación ( auditiva y atmosférica), entre los principales esta la emisión de gases contaminantes a la atmosfera, según (Secretaria de ambiente , 2017), el medio de transporte con origen de combustión interna es el que más dióxido de carbono genera, la contaminación auditiva que se emite por los tubos de escape y las bocinas que son accionados por los usuarios debido a los altos niveles de estrés que les causa estar en un trance.

En la actualidad las nuevas tecnologías apuntan hacia una movilidad sostenible más amigable con el ambiente por lo que se están desarrollando medios de transporte que usan como fuente de energía la electricidad, uno de los vehículos más desarrollados son los eléctricos cuya autonomía se encuentra limitada por una batería, además que estos vehículos siguen ocupando un gran espacio en las vías. (turismo, 2019)

La bicicleta es un medio de transporte ecológico que no emite ningún contaminante al ambiente. Tiene muchos beneficios para la salud andar en bicicleta ya que reduce los niveles de estrés, mejora el estado de ánimo, refuerza el sistema inmunológico, reduce problemas cardiovasculares (Arizona, 2019)

El fin de este proyecto es combinar los beneficios de una bicicleta y la electricidad para desarrollar un prototipo de vehículo para movilidad urbana para dos personas, el cual será propulsado por los ocupantes por medio de pedales y se tendrá la asistencia eléctrica en el caso de necesitar un mayor esfuerzo o alcanzar velocidad, en este prototipo los ocupantes interfieren directamente en el vehículo por lo que es ideal para fines recreativos salir de lo cotidiano y evitar problemas de salud, teniendo en cuenta siempre el beneficio económico y ambiental que tendremos con el uso de este vehículo.

### **1.5. Objetivo general.**

Diseñar y construir un prototipo de vehículo híbrido ecológico para movilidad urbana en la ciudad de Riobamba mediante el uso de software CAD, CAM, CAE.

#### ***1.5.1. Objetivos específicos.***

- Analizar las consideraciones técnicas y bases de la carrera solar Atacama 2020.
- Diseñar un prototipo de vehículo ecológico mediante el uso de software CAD, CAM, CAE basado en las normas de la carrera solar Atacama 2020.
- Construir el prototipo de vehículo ecológico según las especificaciones dadas en el diseño.

### **1.6. Alcance.**

Diseñar y construir un vehículo híbrido ecológico que permita reducir la contaminación generada por un motor de combustión interna proponiendo una alternativa de movilidad urbana, optando por energías que reduzcan la contaminación, mejoren la salud de las personas y permita moverse por la zona urbana sin ninguna dificultad.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Vehículo.

Cuando se habla de vehículos se hace énfasis en un automóvil que es capaz de moverse por sí mismo a través de un motor que puede ser de combustión interna, eléctrico u otros elementos que genere el movimiento, además de contar con implementos que permitan dar dirección, confort y seguridad al momento de movilizarse (Cebrián, 2016).

##### 2.1.1. *Bicicleta.*

Se define como un vehículo conformado por ruedas sobrellevadas por ejes en un cuadro que posee una silla para confort del ocupante y un manubrio para dar dirección además de un sistema de frenos y transmisión de movimiento por cadena y piñones generado por propulsión humana.



**Figura 1-2.** Bicicleta.

Fuente. La bicicleta, 2019.

El uso de la bicicleta presenta varios beneficios para las personas, mejorando su salud y estado de ánimo al realizar actividad física, se considera una actividad divertida realizarlo individual como grupal logrando integrar a grupos que posean interés o realicen la misma actividad, esto ha ayudado

a personas con problemas para socializar, además de ser un medio de transporte amigable con el ambiente, accesible económicamente y puede ser una herramienta de trabajo debido a su tamaño (Pedregosa, 2016).

### **2.1.2. Vehículos eléctricos.**

Los vehículos eléctricos son propulsados por uno o varios motores eléctricos que toman su energía a través de una batería eléctrica que proporciona el voltaje y amperaje necesario para generar el movimiento rotativo.

Una de las principales causas para el uso de un motor eléctrico es su completa oposición contra un motor de combustión interna debido a su funcionamiento ya que el motor eléctrico reduce en su totalidad la generación de emisiones contaminantes durante su funcionamiento, al contrario que su adversario el motor de combustión interna que cuando funciona genera emisiones contaminantes como: monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógenos e hidrocarburos (Ruiz, 2015).

### **2.1.3. Vehículos híbridos.**

Son vehículos que combinan dos o más tipos de propulsión estos pueden ser una combinación entre varios elementos como pueden ser:

- Motor de combustión interna -motor eléctrico
- Motor de combustión interna – propulsión humana
- Motor eléctrico – propulsión humana

## **2.2. Tubos estructurales de acero.**

Los tubos y perfiles planos estructurales se caracterizan por poseer una sección hueca de forma circular que son parte importante para todas las estructuras de acero dentro de la industria como de la construcción (Instituto mexicano de la construcción en acero, 2006).

La empresa DIPAC comercializa los siguientes tipos de tubos estructurales dentro del país.

- Tubo estructural cuadrado galvanizado.
- Tubo estructural cuadrado negro.
- Tubo estructural rectangular galvanizado.
- Tubo estructural rectangular negro.
- Tubo estructural redondo galvanizado.
- Tubo estructural redondo negro.

### 2.3. Tubos mecánicos.

Los tubos mecánicos son estructuras ligeras de gran resistencia y son fabricados para satisfacer requisitos, tolerancias y químicas específicas para su uso final; a menudo se fabrican siguiendo las propiedades típicas es decir tienes un límite elástico para un tamaño particular y grosor (McHone Industries, 2016).

### 2.4. Tubos estructurales vs tubos mecánicos.

**Tabla 2-2:** Tubos estructurales vs mecánicos.

<b>Tubos estructurales/ Tubos mecánicos</b>	<b>Propiedades</b>	<b>Aplicaciones</b>
<b>Tubo estructural</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia</li> <li>• Durabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usos de alto estrés</li> <li>• Edificios</li> <li>• Infraestructura</li> </ul>
<b>Tubo mecánico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posee tolerancias ajustadas</li> <li>• Especificaciones precisas.</li> </ul>	Maquinaria y herramientas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Automoción</li> <li>• Agricultura</li> </ul>

**Fuente.** McHone Industries, 2016.

## 2.5. Pernos.

Los pernos son elementos cilíndricos fabricados de hierro o acero con una parte roscada y otra cabeza de varias formas, pero aremos énfasis en las cabezas hexagonales, los pernos se pueden clasificar de varias formas una de ellas es por grados (Proyesa, 2018).

- Grado 2: Fabricado en acero de bajo carbono para elementos de bajos esfuerzos
- Grado 5: Es un perno que al igual que el anterior tiene bajo contenido de carbono, pero es pasado a través de un tratamiento térmico que aumenta su resistencia
- Grado 8: Perno fabricado con acero de medio carbono lo que da mayor resistencia para esfuerzos de gran demanda.

**Tabla 3-2:** Dureza de pernos según la Society of Automotive Engineers.

<b>SAE: Society of Automotive Engineers</b>			
<b>Número de Grado</b>	<b>Material</b>	<b>Carga de prueba (KPSI)</b>	<b>Esfuerzo de ruptura (KPSI)</b>
2	Acero de bajo carbono o acero al carbono	55-33	74-60
5	Acero al carbono templado y revenido	85-74	120-105
8	Acero al carbono aleado templado y revenido	120	150

Fuente: Proyesa, 2018.

## 2.6. Carrocería.

Es la estructura encargada de dar alojamiento, seguridad y confort durante el traslado de personas, animales o cosas, teniendo una estructura aerodinámica que permita alcanzar grandes velocidades con el menor consumo de energía posible, pero teniendo un gran confort para los ocupantes. Debe contar con la seguridad adecuada para evitar afectaciones al compartimento donde se encuentran los ocupantes (El equipo de proesores del centro documentación, 2002).

### 2.6.1. Tipos de carrocerías de chasis independiente.

Este tipo de chasis es uno de los más antiguos teniendo por ende varias derivaciones entre las cuales se encuentran:

- **En escalera**

Este elemento rígido es el encargado de sostener todos los elementos externos que deberán acoplarse para conformar un vehículo desde suspensión, dirección transmisión y todos los demás sistemas que conforman el vehículo (Montes Ortega & Montes Ortega, 2012).



**Figura 2-2.** Chasis con mecánica.  
Fuente: Montes Ortega & Montes Ortega, 2012.

- **Columna.**

Este sistema posee la peculiaridad de tener una forma de X que se estrecha en su parte central para poder contrarrestar los puntos de torsión (Montes Ortega & Montes Ortega, 2012).



**Figura 3-2.** Chasis furgoneta.

Fuente: Montes Ortega & Montes Ortega, 2012.

- **Tubular.**

Este tipo de construcción es la más adecuada para vehículos antiguos o deportivos ya que permiten tener una gran resistencia a la torsión, tener gran rigidez, pero con la condición poseer un menor peso (Montes Ortega & Montes Ortega, 2012).



**Figura 4-2.** Chasis tubular.

Fuente: Montes Ortega & Montes Ortega, 2012.

- **Perimétrico.**

Este sistema posee unos ángulos soldados en sus extremos lo que permite sostener sus elementos en las partes más lejanas a su centro (Montes Ortega & Montes Ortega, 2012).

### **2.7. Factor de seguridad.**

El factor de seguridad es considerado como la máxima carga que puede soportar un elemento estructural antes de caer en una deformación plástica o ruptura, la selección del factor de seguridad es muy importante debido a que si se elige un factor de seguridad muy bajo se puede producir un fallo en el dispositivo o en caso contrario si este es elegido muy alto se puede tener una sobredimensión del mecanismo o dispositivo, cuando sea elegido un factor de seguridad muy bajo este puede provocar un deterioro antes de tiempo del previsto mientras que cuando es muy alto sus afectaciones suelen ser en peso y costo ya que se suele ocupar más material del que se debería (Beer, Johnston, Dewolf, & Mazurek, 2010).

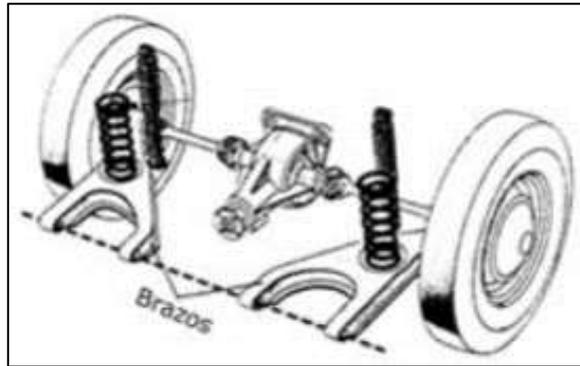
$$\text{Factor de seguridad} = F.S. = \frac{\text{Esfuerzo ultimo}}{\text{esfuerzo permisible}}$$

### **2.8. Suspensión independiente.**

Este sistema permite una oscilación libre en cada rueda logrando mantener más estable a la carrocería permitiendo un mayor confort y estabilidad este sistema es recomendado para vehículos livianos y de poca carga para el correcto funcionamiento de la suspensión del cual se derivan varios tipos (Águila, 2012).

- **Suspensión de brazos tirados o arrastrados.**

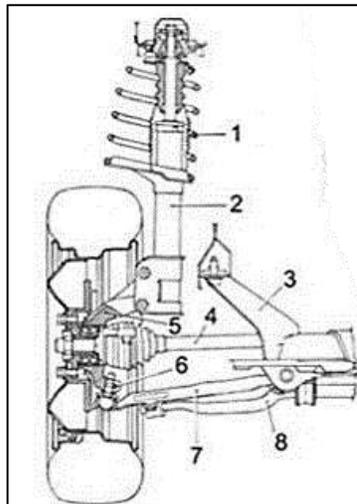
Se caracteriza por tener brazos en disposición longitudinal que van unidos por un extremo al bastidor y por el otro a la manguera de la rueda (Águila, 2012).



**Figura 5-2.** Sistema de brazo arrastrado.  
Fuente: Águila, 2012.

- **Suspensión McPherson.**

Este sistema es el más utilizado en la actualidad debido a su fácil implementación con énfasis a que necesita ser más reforzados en los puntos de contacto donde se apoya la suspensión (Águila, 2012).

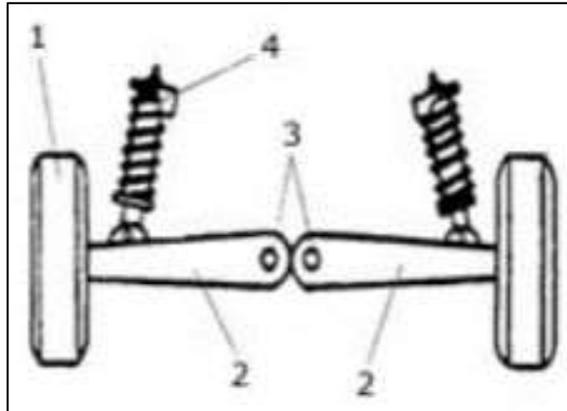


**Figura 6-2.** Esquema de un sistema de suspensión McPherson.  
Fuente: Águila, 2012.

- **Suspensión de eje oscilante.**

Este sistema permite que el elemento de rodadura y el semieje son solidarios salvo el giro de rueda este sistema no funciona para ruedas directrices ya que no permite giro horizontal. (Águila, 2012)

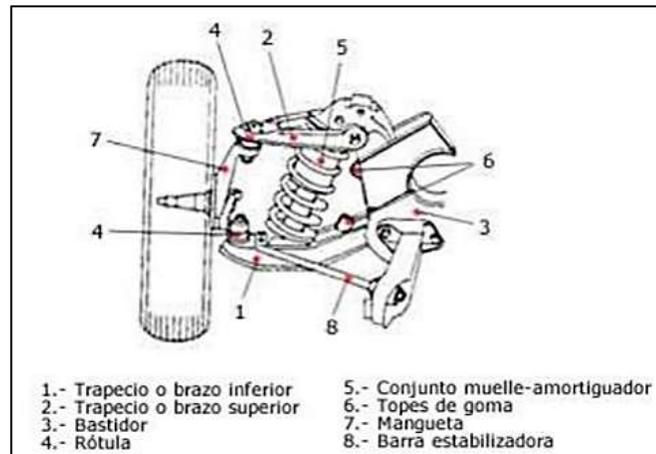
- 1.- Ruedas
- 2.- Semieje
- 3.- Articulación
- 4.- Muelle y amortiguador



**Figura 7-2.** Esquema de una suspensión de eje oscilante.  
Fuente: Águila, 2012.

- **Suspensión de paralelogramo deformable.**

La suspensión de paralelogramo deformable está formada por un brazo superior y un brazo inferior que se encuentra unido al chasis a través de pivotes a un lado el chasis y a el otro la mangueta de la rueda que posee dos brazos que permiten la dirección de la rueda (Águila, 2012).



**Figura 8-2.** Suspensión de paralelogramo deformable.  
Fuente: Águila, 2012.

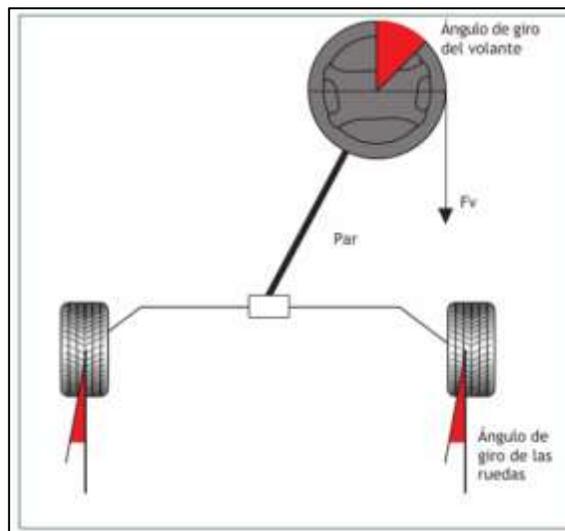
## 2.9. Dirección.

La dirección es considerada como un elemento de mando que permite dirigir a un vehículo compuesto por un timón, ejes de transmisión de movimiento que conecta las ruedas con el eje de mando a través de unos brazos de dirección (Dominguez & Ferrer, 2009).

Los elementos que conforman la dirección mecánica son:

- Volante
- Caña o árbol de dirección
- Juntas universales
- Bielas de mando rótulas

Relación de transmisión de la dirección: Se comprende como la relación de giro entre el volante y las ruedas (Dominguez & Ferrer, 2009).



**Figura 9-2.** Esquema de la relación de transmisión.  
Fuente: Dominguez & Ferrer, 2009.

En la dirección mecánica cuando el usuario genera una fuerza en el volante esta se multiplica por su radio lo que permite obtener el par de giro necesario para poder realizar un giro (Dominguez & Ferrer, 2009).

$$Par = Fv \times Rv$$

**Ecuación 1-2.** Obtención de par.

**Fuente:** Dominguez & Ferrer, 2009.

El giro que realiza el volante se relaciona directamente entre el Angulo de giro y el Angulo que realiza las ruedas (Dominguez & Ferrer, 2009).

$$Rt = \frac{\text{Angulo girado en el volante } (\alpha)}{\text{Angulo obtenido en la rueda } (\beta)}$$

**Ecuación 2-2.** Radio toral de giro.

**Fuente:** Dominguez & Ferrer, 2009.

La relación entre la que se deberá tener una apreciación es que si se aumenta el radio de giro es menor el Angulo de giro de las ruedas será mayor mientras que si el radio de giro del volante es mayor el Angulo de giro será menor (Dominguez & Ferrer, 2009).

### **2.9.1. Geometría de las ruedas de un vehículo.**

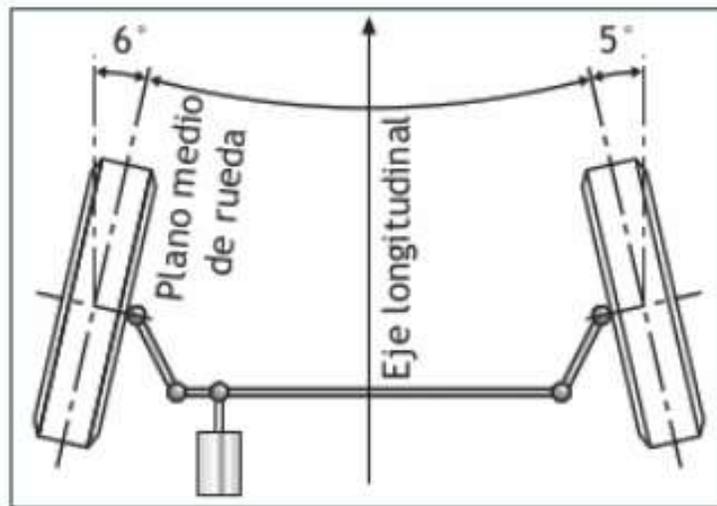
La geometría que posee la rueda está conformada por varios ángulos que buscan conseguir una mejora en la conducción evitando problemas de arrastres o esfuerzos de retención además que permite mejorar la estabilidad del automóvil reduciendo el esfuerzo en circulación y facilitando el retorno además de conseguir un desgaste equilibrado en el neumático (Dominguez & Ferrer, 2009).

- **Convergencia.**

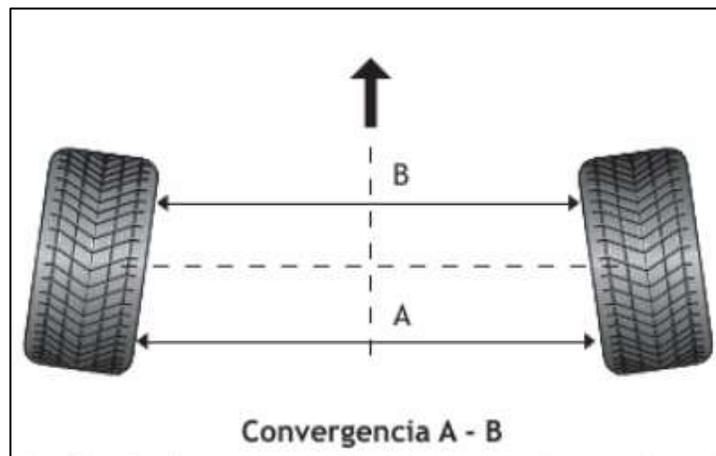
La convergencia se comprende como la medida que posee la rueda con respecto al mismo eje longitudinal y transversal de los cuales se encuentran dos tipos de convergencias:

Grados: Medida tomada desde el eje longitudinal hacia las ruedas

Milímetros: Medida tomada desde el eje transversal hacia las ruedas

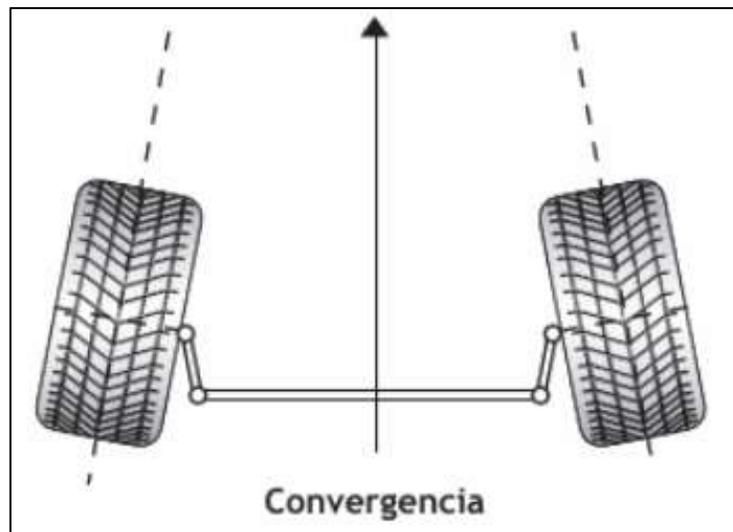


**Figura 10-2.** Medida en grados.  
Fuente: Dominguez & Ferrer, 2009.



**Figura 11-2.** Convergencia.  
Fuente: Dominguez & Ferrer, 2009.

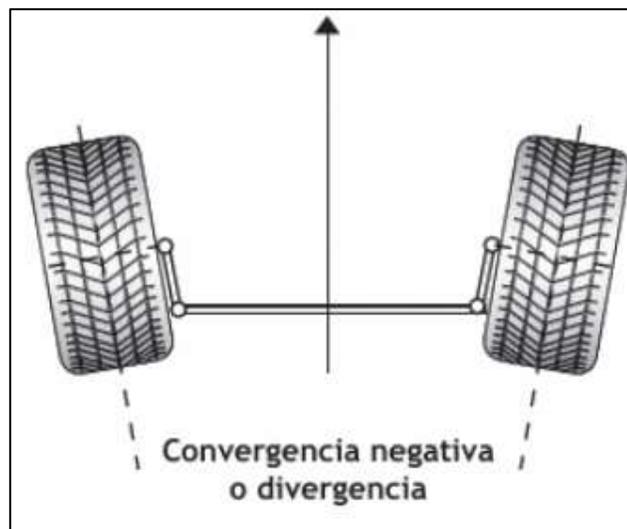
Se comprende como convergencia positiva cuando al prolongar los ángulos que se forman desde las ruedas estas se chocan frente al vehículo.



**Figura 12-2.** Convergencia.  
Fuente: Dominguez & Ferrer, 2009.

• **Divergencia.**

También conocida como convergencia negativa y se mide desde el eje transversal hacia afuera del habitáculo



**Figura 13-2.** Divergencia.  
Fuente: Dominguez & Ferrer, 2009.

- **Paralelas.**

La convergencia y divergencia tienen la finalidad de compensar el peso del vehículo cuando este se encuentra en circulación por lo tanto la convergencia y la divergencia tienden a cero para colocarlas paralelas y que giren iguales para evitar un desgaste desigual.

**Tabla 4-2:** Selección de geometría.

<b>Selección según el tipo de vehículo</b>	
<b>Tracción</b>	<b>Geometría</b>
Delantera	Divergencia
Trasera	Convergencia

**Fuente:** Autores, 2019.

**Tabla 5-2:** Medidas estándar de convergencia y divergencia

	<b>Milímetros</b>	<b>Grados</b>	<b>Significado</b>
<b>Eje delantero</b>	$0 \pm 1 \text{ mm}$	$0^0 \pm 10'$	La convergencia es 0 y puede tener 1 mm de apertura o 1 mm de cierre
<b>Eje trasero</b>	$2,20 \pm 1 \text{ mm}$	$0^0 \pm 10'$	Convergencia 2,20 mm con una medida máxima de 3,20 y mínima de 1,20 mm

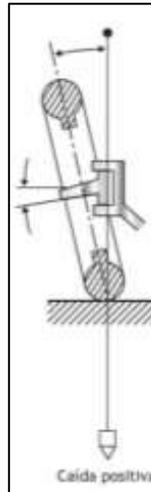
**Fuente:** Autores, 2019.

- **Ángulo de caída.**

Este ángulo se presenta en las ruedas debido a la inclinación que tiene la mangueta y este ángulo es indiferente, si la mangueta es de buena o mala calidad, los tipos de caídas que puede presentar son:

- **Caída positiva.**

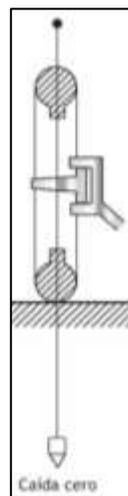
Este Angulo se forma desde el punto de contacto con el suelo trazando una línea por el eje de la mangueta hacia afuera del vehículo donde las ruedas se colocan cerradas en la parte de contacto con el suelo con tendencia a convergencia positiva (Dominguez & Ferrer, 2009).



**Figura 14-2.** Ángulo de caída.  
**Fuente:** Dominguez & Ferrer, 2009.

- **Caída cero.**

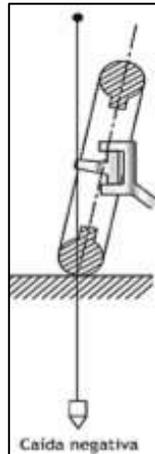
También conocida como caída nula donde la llanta se encuentra perpendicular al suelo desde el punto de contacto (Dominguez & Ferrer, 2009).



**Figura 15-2.** Ángulo de caída.  
**Fuente:** Dominguez & Ferrer, 2009.

- **Caída negativa.**

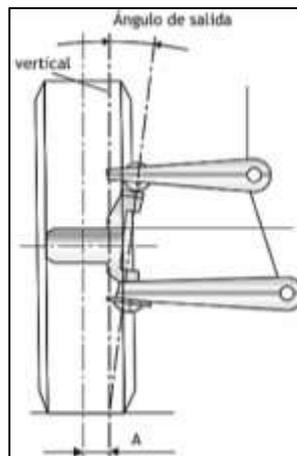
La llanta se encuentra con convergencia negativa más abierta desde el eje central de la mangueta hacia afuera y en la zona superior cerrada (Dominguez & Ferrer, 2009).



**Figura 16-2.** Ángulo de caída.  
Fuente: Dominguez & Ferrer, 2009.

- **Ángulo de salida.**

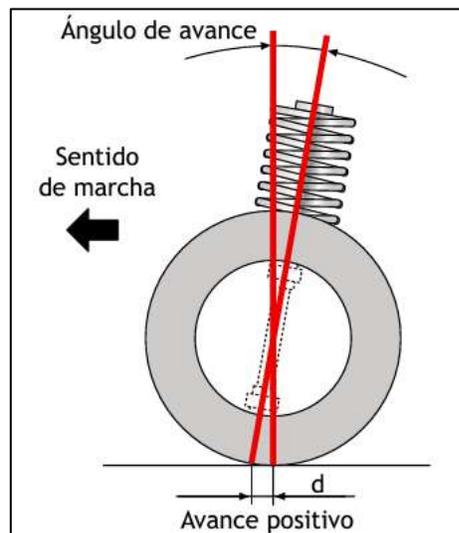
También conocido como King-ping es el ángulo formado entre las rótulas flexibles, este ángulo posee una estricta función que es permitir el retorno de la rueda a su posición vertical luego de realizar un giro, también permite la reducción del par necesario para realizar un giro, al igual que mantener la estabilidad del vehículo durante la conducción (Dominguez & Ferrer, 2009).



**Figura 17-2.** Ángulo de salida.  
Fuente: Dominguez & Ferrer, 2009.

- **Ángulo de avance.**

Es el ángulo formado entre el eje de la mangueta con la vertical, viendo el vehículo en la cara lateral este puede ser positivo o negativo siendo medido en grados este ángulo busca generar una fuerza que endurece la dirección para mantenerlo en línea recta asegurando la conducción, este ángulo vari entre 1 y 5 grados, si el ángulo es positivo las deformaciones del suelo se transmiten directamente hacia el volante esto se logra minimizar con ayuda de un amortiguador de dirección (Dominguez & Ferrer, 2009).



**Figura 18-2.** Ángulo de avance.  
Fuente: Dominguez & Ferrer, 2009.

## 2.10. Sistema de frenos.

Los frenos cumplen una de las funciones principales que es detener el vehículo cuando este va circulando sin importar su velocidad deberá estar en la capacidad de detenerlo en el menor tiempo posible, además debe mantener en estado de reposo cuando el vehículo está detenida el sistema de frenos posee una distribución específica según cada vehículo debido a los diferentes pesos que se distribuyen en el automóvil, en el primer caso cuando el vehículo posee mayor peso en el frente los frenos se repartirán con una fuerza de frenado de 60% a 70% según el fabricante mientras que en el eje posterior tendrá 30% a 40% y de manera inversa cuando el vehículo es de propulsión (Borja, Fenoli, & Seco de Herrera, 2009).

**Tabla 6-2:** Ecuaciones que intervienen en el frenado.

Ecuaciones que intervienen en el frenado		
Desaceleración	Distancia de frenado	Tiempo de frenado
$a = \frac{F}{m} \cdot g$	$e = \frac{v^2}{2a}$	$t = \frac{v}{a}$
<p><b>a:</b> deceleración en m/s<sup>2</sup></p> <p><b>F:</b> Fuerza de frenada en newtons (N).</p> <p><b>m:</b> Masa total del vehiculo en kilogramos.</p> <p><b>g:</b> Coeficiente de aceleracion (9.8 m/s<sup>2</sup>).</p>	<p><b>c:</b> Distancia de frenado en metros.</p> <p><b>v:</b> Velocidad expresada en m/s.</p> <p><b>a:</b> deceleracion en m/s<sup>2</sup>.</p>	<p><b>t:</b> Tiempo de frenado en segundos.</p> <p><b>v:</b> Velocidad expresada en m/s.</p> <p><b>a:</b> deceleracion en m/s<sup>2</sup>.</p>

Fuente: Borja, Fenoli, & Seco de Herrera, 2009.

Especificaciones que deben tener el sistema de frenos.

- **Fuerza de aplicación:** Es la fuerza aplicada por un usuario en el pedal del freno que se controla según la profundidad de fuerza y aplicación de la fuerza en el pedal según la profundidad a la que se presione.
- **Fuerza de frenado:** Es la fuerza ejercida sobre los pistones de la mordaza para generar el frenado en el disco de freno.
- **Fuerza de adherencia:** La adherencia es ejercida por el neumático debido al área de contacto esto es inversamente proporcional debido a que a mayor área de contacto es menor la distancia de frenado esto de igual manera, pero a la inversa en sado una menor área de contacto, esta fuerza ejercida por la adherencia reduce en un 30 a 40% la distancia de frenado.

- **Superficie de contacto:** Esta superficie es la encargada de realizar el frenado entre el disco de freno y la pastilla de freno, si el área de contacto es grande el frenado será mayor mientras que si el área de contacto es menor el freno tardará mayor tiempo en realizar el frenado.
- **Coefficiente de fricción:** Este coeficiente conlleva al rozamiento que existe entre el disco de freno y la pastilla de freno que a mayor fricción este podrá frenar con mayor fuerza mientras que si este coeficiente es menor el freno no se realizara correctamente (Dominguez & Ferrer, 2009).

### *2.10.1. Frenos de disco.*

Los frenos de disco son el sistema más utilizado en la actualidad debido a su sencillo ensamblaje y a las ventajas que presenta como es una menor distancia de frenado debido a la resistencia que presenta al aplicar el freno, al igual que lo hace de una manera más equitativa permitiendo mantener la estabilidad al frenar, además que su uso en condiciones de altas temperaturas no se ven afectadas en su funcionamiento ya que se encuentran a aire libre (Borja, Fenoli, & Seco de Herrera, 2009).

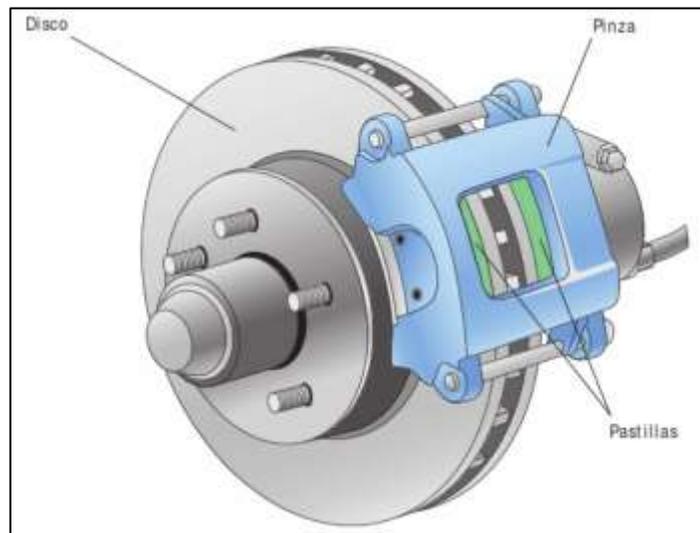
#### • **Disco de frenos.**

El disco de freno es uno de los componentes encargados de detener el vehículo por lo que este elemento tiene que ser muy resistente por lo cual este fabricado con acero aleado de cromo que soporta altas temperaturas y posee una alta resistencia a la deformación. De los cuales existen dos tipos:

- **Discos no ventilados:** que se usan en vehículos de pasajeros de poca capacidad y que no alcanzan grandes velocidades.
- **Discos ventilados:** poseen algunos orificios por los cuales permiten refrigerar el disco más rápido permitiendo un frenado más efectivo suele ser usado en vehículos de pasajeros de gran capacidad o en vehículos deportivos.

- **Funcionamiento y partes del sistema de frenos de disco.**

El sistema de frenos comienza a funcionar en el momento que el usuario pisa el pedal de freno mandando el sistema comienza a actuar mandando presión a través de las cañerías así la mordaza encargadas de sostener las pastillas las cuales son empujadas por los pistones que se encuentran en su interior atrapando al disco entre la unión de las mordazas generando fricción y deteniendo el frenado.



**Figura 19-2.** Partes del disco de freno.

Fuente: Borja, Fenoli, & Seco de Herrera, 2009.

### **2.10.2. Pastillas de freno.**

Elementos que se encuentran formados por unos forros de viruta similares a los que se encuentran en el disco de embargue las cuales son encargadas de estar en contacto con el disco de freno por lo cual se suele desgastar para generar un contacto suave con el disco de freno y evitar dañar el disco.

- **Mordaza.**

También conocida como pinza de freno encargada de contener los pistones para que cuando se accionen el pedal de freno la presión empuje a los pistones empujando las pastillas contra el disco de freno, de las cuales existen dos tipos el primero se conoce como pinzas flotantes que se componen de

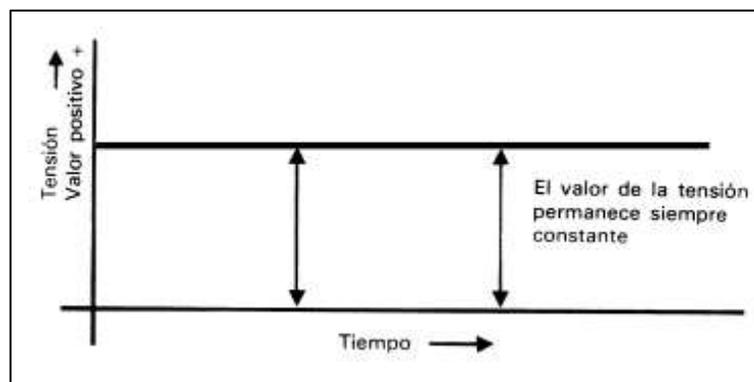
un solo pistón en un extremo el cual empuja la pastilla contra el disco y el disco contra la otra pastilla que se encuentra fija en el otro extremo. El segundo conjunto es una mordaza que posee dos pistones uno en cada extremo que al ser accionados por la presión empujan alas mordazas contra el disco deteniéndolo en el centro.

## 2.11. Corriente eléctrica.

### • Corriente continua.

Se denomina corriente continua o corriente directa a un tipo de corriente eléctrica, la cual implica el transito continuo de carga eléctrica entre dos puntos a través de un material conductor, por el cual se desplazan los electrones a lo largo de su estructura molecular el mismo que nunca cambiara con el tiempo ya que los puntos del conductor tienen diferente potencial y carga eléctricos (Garrigós, 2011).

Esto se refiere a la polaridad de la carga, no a su intensidad: una fuente eléctrica que se agota (como una batería con poca carga) sigue siendo continua si no varía la dirección del flujo eléctrico: siempre del polo positivo al negativo (asignados por convención). En términos físicos (teóricos), la tensión de una corriente continua se representa sobre un eje x/y (voltaje sobre tiempo), como una línea recta y sin variaciones de ningún tipo (GreenFacts, 2012).



**Figura 20-2.** Onda de corriente continua.

Fuente: Garrigós, 2011.

- **Corriente alterna.**

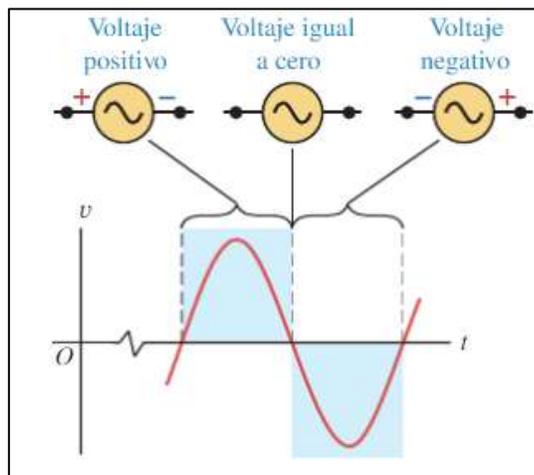
Corriente alterna se define como la forma de oscilación sinusoidal más comúnmente utilizada, puesto que esta logra una transmisión más eficiente de la energía, Un circuito de corriente alterna consta de una combinación de elementos: resistencias, condensadores, bobinas y un generador que provee corriente alterna. un voltaje sinusoidal queda descrito por la siguiente función (Young & Freedman, 2013).

$$v = V \cos \omega t$$

$v$ : diferencial de potencia instantánea.

$V$ : diferencial de potencia máxima (amplitud de voltaje).

$\omega$ : frecuencia angular, igual a  $2\pi$  veces la frecuencia



**Figura 21-2.** Voltaje alterno sinusoidal.

**Fuente:** Young & Freedman, 2013.

## 2.12. Motor eléctrico.

Los motores eléctricos son elementos que tienen la función de convertir la energía eléctrica en energía mecánica. Esto se produce mediante el ingreso de energía en una máquina que al aumentar su campo magnético comienza a generar un movimiento el cual puede ser lineal o rotativo por lo cual se comprende que para que un motor entre en funcionamiento necesita energía de una fuente externa para transformarla en energía mecánica.



**Figura 22-2.** Motor brushless.

Fuente: Garrigós, 2011.

### • Motores de corriente continua.

Estos motores son de fácil manejo ya que solo se tiene que controlar la amplitud, y presentan beneficios como un gran par de arranque, regulación de velocidad en un alto margen y uno de los más económico para su control, algunos tipos de motores que se tiene de este tipo son:

- Motores de imanes permanentes.
- Motor serie.
- Motor de excitación independiente.

### • Motores de corriente alterna.

Estos motores tienen mayor dificultad para controlar ya que toca controlar la amplitud y además la frecuencia de la corriente de alimentación, pero en comparación con los motores de corriente continua

estos son de menor tamaño y entregan el mismo o incluso mayor potencia siendo unos de los más confiables; De los cuales se tiene:

- Motor asíncrono.
- Motores asíncronos de anillos rozantes.
- Motores de jaula de ardilla
- Motor síncrono (Martinez, 2010).

### 2.13. Baterías-

Es una unidad de almacenamiento y transporte de energía, conformada por elementos normalmente químicos que permiten almacenar energía eléctrica en forma de energía química, para liberarla como energía eléctrica.

#### • Polímero de litio Li-Po.

Un derivado de las baterías de litio que gracias a su estructura y un gel que permite la electrolisis son una de las baterías mejor construidas para uso en elementos de alto consumo energético.

**Tabla 7-2:** Ventajas y desventajas de las baterías de Li-Po

<b>Baterías de Li-Po</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pueden reducirse hasta grosores de 1 milímetro.</li> <li>• Pueden empaquetarse de múltiples formas</li> <li>• Alta densidad de energía.</li> <li>• Poco peso.</li> <li>• No necesitan mantenimiento.</li> <li>• Sin efecto memoria.</li> <li>• Bajo porcentaje de auto descarga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere un circuito de seguridad para mantener los límites de voltaje</li> <li>• Almacenar en lugar frío al 40% de su carga</li> <li>• Limitaciones en su transporte (compañías aéreas).</li> <li>• Tecnología en desarrollo.</li> <li>• Pueden explotar si se perfora.</li> </ul>

Fuente: Ordóñez, 2011.

• **Níquel – cadmio.**

Utilizan un cátodo de hidróxido de níquel, un ánodo de un compuesto de cadmio y un electrolito de hidróxido de potasio. Esta configuración de materiales permite recargar la batería una vez está agotada, para su reutilización.

**Tabla 8-2:** Ventajas y desventajas de las baterías de níquel – cadmio.

<b>Baterías de Níquel - Cadmio</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajan en un rango de temperatura de -40 a 60 Grados</li> <li>• Permite sobrecargas por lo que si se siguen cargando solamente no almacena la energía</li> <li>• Larga vida útil superior a 1500 ciclos</li> <li>• Robustas y alta confiabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo elevado</li> <li>• Elementos altamente contaminantes</li> <li>• No reciclable</li> <li>• Auto descarga de un 10% mensual</li> <li>• Efecto memoria elevado</li> <li>• Deterioro prematuro con el calor</li> </ul>

Fuente: Ordóñez, 2011.

• **Níquel - metal hidruro.**

Tienen un rendimiento similar al de la batería de Ni-Cd, siendo la principal diferencia que en la batería de Ni-MH utiliza un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo de una aleación de hidruro metálico, que las hacen libre de cadmio, lo que conlleva una ventaja considerable.

**Tabla 9-2:** Ventajas y desventajas de las baterías de níquel - metal hidruro

<b>Baterías de Níquel - Metal hidruro</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor densidad energéticas</li> <li>• Libre de cadmio</li> <li>• Seguras</li> <li>• Fácil manejo</li> <li>• Puede cargarse con un cargador convencional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta auto descarga de 15 a 20% mensual</li> <li>• Menor fiabilidad</li> <li>• No soporta fuertes descargas</li> <li>• Vida de 300 a 500 ciclos</li> <li>• Elevado tiempo de carga</li> </ul>

Fuente: Ordóñez, 2011.

• **Litio - ferro - fosfato LiFePO4**

Las baterías de ion de litio con cátodo de LiFePO4, son una variación de las baterías de ion de litio con cátodo de LiCoO2. El fosfato de hierro litio (LiFePO4), posee un bajo costo, no es tóxico, tiene una alta abundancia de hierro, una excelente estabilidad térmica, buenas características de seguridad y un rendimiento electroquímico bueno (Ordóñez, 2011).

**Tabla 10-2:** Ventajas y desventajas de las baterías de LiFePO4

<b>Baterías de LiFePO4</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta tensión en circuito abierto, 3,3v</li> <li>• LiFePO4 es un cátodo de material intrínsecamente más seguro que LiCoO2</li> <li>• No posee efecto memoria</li> <li>• No está fabricada con productos tóxicos</li> <li>• Es la batería perteneciente a la familia del litio que mejor tolera las altas temperaturas</li> <li>• Supera los 2000 ciclos de vida.</li> <li>• Vida superior a los 10 años.</li> <li>• Tiempo de carga entre 15- 30 minutos.</li> <li>• Buena capacidad para soporta sobrecarga</li> <li>• Buena energía específica y densidad energética.</li> <li>• Buena potencia específica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas de ecualización y necesidad de circuitos electrónicos adicionales (menor tendencia al desequilibrio que el polímero de litio)</li> <li>• La densidad energética en una batería LiFePO4, es sensiblemente inferior su antecesora el ion de litio cátodo de LiCoO2, aproximadamente en un 14%</li> <li>• Sufren el efecto de pasivación.</li> </ul>

Fuente: Ordóñez, 2011.

• **Litio.**

Consideradas como baterías de alto rendimiento ya que permiten generar 3.3 v al contrario que las anteriores por lo que suelen ser usados para dispositivos electrónicos, pero una de sus limitantes es su periodo de vida muy corto.

**Tabla 11-2:** Ventajas y desventajas de las baterías de litio

<b>Baterías de Litio</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta densidad de energía</li> <li>• Alta energía específica</li> <li>• No necesitan de mantenimiento</li> <li>• Sin efecto memoria</li> <li>• Bajo efecto de auto descarga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenar en lugar frío al 40% de su carga</li> <li>• Baja capacidad de descarga en las baterías de iones de litio</li> <li>• Limitaciones en su transporte aéreo</li> <li>• Precio superior a otras baterías.</li> </ul>

Fuente: Ordóñez, 2011.

• **Plomo – ácido.**

Son baterías usados por autos comunes que necesitan 12v, aunque también existen baterías que poseen 6v estas están conformados por celdas de 2v cada estas baterías poseen una ventajas y desventajas.

**Tabla 12-2:** Ventajas y desventajas de las baterías de plomo – ácido.

<b>Baterías de Plomo – Ácido</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnología funcional establecida en todo el mercado</li> <li>• Mayor tensión en celdas al conectarlas en serie</li> <li>• Su descarga mensual es aproximada de 5%</li> <li>• Eficiencia por encima de 80%</li> <li>• Fácil tratamiento de reciclaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso elevado</li> <li>• Baja energía de 30 – 50 W/kg</li> <li>• Vida corta de 500 a 600 ciclos</li> <li>• Largo tiempo de carga</li> <li>• Baja resistencia en sobrecarga</li> <li>• Afectadas por corrosión y sulfatación</li> </ul>

Fuente: Ordóñez, 2011.

## CAPITULO III

### 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS.

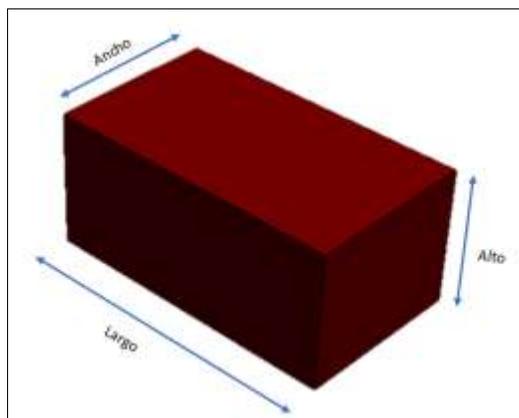
#### 3.1. Consideraciones técnicas para el diseño.

Al no poseer en el país una reglamentación sobre este tipo de vehículos se tomará como bases la normativa de la carrera solar Atacama en su categoría Hibrida 2020.

##### 3.1.1. Dimensiones.

El prototipo completo debe estar incluido dentro del prisma rectangular estando en posición horizontal.

- Alto 1600mm
- Ancho 2000mm
- Largo 3500mm
- Distancia mínima del suelo a la parte más baja 75mm



**Figura 23-3.** Dimensiones del prototipo

**Fuente:** Autores, 2019.

### **3.1.2. Seguridad.**

- Los componentes mecánicos de transmisión de movimiento deben estar protegidos para evitar lesiones a los ocupantes.
- Los componentes eléctricos deben estar anclados a la estructura y aislados de los ocupantes.
- Cada ocupante debe tener un cinturón mínimo de 3 puntos que cumplan estándares de seguridad.
- Se debe contar con 2 sistemas de freno independientes con diámetro mínimo de discos 200mm.
- El sistema de frenos principal debe ser capaz de detener el vehículo en  $d = 0.1 v + 0.0060 v^2$  m.
- El sistema secundario de frenos debe detener el vehículo en  $d = 0.1 v + 0.0158 v^2$  m.
- Los neumáticos deben estar homologados y tener una huella mínima de 1,5mm.
- El sistema de alto voltaje debe estar aislado de los conductores.
- El vehículo debe ser capaz de soportar 4 veces su peso.

### **3.1.3. Componentes obligatorios.**

- El sistema de iluminación debe asemejarse a un vehículo convencional respetando las normas en colores y ubicación de cada luz.
- Debe contar con un elemento sonoro de advertencia (bocina) con una presión mayor a 105 decibelios medidos a 2m.
- El vehículo debe contar con sistema de reversa.
- Debe disponer de sistema que permitan visualizar todos los puntos del vehículo en la posición que se encuentra el piloto (espejos, cámaras).
- El vehículo tiene que contar con sistemas de corte de energía uno al interior del vehículo y otro al exterior.
- Todos los sistemas y componentes que representen un riesgo para la salud de las personas deben estar protegido y con su respectiva señalética.
- Debe contener un sistema de modo seguro cuando este está estacionado.

### 3.2. Modelado en software CAD.

Por la experiencia adquirida con anteriores proyectos, primero se construyeron los prototipos en materiales económicos (PVC, cartón) para poder dimensionar correctamente la carrocería con esto se optimiza el espacio y se reducen los costos de fabricación (Figura 24-25).



**Figura 24-3.** Prototipo vertical.

**Fuente:** Autores, 2019.

El prototipo de la (Figura 24), tuvo un inconveniente por el diseño de los pedales la distancia entre ejes era muy grande por lo que se tenía que reforzar la estructura para evitar deformaciones por flexión, además que presentaba inestabilidad en curvas datos obtenidos del análisis de estructuras similares.



**Figura 25-3.** Prototipo horizontal.

**Fuente:** Autores, 2019.

El prototipo de la (Figura 25), fue más compacto y respetaba las medidas ofrecidas para el diseño por lo que se procedió a realizar el modelado en SOLIDWORKS y su posterior análisis en ANSYS.

Se realizó el análisis utilizando elementos finitos con el software ANSYS, en el cual se aplicaron las cargas correspondientes, una de las más importantes a considerar es la capacidad de la estructura de resistir 4 veces su peso, por lo que se tuvo que reforzar la estructura en puntos críticos, se realizaron los análisis con distintos perfiles como lo muestra la (tabla 13).

### 3.2.1. Cálculo de factor de seguridad.

El esfuerzo permisible del tubo estructural redondo negro es de: 36259 psi

$$F.S. = \frac{2.129 * e^5 \text{ psi}}{36259 \text{ psi}} = 8.71 * 10^{-3}$$

$$F.S. = \frac{4625.3 \text{ psi}}{36259 \text{ psi}} = 0.13$$

$$F.S. = \frac{1.26 * e^5 \text{ psi}}{36259 \text{ psi}} = 5.25 * 10^{-3}$$

$$F.S. = \frac{30682 \text{ psi}}{36259 \text{ psi}} = 0.85$$

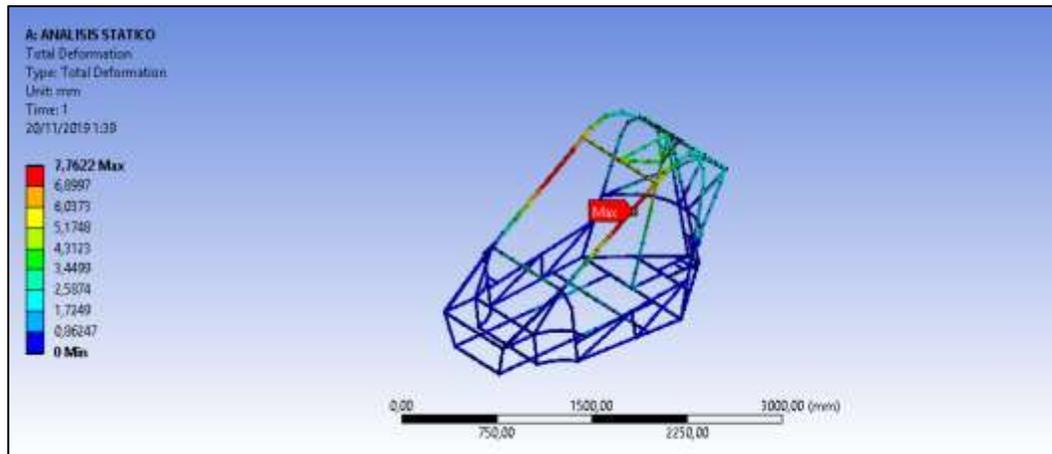
**Tabla 13-3:** Cálculo de perfiles

N.º	PERFILES (CATALOGO DIPAC)	MASA DEL PROTOTIPO(Kg)	FACTOR DE SEGURIDAD
<b>Análisis 1</b>	1 in x 2mm	45.79	8.71*10 <sup>-3</sup>
<b>Análisis 2</b>	1 ¼ in x 2mm	140.29	0.12
<b>Análisis 3</b>	1 ¼ in x 1,5mm	82.563	5.24*10 <sup>-3</sup>
<b>Análisis 4</b>	1 in x 2mm - 1 ¼ in x 2mm	56.14	0.85

Fuentes: Autores, 2019.

**Nota:** según el software ANSYS el factor de seguridad se mide entre 0 y 1 siendo malo cuando está cercano a cero y bueno cuando se acerca a uno.

Se obtuvo que la combinación de dos perfiles circulares daba un mejor resultado como lo muestra la (figura 26).



**Figura 26-3.** Análisis estático ANSYS.

Fuente: Autores, 2019.

El análisis 4 con la combinación de dos perfiles circulares tuvo el mejor resultado y daba la mejor relación costo- beneficio, el perfil es un acero estructural (SAE J 403 1008). El cual fue usado por su bajo costo y ser muy fácil para trabajar. Uno de los problemas que se observó cuando fue construido el prototipo con materiales alternativos fue su tamaño y lo complejo que sería transportarlo en caso de alguna exhibición, por lo que se optó por realizar un prototipo desarmable procurando dejar intactas las piezas donde existan mayores cargas y riesgo de sufrir un fallo.

Para el proceso de armado se debe seguir una secuencia para maximizar el tiempo y evitar errores que pudieran surgir por la similitud de algunas piezas o por la forma de anclaje que tiene cada una de ellas ver manual de ensamblaje (ANEXO 2).

### 3.3. Cálculos dirección.

#### 3.3.1. Par necesaria para girar el manubrio



**Figura 27-3.** Dinamómetro de fuerza.  
Fuente: Autores, 2019.

**Tabla 14-3:** Fuerza de pilotos

<b>Fuerza de pilotos</b>	
<b>Kg-f</b>	<b>N</b>
<b>8.5</b>	83,3
<b>10</b>	98,06
<b>9</b>	88,25
<b>11</b>	107,87
<b>12</b>	117,68
<b>11</b>	107,87

Fuente: Autores, 2019.

Promedio de fuerza en Newtons: 100,505 N

Radio del manubrio:0.25m

$$\text{Par} = 100.505\text{N} * 0.25\text{m} = 25,13\text{Nm}$$

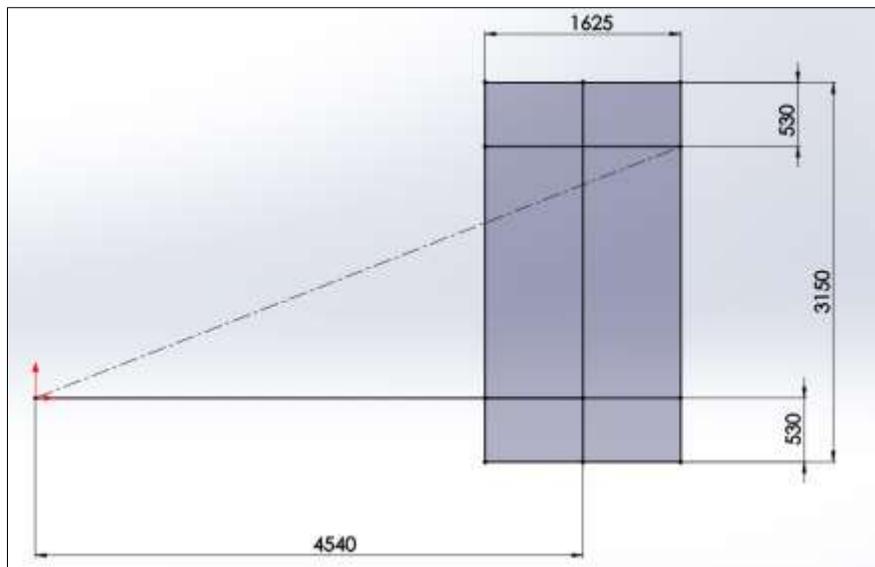
El par necesario para gira el manubrio es de 25.13 Nm.

### 3.3.2. Radio de giro.

Ángulo de giro del manubrio: 35°

Ángulos de giro las llantas delanteras; 40°

$$Rt = \frac{35^\circ}{40^\circ} * 5 = 4.735$$



**Figura 28-3.** Diagrama gráfico del radio de giro.  
Fuente: Autores, 2019.

### 3.4. Cálculos de transmisión.

Datos:

Piñón 1 = 32 Dientes

Piñón 2 = 16 Dientes

Piñón 3 = 72 Dientes

Formulas:

$$i = \frac{D1}{D2}$$

$$i = \frac{N1}{N2}$$

$$D1 * N1 = D2 * N2$$

D1 = número de dientes del piñón motriz

D2 = número de dientes del piñón conducido

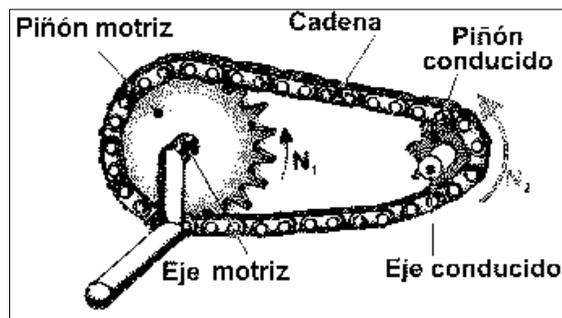
N1 = velocidad del eje del piñón motriz

N2 = velocidad del eje del piñón conducido

**Tabla 15-3:** Relación de transmisión

Descripción	Numero de dientes	Relación de transmisión
Piñón 1-2	32-16	2:1
Piñón 2-3	16-72	1:4,5
Piñón 1-3	32-72	1:2,25

Fuente: Autores, 2020



**Figura 29-3.** Partes de transmisión de movimiento por pedal.

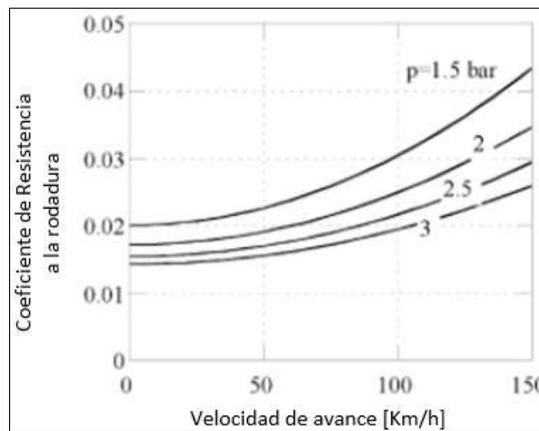
Fuente: Institución educativa Eudoro Granada, s.f.

### 3.5. Cálculos de motor.

#### Dimensionamiento del motor eléctrico.

- **Resistencia a la rodadura.**

La resistencia a la rodadura es una fuerza que se opone al movimiento por lo que influye directamente en el consumo de energía a mayor presión de inflado del neumático menor fuerza de rodadura (figura 30)



**Figura 30-3.** Coeficiente de resistencia a la rodadura.

Fuente: Cossalter, 2006.

Para el cálculo de la potencia se tomó como referencia tres velocidades es promedio de 60km/h, 70km/h y 100km/h de las cuales se obtuvo su resistencia a la rodadura basada en la tabla 16 a una presión de inflado de los neumáticos de 3 bares.

**Tabla 16-3.** Resistencia a la rodadura a distintas velocidades.

Velocidad Km/h	Coeficiente de resistencia a la rodadura ( $f_r$ )
60	0.015
70	0.016
100	0.019

Fuente: Autores, 2019.

- **Cálculos de fuerzas.**

Para el cálculo de la fuerza para mover el prototipo solar se utilizarán las siguientes ecuaciones (Becerril, 2014).

$$F = f_r N$$

$$N = mg$$

Donde:

$F$  = Fuerza para mover el prototipo solar

$f_r$  = Coeficiente de resistencia a la rodadura

$N$  = fuerza normal,

$m$  = masa del objeto a mover

$g$  = Gravedad

Para los cálculos se necesita el peso, lo que se estima que será de 250 Kg.

Reemplazo de valores.

$$F_{60} = (0.015)(250 \text{ Kg})(9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 36.79 \text{ N}$$

$$F_{70} = (0.016)(250 \text{ Kg})(9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 39.24 \text{ N}$$

$$F_{100} = (0.019)(250 \text{ Kg})(9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 46.60 \text{ N}$$

**Tabla 17-3:** Fuerza de empuje

Velocidad (Km/h)	Fuerza de empuje [N]
60	36.79
70	39.24
100	46.60

Fuentes: Autores, 2019.

- *Cálculo de torque.*

Esta en función del radio de los neumáticos y la fuerza de empuje (Becerril, 2014)

$$T_n = R * F$$

Donde:

$T_n$  = Torque necesario

$R$  = Radio de la llanta

$F$  = Fuerza de empuje

Por el peso y las dimensiones del prototipo se recomienda neumáticos con homologación DOT teniendo en cuenta esto se ha escogido neumáticos de motocicleta 90/90-21, el cual su radio es de 0.53 m.

Reemplazo de valores.

$$T_n = (0.53m)(36.79N)$$

$$T_n = 19.49 Nm$$

$$T_n = (0.53m)(39.24N)$$

$$T_n = 20.79 Nm$$

$$T_n = (0.53m)(46.60n)$$

$$T_n = 24.69 Nm$$

**Tabla 18-3:** Torques

Velocidad (Km/h)	Torque [ $T_n$ ]
60	19.49
70	20.79
100	24.69

Fuente: Autores ,2019.

- *Cálculo de la potencia.*

Para calcular la potencia se usa la siguiente ecuación donde la velocidad debe estar expresada en m/s.  
(Becerril, 2014)

$$P = F * V$$

Donde:

$P$  = Potencia

$F$  = Fuerza de empuje

$V$  = Velocidad

**Tabla 19-3:** Velocidades

Velocidad (Km/h)	Velocidad [m/s]
60	16.66
70	19.44
100	27.77

Fuente: Autores, 2019.

Reemplazo de valores

$$P = (36.79)(16.66 \text{ m/s})$$

$$P = 612.9 \text{ watts} = 0.82 \text{ HP}$$

$$P = (39.24)(19.44 \text{ m/s})$$

$$P = 762.82 \text{ watts} = 1.02 \text{ HP}$$

$$P = (46.60)(27.77 \text{ m/s})$$

$$P = 1294 \text{ watts} = 1.73 \text{ HP}$$

**Tabla 20-3:** Potencia

Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Potencia (W)	Potencia (HP)
60	16.66	612.9	0.82
70	19.44	762.82	1.02
100	27.77	1294	1.73

Fuente: Autores, 2019.

- **Resistencia aerodinámica.**

Para el cálculo de la resistencia aerodinámica se usa la siguiente formula (Izquierdo, 1995)

$$Fd = Cx * \frac{1}{2} * \rho * Af * v^2$$

Donde:

$Fd$  = Resistencia aerodinámica

$Cx$  = Coeficiente aerodinámico (calculado en ANSYS)

$\rho$  = Densidad del aire ( $0.9467 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ )

$Af$  = Área frontal ( $2.4\text{m}^2$ )

$v$  = velocidad

**Tabla 21-3:** Coeficientes aerodinámicos calculados en software.

Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Coefficiente aerodinámico (C <sub>x</sub> )
60	16.66	0.39
70	19.44	0.31
100	27.77	0.25

Fuente: Autores, 2019.

Reemplazo de valores.

$$Fd = (0.39) \frac{1}{2} (0.9467 \text{ Kg/m}^3) * (2.4\text{m}^2) * (16.66 \text{ m/s})^2$$

$$Fd = 122.97 \text{ N}$$

$$Fd = (0.31) \frac{1}{2} (0.9467 \text{ Kg/m}^3) * (2.4\text{m}^2) * (19.44 \text{ m/s})^2$$

$$Fd = 133.09 \text{ N}$$

$$Fd = (0.25) \frac{1}{2} (0.9467 \text{ Kg/m}^3) * (2.4\text{m}^2) * (27.77 \text{ m/s})^2$$

$$Fd = 219.02 \text{ N}$$

**Tabla 22-3:** Resistencia aerodinámica.

Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Resistencia aerodinámica (N)
60	16.66	122.97
70	19.44	133.09
100	27.77	219.02

Fuente: Autores, 2019.

- **Potencia absorbida.**

Fórmula para calcular la potencia necesaria para vencer la resistencia aerodinámica.

$$P_a = Fd * V$$

Reemplazo de valores.

$$P_a = 122.97N * 16.66(m/s)$$

$$P_a = 2048.6 \text{ watts} = 2.74 \text{ HP}$$

$$P_a = 133.09 N * 19.44(m/s)$$

$$P_a = 2587.3 \text{ watts} = 3.46 \text{ HP}$$

$$P_a = 219.02 N * 27.77(m/s)$$

$$P_a = 6082.18 \text{ watts} = 8.15 \text{ HP}$$

**Tabla 23-3:** Potencia absorbida.

Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Potencia absorbida (HP)
60	16.66	2.74
70	19.44	3.46
100	27.77	8.15

Fuente: Autores, 2019.

- **Potencia estimada.**

Es la suma de todas las potencias obtenidas.

$$P_e = P + P_a$$

$$P_e = 612.9 \text{ watts} + 2048.6 \text{ watts}$$

$$P_e = 2661.5 \text{ watts} = 3.56 \text{ HP}$$

$$P_e = 762.82 \text{watts} + 2587.3 \text{ watts}$$

$$P_e = 3350.12 \text{ watts} = 4.49 \text{ HP}$$

$$P_e = 1294 \text{watts} + 6082.18 \text{ watts}$$

$$P_e = 7376.18 \text{ watts} = 9.89 \text{ HP}$$

**Tabla 24-3:** Potencia estimada.

Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Potencia estimada (HP)
60	16.66	3.56
70	19.44	4.49
100	27.77	9.89

Fuente: Autores, 2019.

**Tabla 25-3:** Potencia y torque estimados para el motor del prototipo.

POTENCIA (HP)	TORQUE (Nm)
4 a 10	>25

Fuente: Autores, 2019.

### 3.6. Cálculos de frenos.

El sistema de freno de servicio debe ser capaz de detener el vehículo híbrido con su máxima capacidad de ocupantes dentro de una distancia de:  $d = 0.1 v + 0.0060 v^2$  metros desde cualquier velocidad  $v$ , en km/h, que el vehículo híbrido pueda alcanzar. (atacama 2020)

Reemplazo de valores.

$$d = 0.1 v + 0.0060v^2$$

$$d = 0.1(16.66) + 0.0060(16.66)^2$$

$$d = 3.33m$$

$$d = 0.1(19.44) + 0.0060(19.44)^2$$

$$d = 4.21m$$

$$d = 0.1(27.77) + 0.0060(27.77)^2$$

$$d = 7.40m$$

**Tabla 26-3:** Resultados de frenado según la velocidad

<b>Velocidad m/s</b>	<b>Distancia de frenado (m).</b>
16.66	3.33
19.44	4.21
27.77	7.40

Fuente: Autores, 2019.

Si el sistema de frenado de servicio falla, el sistema de frenado secundario debe ser capaz de detener el vehículo híbrido con su máxima capacidad de ocupantes dentro de una distancia de:  $d = 0.1 v + 0.0158 v^2$  metros desde cualquier velocidad  $v$ , en km/h, que el vehículo híbrido pueda alcanzar. (atacama 2020)

Reemplazo de valores.

$$d = 0.1 v + 0.0158 v^2$$

$$d = 0.1(16.66) + 0.0158(16.66)^2$$

$$d = 6.05m$$

$$d = 0.1(19.44) + 0.0158(19.44)^2$$

$$d = 7.9m$$

$$d = 0.1(27.77) + 0.0158(27.77)^2$$

$$d = 14.95m$$

**Tabla 27-3:** Resultado de frenado según la velocidad

<b>Velocidad m/s</b>	<b>Distancia de frenado (m).</b>
16.66	6.05
19.44	7.9
27.77	14.95

Fuente: Autores, 2019.

### **3.7. Construcción de la carrocería.**

#### **3.7.1. Soldadura.**

Para el proceso de soldadura se utilizó un equipo Inverter con un voltaje de alimentación de 110v y un máximo de 160 amperios, como material de aporte se usaron electrodos 6011. La regulación del amperaje de trabajo se lo realizó en base a las recomendaciones del fabricante del equipo que según en catalogo para el tipo de electrodo usado va de 100 a 120 amperios.

### 3.7.2. Equipos de protección personal.

Como en todo trabajo que implique la manipulación de máquinas herramientas se debe precautelar la seguridad del trabajador por lo que este no fue la excepción, para esto se usaron máscaras de soldar fotosensibles, guantes de soldador, mandil ignifugo, gafas industriales, zapatos de protección, protectores auditivos y mascararas respiratorias.

### 3.7.3. Chasis.

La combinación de los perfiles del análisis 4 de la (tabla 13) dio el mejor resultado donde el perfil 1  $\frac{1}{4}$  in x 2mm se usó para la parte superior para los largueros que protegen el techo y soporta el parabrisas, lo demás se realizó con el perfil 1 in x 2mm; Por ser un prototipo desarmable se empezó por la base para que sirva de referencia para las medidas y anclajes de los demás elementos (Figura 31) y (Figura 32).



**Figura 31-3.** Base.

Fuente: Autores, 2019.



**Figura 32-3.** Base.  
Fuente: Autores, 2019.

Para facilitar el proceso de soldadura es necesario que los cortes sean limpios y con los mínimos errores en las medidas, para evitar las deformaciones producto de la temperatura que alcanza el acero en el proceso de soldadura primero se puntean todos los elementos y se remata con un cordón de soldadura colocando la estructura en una superficie plana. Para la unión entre elementos se colocaron barras de acero solido soldadas en los extremos en los cuales le unían los demás elementos que posteriormente fueron empernados, el proceso se lo realizo para cada uno de los elementos individuales que conformaron la carrocería hasta obtener el diseño original (Figura33).



**Figura 33-3.** Estructura final.  
Fuente: Autores, 2019.

### 3.8. Suspensión.

#### 3.8.1. Suspensión delantera.

La suspensión delantera que se utilizó para este prototipo fue la de un cuadron 250cc, se usaron las mesas y los amortiguadores ver la (Figura 34). Para lo cual se construyeron los anclajes correspondientes como muestra la (Figura. 35), se usaron las manguetas de un automóvil cuyo peso es de 864 kg las cuales fueron modificadas para que encajen las rótulas de las mesas de suspensión y poder adaptar las bases del sistema de freno (Figura 36).



**Figura 34-3.** Mesas superior e inferior.  
**Fuente:** Autores, 2019.



**Figura 35-3.** Suspensión delantera.  
**Fuente:** Autores, 2019.



**Figura 36-3.** Mangueta.  
**Fuente:** Autores,2019.

En la mangueta se instaló los rodamientos y la manzana de rueda con el disco de freno en una prensa hidráulica para facilitar el control de la presión necesaria en el ensamble sin afectar ningún componente por una incorrecta instalación “golpes”.

### **3.8.2. Suspensión posterior.**

Por el gran peso que iba a soportar la suspensión se optó por poner un amortiguador en la parte posterior (Figura. 37), para lo cual se usó amortiguador de motocicleta monoshock, la estructura se seleccionó en base a las dimensiones de la llanta que se va a usar (Figura. 38).



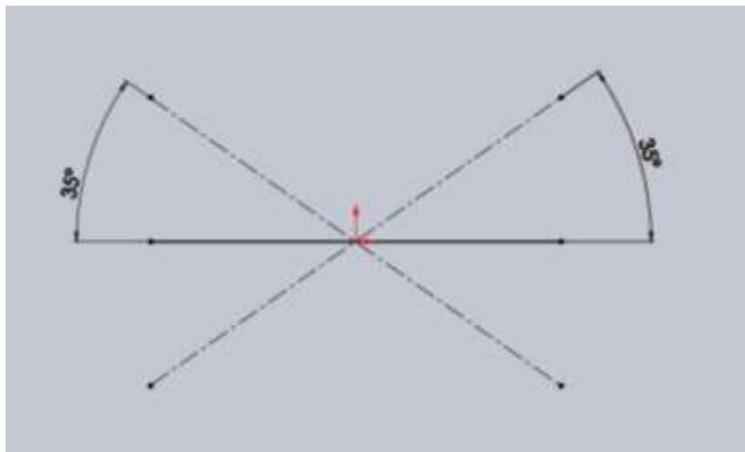
**Figura 37-3.** Amortiguadores.  
**Fuente:** Autores, 2019.



**Figura 38-3.** Base de rueda posterior.  
**Fuente:** Autores, 2019.

### 3.9. Sistema de dirección.

Por su corto ángulo de giro que debía tener el volante (Figura. 39) y los elementos que se incluirían, se optó por un volante de motocicleta que admite el colocar los mandos en el manubrio siendo de fácil acceso al usuario, es por ello por lo que para su elaboración se usó varilla sólida  $\frac{3}{4}$  y chumaceras para facilitar su giro, en las rótulas se extendieron para alcanzar la longitud deseada como lo muestra la (Figura. 40).



**Figura 39-3.** Ángulo de giro del volante  
**Fuente:** Autores, 2019.



**Figura 40-3.** Brazos de dirección.

**Fuente:** Autores, 2019.

### 3.10. Sistema de frenos.

Uno de los requisitos es que el prototipo debe tener dos sistemas de freno independientes con circuitos separados y un freno de estacionamiento por lo que se usaron mordazas con pistones independientes como los de la (figura 41), que cuentan con 2 circuitos independientes un circuito acciona 2 pistones y el otro acciona 1 pistón central, el primer circuito se lo uso como freno principal siendo este accionado por pedal, se usó un freno de mano hidráulico el cual hace la función del segundo freno y freno de estacionamiento (figura 42), para la unión de los circuitos se usar acoples como lo muestra la figura 43.



**Figura 41-3.** Freno principal.

**Fuente:** Autores, 2019.



**Figura 42-3.** Freno de mano  
Fuente: Autores, 2019.



**Figura 43-3.** Conexiones hidráulicas de frenos.  
Fuente: Autores, 2019.

### 3.11. Llantas.

Una de las características del vehículo es que debe ser propulsado con el pedaleo de una sola persona por lo que el peso final influirá en el esfuerzo a realizar, por lo que se usó como primera opción llantas de bicicleta reforzadas como lo muestra la (Figura 44), pero el eje se deformó por la manera en que está diseñada la dirección. Para lo cual se utilizaron llantas de moto adaptadas y con un eje reforzado como lo indica la (Figura 45).



**Figura 44-3.** Llanta de bicicleta.

Fuente: Autores, 2019.



**Figura 45-3.** Llanta de motocicleta.

Fuente: Autores, 2019.

### **3.12. Interiores.**

La finalidad que tiene el prototipo es la movilidad urbana por lo que tiene que ser lo más confortable posible por lo que se optó por poner asientos con relleno como los de la (Figura 46), estos asientos entre sus características son reclinables, regulables y poseen calefacción.

En la (Figura 47) se observa la disposición de los componentes en el tablero el cual fue diseñado para colocar instrumentos de medición (consumos, voltajes, potencia) y entretenimiento (altavoces, puertos USB, pantalla para retro con opción multimedia).



**Figura 46-3.** Asientos de auto.  
**Fuente:** Autores, 2019.



**Figura 47-3.** Tablero del prototipo.  
**Fuente:** Autores, 2019.

### 3.13. Acabados.

Como parte final luego de tener instalado los componentes en cada lugar se procede a desarmar y rematar los puntos de soldaduras (Figura 48), esmerilar, masillar (Figura 49), lijar (Figura 50), pintar con fondo (Figura 51), y finalmente pintar con el color elegido (Figura 52).



**Figura 48-3.** Soldadura de piezas.

**Fuente:** Autores, 2019.



**Figura 49-3.** Masillado de soldaduras.

**Fuente:** Autores, 2019.



**Figura 50-3.** Lijado del exceso de masilla.

**Fuente:** Autores, 2019.



**Figura 51-3.** Fondeado de piezas.  
**Fuente:** Autores, 2019.



**Figura 52-3.** Pintado  
**Fuente:** Autores, 2019.

### **3.14. Sistema de propulsión mecánica.**

Para este sistema se usó componentes de bicicleta como son los piñones, pedales y cadenas (Figura 53), a este sistema se le realizaron los cálculos para que no se requiera de un gran esfuerzo para mover

el vehículo por medio del pedaleo, al ser un vehículo biplaza el diseño fue pensado para que ambos ocupantes puedan pedalear.



**Figura 53-3.** Pedales del prototipo  
**Fuente:** Autores, 2019.

Para que los dos sistemas sean independientes (sistema mecánico – sistema eléctrico) se usó piñones con racher (Figura 54), este sistema tiene la ventaja que la transmisión de los dos ocupantes es independiente esto quiere decir que si pedalea solo una sola persona el sistema del otro ocupante no tendrá movimiento.



**Figura 54-3.** Eje primario con racher.  
**Fuente:** Autores, 2019.

El funcionamiento del sistema es el siguiente:

1. Los pedales de los ocupantes transmiten el movimiento hasta un eje central.
2. El eje central por medio de racher independizan al sistema de cada ocupante.
3. El eje central por medio de un piñón fijo transmite el movimiento hasta un eje secundario.
4. El eje secundario tiene como función conectar la cadena que viene desde la rueda motor con el eje primario.
5. El movimiento llega hasta un piñón de 72 dientes es cual va fijo a la rueda.

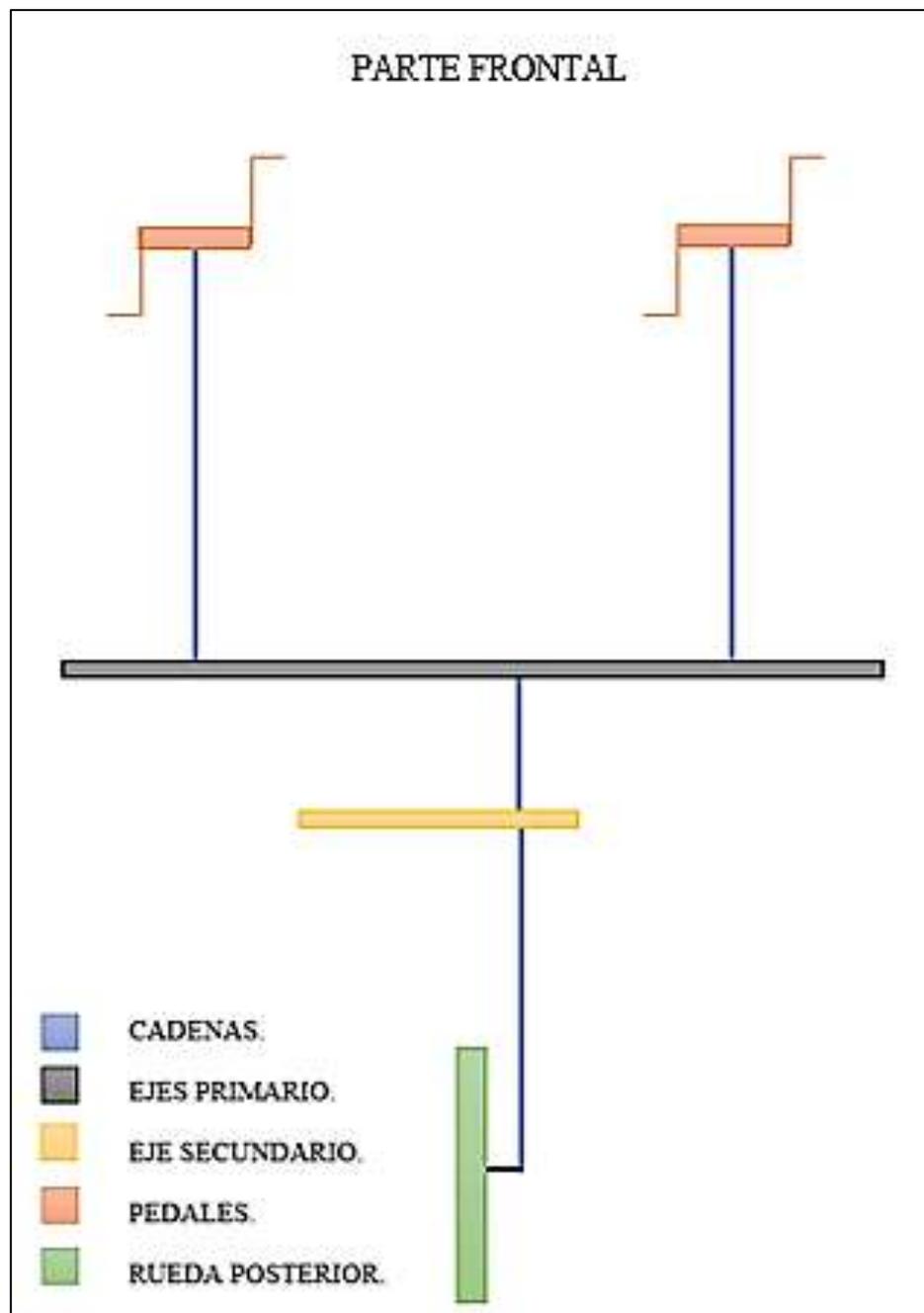
En la (Figura 55) se puede observar cómo se conecta el eje primario al eje secundario, este diseño se realizó por que el eje primario esta sobre el piso del vehículo y no era posible tramiten el movimiento a la rueda posterior ya que se generaba un rozamiento de la cadena con la estructura.



**Figura 55-3.** Eje primario y secundario.  
**Fuente:** Autores, 2019.

El sistema de transmisión mecánico (figura 56) por su configuración y la relación en el número de dientes entre piñones, está diseñado para circular a baja velocidad ya sea para un momento de recreación o simplemente para realizar una actividad física, además este sistema tiene gran torque por lo que aporta al motor eléctrico la fuerza adicional para salir desde el punto de reposo o en situaciones cuando exista demasiada inclinación, ya que el sistema eléctrico está enfocado a la velocidad del cual se detalla más adelante.

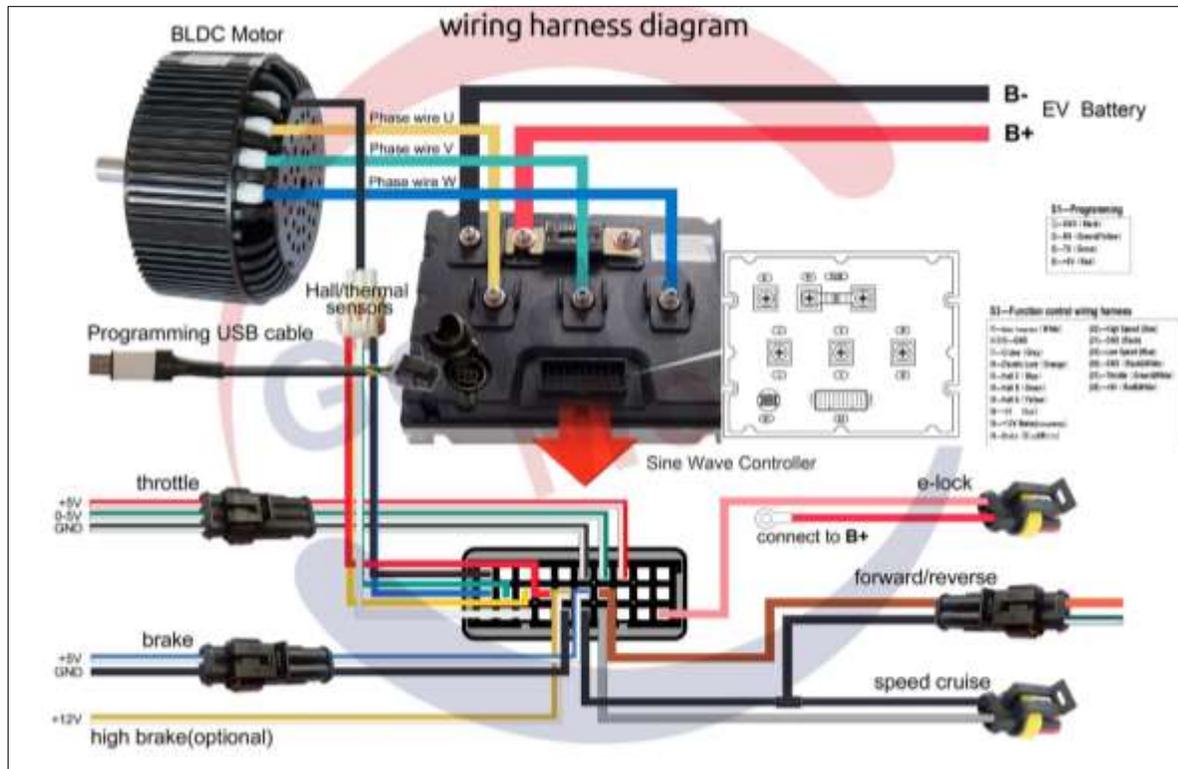
- Esquema del sistema de transmisión mecánico.



**Figura 56-3.** Diagrama de transmisión mecánica.  
Fuente: Autores, 2019.

### 3.15. Sistema de propulsión eléctrica.

Este sistema se implementó ya que solo con el sistema mecánico no era posible alcanzar una gran velocidad, esto es importante porque está enfocado en la movilidad urbana por ende debe alcanzar la velocidad mínima establecida para cada vía para no ocasionar congestión vehicular. (figura 57)



**Figura 57-3.** Esquema sistema eléctrico de propulsión.

Fuente: Golden Motor, s.f.

#### 3.15.1. Componentes que conforman el sistema eléctrico.

- **Acelerador.**

Uno de los elementos esenciales para el funcionamiento del prototipo es el acelerador electrónico el cual nos permite controlar la velocidad del vehículo de acuerdo a los requerimientos del conductor, para esto se usó un acelerador de efecto hall (Figura 58), estos aceleradores cuentan con un sensor interno el cual esa entre dos imanes por lo que no existen componentes que friccionen entre si

produciendo falsos contactos o señales incorrectas, a medida que se acelera el imán se aleja del sensor disminuyendo la fuerza del campo magnético que incide en el sensor y este envía una señal de voltaje a la ECU que va desde 0V-5V.



**Figura 58-3.** Acelerador tipo hall.  
Fuente: Autores, 2019.

- **Contactores.**

Al ser un sistema que se maneja altos voltajes y corrientes es necesario tener sistemas de seguridad que corten el flujo de voltaje desde la batería a los componentes del sistema, para eso se usan relés de potencia que en caso de exceder los límites tarados en el relé este cortara el flujo de energía, la ventaja de usar estos componentes es que se activa con una señal de voltaje muy baja y son capaces de manejar grandes cantidades de voltaje y corriente. (figura 59).



**Figura 59-3.** Relé de potencia.  
Fuente: Autores, 2019.

- **Controlador.**

Uno de los elementos principales es el controlador, el cual recibe la información de los sensores y este procesa la información para enviarla al motor, este debe ser capaz de suministrar la energía necesaria que requiera el motor para su funcionamiento según la información que recibe del acelerador y de otras señales como son retro, velocidad crucero, freno regenerativo, freno motor. Una de las ventajas del controlador de este prototipo es que tiene la capacidad de ser programado por lo cual se puede limitar ciertos parámetros para evitar revoluciones excesivas además que se puede controlar de mejor manera el consumo por lo cual se alargaría la autonomía de la batería al no esforzarla al límite de su capacidad. (figura 60).



**Figura 60-3.** Controlador.  
Fuente: Autores, 2019.

- **Motor brushless.**

La selección del motor correcto es de gran importancia, el buen dimensionamiento de este dependerá el comportamiento que tendrá el prototipo, un motor con poca potencia no será capaz de mover al prototipo o de moverlo será con una capacidad muy lenta, por otro lado, al escoger un motor con sobredimensionamiento sería una pérdida de dinero ya que según sus características el costo es elevado. Para este prototipo contamos con un motor trifásico síncrono de corriente continua el cual puede soportar hasta 400 amperios y un voltaje que va desde los 48v a 120v.

Para obtener el máximo rendimiento del motor depende también la correcta selección del controlador. (figura 61).

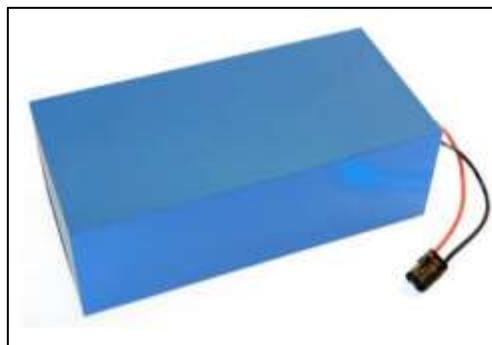


**Figura 61-3.** Motor brushless.  
**Fuente:** Autores, 2019.

- **Baterías.**

Las baterías deben ser capaces de proporcionar la energía que requiera el controlador según sus características, la composición química de las baterías y de cómo esté configurada dependerá del rendimiento que esta nos suministre. Para una mayor duración seleccionamos una batería más grande que sea capaz de almacenar más energía, por ende, ascenderá su peso y su costo.

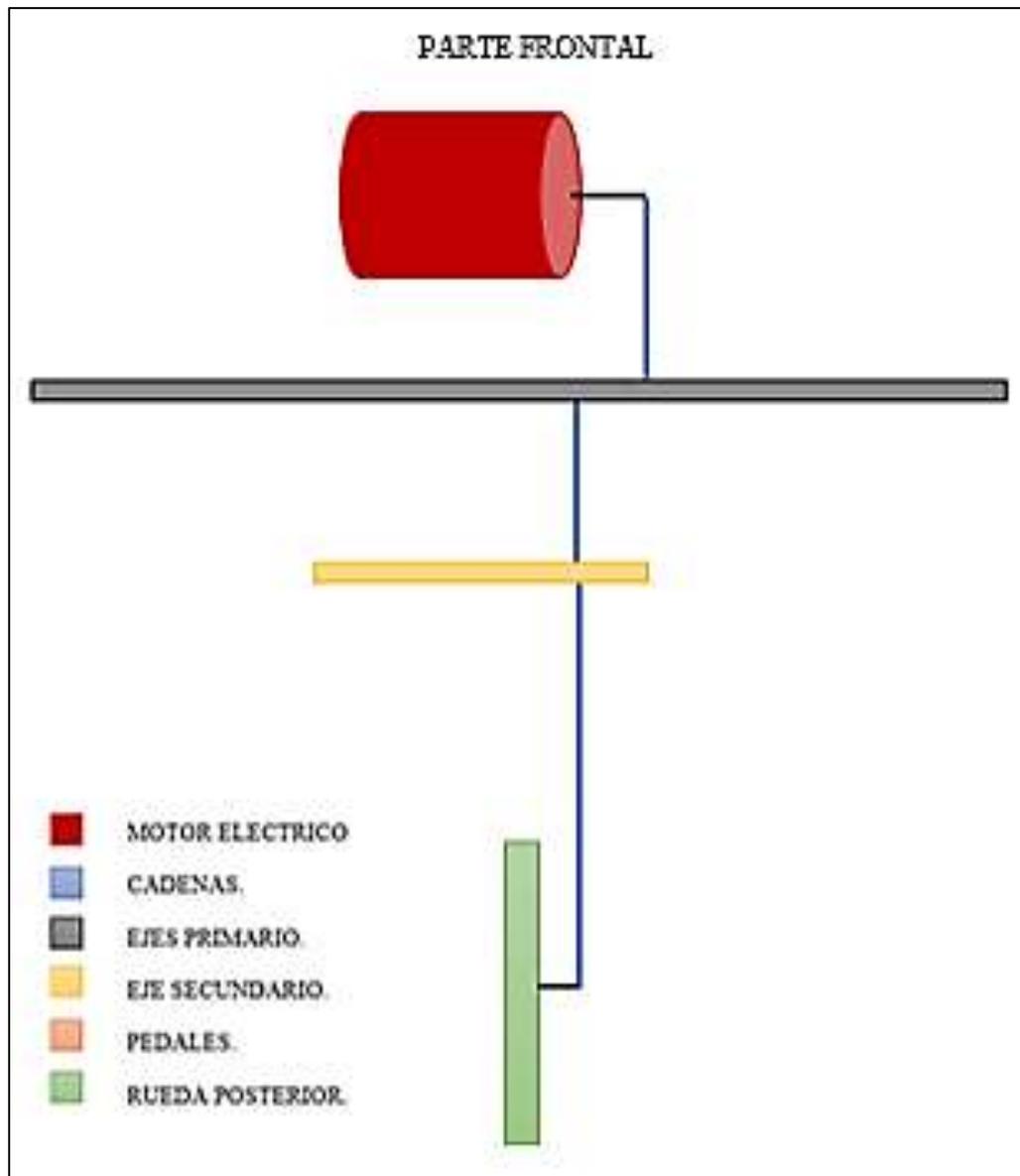
Las baterías usadas son de litio ferro fosfato de 60v 20Ah, estas baterías tienen elementos de control internamente que la protegen, son de tipo recargables, estos valores deberán ser acordes a las exigencias que tenga el motor, ya que de no ser así pueden provocar daños en la batería o una autonomía muy limitada. (figura 62).



**Figura 62-3.** Batería de litio.  
**Fuente:** Autores, 2019.

Para transmitir el movimiento del motor eléctrico hasta la rueda se lo hizo por medio de un tren de arrastre en cual consta de piñones y cadenas lo suficientemente resistente para soportar el alto torque del motor. (figura 63).

- **Esquema electrico de proporción eléctrica.**



**Figura 63-3.** Esquema de propulsión eléctrica.  
Fuente: Autores, 2019.

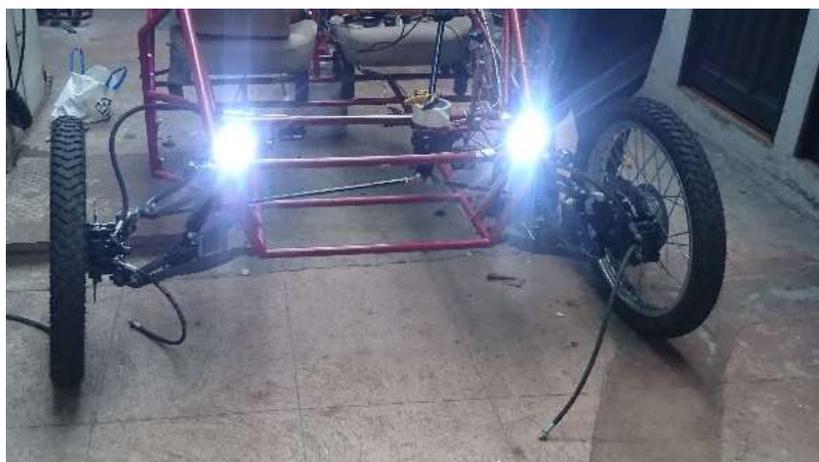
### 3.16. Sistema eléctrico de iluminación.

Al ser un vehículo que podría circular por las calles, debe tener todos los dispositivos de iluminación semejantes a un vehículo convencional, para esto se empleó distintos tipos de luces led para cada elemento, consta de 6 direccionales situadas dos en la parte delantera, dos en los retrovisores, y dos en la parte posterior, estas luces led además incluyen luz baja y luz de freno. En la parte posterior como lo indica la (Figura 64) adicional a los intermitentes esta la luz de freno.



**Figura 64-3.** Iluminación posterior del prototipo.  
Fuente: Autores, 2019.

Para la parte frontal se usaron luces led las cuales cuentan con una luz media como lo indica la (figura 65), luces altas y bajas.



**Figura 65-3.** Iluminación frontal del prototipo.  
Fuente: Autores, 2019.

Como todo vehículo convencional posee un tablero de instrumentos, en el cual se instaló sistemas de información, mandos de control y de seguridad, sistema de entretenimiento, además que sirve como base para los controladores de voltaje.

Como sistema de información tenemos una pantalla digital en la cual se observa voltaje de la batería, consumo, potencia del motor y temperatura de la batería, la velocidad cuenta con un odómetro digital al cual le llega la información mediante un sensor hall, mediante testigos se puede observar que elemento esta activado.

Para los mandos de control y seguridad se tiene un interruptor de tres posiciones el cual permite seleccionar entre marcha hacia adelante o hacia atrás, en la posición de marcha atrás también se activa la cámara de retro automáticamente, para que todo el sistema se energice primero se debe activar un swich de seguridad como el de la (Figura 66) colocado uno en el tablero al alcance del conductor y otro a un costado para cortar el suministro de corriente en caso de emergencia. Dentro de este sistema también se incluye una caja de fusibles que protege cada elemento, esta caja tiene la particularidad de que cuando un fusible se quema indica mediante led a cuál componente pertenece.



**Figura 66-3.** Switch de seguridad.

Fuente: Autores, 2019.

En el sistema de entretenimiento de opto por poner una pantalla táctil multimedia en la cual va conectada la cámara de retro, esta pantalla tiene conexión a unos altavoces por lo que permite la reproducción de audio y video mediante las distintas entradas que posee. Por último, en el tablero cuenta con dos tomas de 5V a 2.1A y otra de 12V.

### 3.17. Pruebas estáticas del prototipo.

Antes de realizar cualquier prueba en carretera se debe comprobar que todos los elementos de información de seguridad funcionen correctamente para esto se realizó un checklist con los elementos que se consideran indispensables para el funcionamiento del vehículo.

**Tabla 28-3:** Detalle de pruebas estáticas del prototipo.

Pruebas estáticas del prototipo		
Elemento	Acción	
	Aprueba	Reprueba
Direccionales	X	
Luces medias	X	
Luces altas	X	
Luces bajas	X	
Retrovisores	X	
Frenos	X	
Volante	X	
Instrumentación del volante	X	
Suspensión	X	
Transmisión mecánica	X	
Transmisión eléctrica	X	
Cámara de retro	X	
Luz de freno	X	
Sistema de entretenimiento	X	
Swich	X	
Aislamiento de cables de alto voltaje	X	
Sistema de 12v	X	

Fuente: Autores, 2019.

### 3.18. Presupuesto.

- Chasis.

**Tabla 29-3:** Chasis.

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Total
1	Tubo estructural 1-1/4 x 2mm	\$ 8,50	\$ 34,00
8	Tubo estructural de 1 x 2mm	\$ 7,50	\$ 45,00
3	Llantas	\$ 100,00	\$ 300,00
2	Mesas inferiores	\$ 25,00	\$ 50,00
2	Mesas superiores	\$ 25,00	\$ 50,00
2	Amortiguadores delanteros	\$ 15,00	\$ 30,00
2	Amortiguadores posteriores	\$ 40,00	\$ 40,00
3	Kits de frenos hidráulicos	\$ 90,00	\$ 270,00
3	Catarinas 3v	\$ 30,00	\$ 90,00
2	Juego de pedales	\$ 5,00	\$ 10,00
1	Shifter 9v	\$ 25,00	\$ 25,00
1	Cassette 9v	\$ 20,00	\$ 20,00
1	Líquido de frenos	\$ 8,00	\$ 8,00
2	Asientos	\$ 60,00	\$ 120,00
1	Volante	\$ 5,00	\$ 10,00
1	Dirección	\$ 60,00	\$ 60,00
2	Ejes de pedal	\$ 10,00	\$ 20,00
2	Bujes para pedal	\$ 10,00	\$ 20,00
9	Cadenas	\$ 4,00	\$ 36,00
2	Cinturones	\$ 45,00	\$ 90,00
6	Piñón racher 1v	\$ 4,00	\$ 24,00
		<b>TOTAL</b>	\$ 1,352

Fuente: Autores, 2019.

- **Sistema eléctrico y electrónico.**

**Tabla 30-3:** Sistema eléctrico y electrónico

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Total
1	Motor 10000watts	\$ 600,00	\$ 600,00
1	BSM	\$ 80,00	\$ 160,00
2	Controlador DC-DC	\$ 40,00	\$ 80,00
2	Rollos de cable	\$ 30,00	\$ 60,00
2	Focos principales	\$ 15,00	\$ 30,00
2	Direcciónales	\$ 5,00	\$ 10,00
1	Mandos	\$ 20,00	\$ 20,00
1	Otros	\$ 40,00	\$ 40,00
		<b>TOTAL</b>	\$ 1000,00

Fuente: Autores, 2019.

- **Total, Gastos del vehículo.**

**Tabla 31-3:** Gastos del vehículo

<b>Tabla 29</b>	\$ 1.352,00
<b>Tabla 30</b>	\$ 1000,00
<b>Total, 29+30</b>	\$ 2352,00

Fuente: Autores, 2019.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS.

- En cumplimiento del primer objetivo: Analizar las consideraciones técnicas y bases de la carrera solar Atacama 2020.se presentan las consideraciones que debe cumplir el prototipo según cada base técnica de la normativa.

**Tabla 32-4:** Dimensiones del vehículo híbrido.

<b>Dimensiones del vehículo híbrido</b>			
	<b>Carrera solar atacama</b>	<b>Dimensiones del prototipo</b>	<b>Cumplimiento</b>
<b>Altura</b>	1600 mm	1500 mm	SI
<b>Ancho</b>	2000 mm	1625 mm	SI
<b>Longitud</b>	3500	3150 mm	SI

Fuente: Autores,2020.

Según la tabla dimensiones del vehículo híbrido se puede observar el cumplimiento de las normas de la carrera solar atacama estando dentro de las dimensiones solicitadas por el reglamento.

**Tabla 33-4:** Ruedas, carrera solar atacama.

<b>Ruedas, carrera solar atacama</b>			
	<b>Atacama 2020</b>	<b>Prototipo</b>	<b>Cumplimiento</b>
<b>Numero de ruedas</b>	Tres - cuatro	tres	SI
<b>Suspensión</b>	Amortiguación en cada rueda	Sistema de amortiguación independiente de cuadron modelo 250 cc	SI
<b>Ancho de trocha ruedas delanteras</b>	Ancho de ruedas delanteras mayor que la mitad de la longitud	1625 mm	SI

Fuente: Autores,2020.

Según la tabla las ruedas de la carrera solar atacama se puede observar el cumplimiento de los requisitos para el sistema de ruedas.

**Tabla 34-4:** Baterías permitidas según la carrera solar atacama

<b>Baterías permitidas según la carrera solar atacama</b>			
<b>Tipo de batería</b>	<b>Masa total permitida en Kg</b>	<b>Batería de Prototipo (Kg)</b>	<b>Cumplimiento</b>
<b>Li -S</b>	7.5	-	
<b>Li – ion</b>	11	-	
<b>Li – polímero</b>	11	-	
<b>LiFePo<sub>4</sub></b>	22	17	Si

Fuente: Autores,2020.

Según la tabla las baterías permitidas dentro de la carrera solar atacama 2020 el prototipo utiliza una batería de LiFePo<sub>4</sub> que cumple con las especificaciones de peso.

**Tabla 35-4:** Habitáculo del ocupante.

<b>Habitáculo del ocupante</b>			
	<b>Carrera solar atacama</b>	<b>Prototipo</b>	<b>Cumplimiento</b>
<b>Espacio entre el casco y la cubierta</b>	50 mm o mas	70 mm	Si

Fuente: Autores,2020.

Según la tabla el habitáculo con respecto al espacio entre el casco y la cubierta debe ser de 50 mm como mínimo cumpliendo con lo solicitado.

**Tabla 36-4:** Visión posterior

<b>Visión posterior</b>			
	<b>C.S. Atacama 2020</b>	<b>Prototipo</b>	<b>Cumplimiento</b>
<b>Electrónico</b>	Lateral 4m, posterior 20 m	Posterior 20m	Si
<b>Espejos</b>	Lateral 4m, posterior 20 m	Lateral 4m	Si

Fuente: Autores,2020.

Según la carrera solar atacama exige una visión lateral de 4 m y posterior de 20m, cumpliendo con esto el prototipo se ayuda de un sistema electrónico de cámara de retro y un par de espejos retrovisor.

**Tabla 37-4:** Estabilidad.

<b>Estabilidad</b>			
	<b>C.S. Atacama 2020</b>	<b>Prototipo</b>	<b>Cumplimiento</b>
<b>Curva</b>	90°	90°	Si
<b>Giro en ancho de vía</b>	6 m	5m	Si

Fuente: Autores,2020.

El prototipo cumple con los requisitos dando una curva cerrada de 90° y es capaz de realizar un giro completo en 5m

**Tabla 38-4:** Frenos.

<b>Frenos</b>			
	<b>C.S. Atacama 2020</b>	<b>Prototipo</b>	<b>Cumplimiento</b>
<b>Principal</b>	Prefabricados o bicicleta	Frenos de disco de motocicleta	Si
<b>Secundario</b>	Prefabricados o bicicleta	Frenos de disco de motocicleta	Si

Fuente: Autores,2020.

El sistema de frenos puede ser de varias clases, pero por mayor seguridad se prefirió de motocicleta que soporta mayor esfuerzo y el frenado es más exacto.

**Tabla 39-4:** Luces.

<b>Luces</b>		
<b>C.S. Atacama</b>	<b>Cumplimiento prototipo</b>	<b>Cumplimiento</b>
<b>Dos luces delanteras de iluminación de camino</b>	Luz de camino de alta y baja	Si
<b>Dos luces traseras de frenado</b>	Frenos laterales con direccionales	Si
<b>Luz central de frenado</b>	luz de freno central	Si
<b>Luces delanteras de indicación izquierda y derecha</b>	Direccionales	Si
<b>Luces a los costados de indicación izquierda y derecha</b>	Luces direccionales en los costados en los retrovisores	Si
<b>Luces traseras de indicación de dirección</b>	Luces traseras con direccional y freno incluido	Si

Fuente: Autores,2020.

Según la tabla de luces se muestra el cumplimiento completo del sistema de iluminación exigido además todo el sistema es controlado desde el volante.

**Tabla 40-4:** Elemento sonoro de advertencia.

<b>Elemento sonoro de advertencia</b>		
<b>C.S. Atacama</b>	<b>Prototipo</b>	<b>Cumplimiento</b>
<b>Elemento sonoro de advertencia</b>	Bocina de moto a 1.5m de distancia del piloto	Si

Fuente: Autores,2020.

La bocina seleccionada es de una moto por lo cual cumple con los requisitos de mínimo 105 dB a medido a 2 m de distancia.

**Tabla 41-4:** Modo seguro eléctrico.

<b>Modo seguro eléctrico</b>		
<b>C.S. Atacama</b>	<b>Prototipo</b>	<b>Cumplimiento</b>
<b>El piloto puede poner en modo seguro</b>	El piloto y copiloto pueden desactivar el vehículo	Si
<b>Se puede desactivar desde el exterior</b>	Se desactiva desde el exterior en caso de emergencia	Si

Fuente: Autores,2020.

La seguridad eléctrica posee dos swich uno en la cabina y otro en la parte posterior que permiten desactivar el vehículo al igual que un comando de bloque que desactiva hasta no tener una llave de activación que gira y activa.

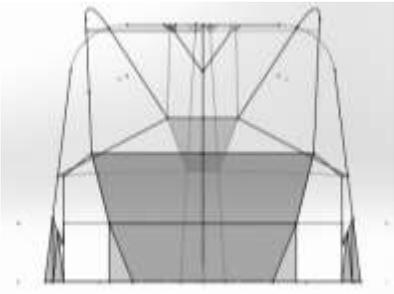
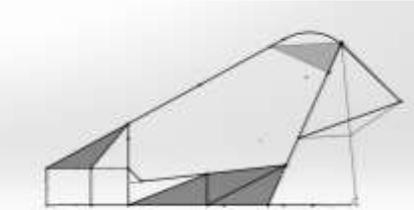
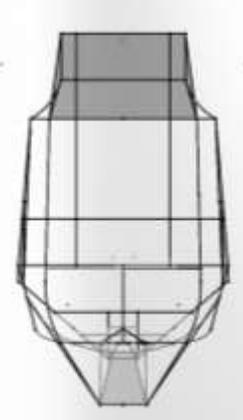
• **Segundo objetivo:**

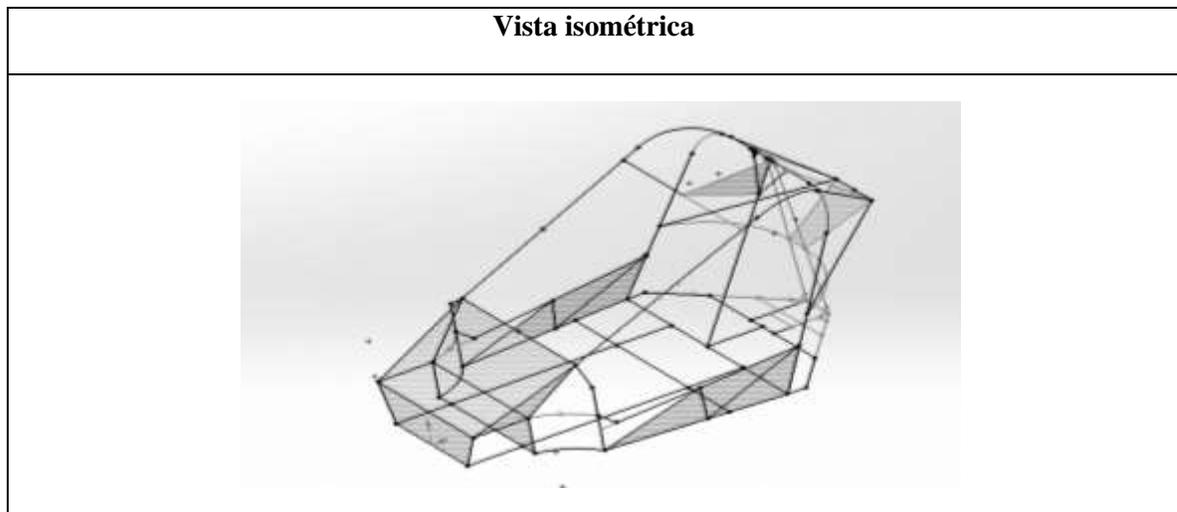
**Diseñar un prototipo de vehículo ecológico mediante el uso de software CAD, CAM, CAE basado en las normas de la carrera solar Atacama 2020.**

Para el diseño del prototipo se usó los softwares que permitieron dar las bases para el diseño dando como resultado el prototipo final gracias al uso de herramientas como es el CAD, CAM y CAE que permitieron la generación de un prototipo computarizado el cual se pudo realizar análisis mediante elementos finitos para proceder a una impresión 3d que nos bridaría una mejor apreciación del resultado que se esperó al final

Diseño computarizado en SolidWorks

**Tabla 42-4:** Vistas del prototipo

<b>Vista frontal</b>	<b>Vista lateral izquierda</b>	<b>Vista superior</b>
		

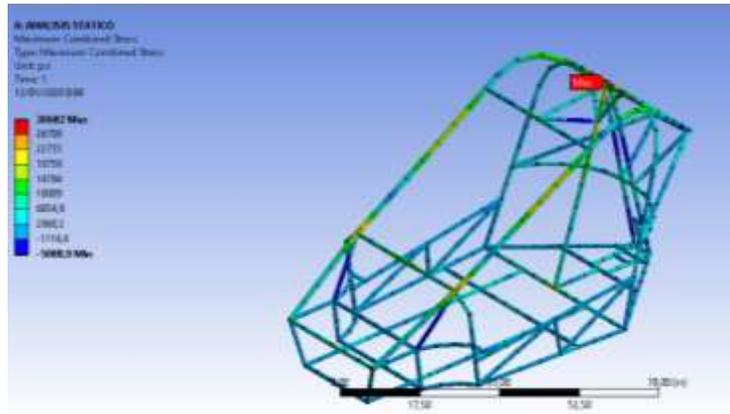


**Fuente:** Autores,2020.

En la figura anterior se puede apreciar el modelo general del prototipo en líneas debido a que el software permite un mejor manejo de manera lineal con ello se consiguió asignar las dimensiones que tendrá el prototipo.

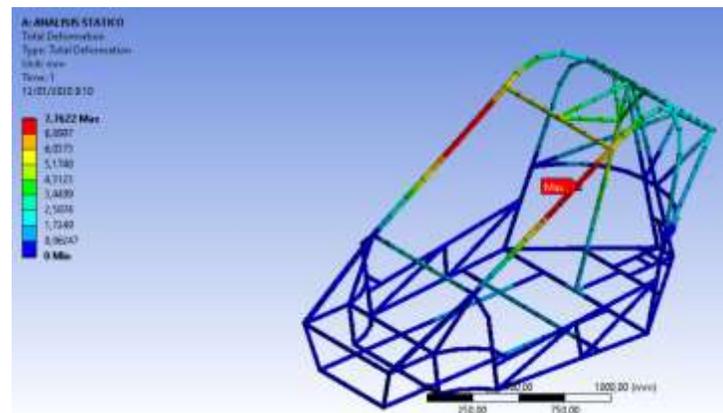
- **Análisis de elementos finitos.**

El análisis de elementos finitos permite evaluar una estructura lineal mediante la asignación de perfiles estructurales por lo cual se obtuvo como resultado el punto de mayor afectación al colocar cuatro veces el peso de la estructura sobre la misma ocasionando que se formen puntos de presión por lo cual no permitió obtener el factor de seguridad adecuado para salvaguardar la seguridad de los ocupantes siendo el factor de seguridad igual a 0.8 (figura 67).



**Figura 67-4:** Análisis estático de esfuerzo máximo.  
Fuente: Autores,2020.

Se pudo obtener el mayor grado de deformación de la estructura teniendo como una fuerza equivalente a siete veces el peso de la estructura dando como resultado un valor de 7.76 mm de deformación máxima en los palieres frontales siendo una deformación despreciable para la afectación del ocupante.



**Figura 68-4:** Análisis estático de deformación  
Fuente: Autores,2020.

Se realizó impresiones del prototipo en 3d a escala para verificación del prototipo terminado logrando tener una idea clara de cómo realizar un prototipo desmontable, logrando así ahorrar en costos ya que se evitó cometer errores con material ya de construcción final.



**Figura 69-4:** Modelo 3D  
Fuente: Autores,2020.

Tercer objetivo: Construir el prototipo de vehículo ecológico según las especificaciones dadas en el diseño.

Una vez realizado la culminación del prototipo con todos los implementos antes establecidos se realizó pruebas de funcionamiento en las cuales se obtuvo los siguientes resultados.



**Figura 70-4:** Prototipo de vehículo híbrido terminado  
Fuente: Autores,2020.

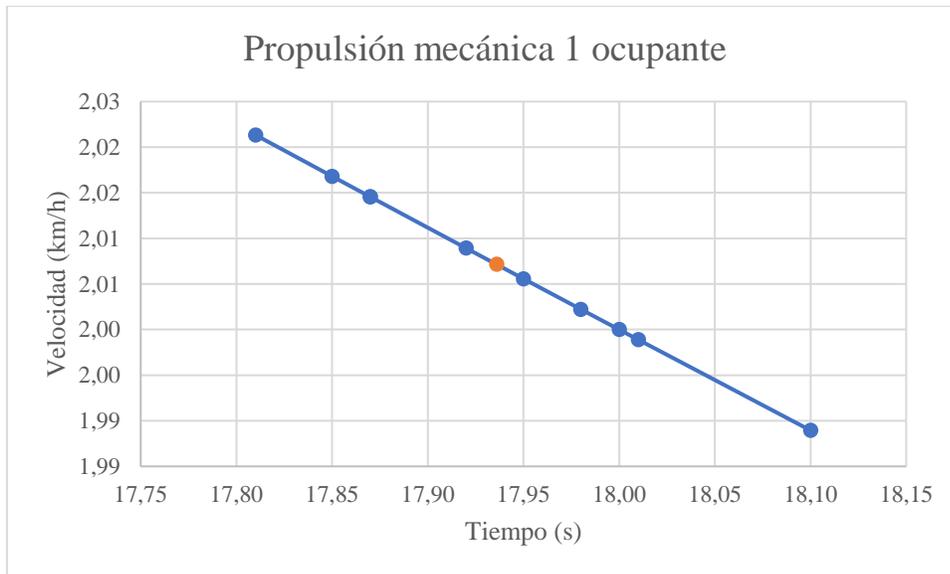
Pruebas de resultados del correcto funcionamiento del prototipo terminado.

- Propulsión mecánica.

**Tabla 43-4:** Propulsión mecánica 1 ocupante

Propulsión mecánica 1 ocupante				
Prueba	Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)
1	10	17,81	0,56	2,02
2	10	17,85	0,56	2,02
3	10	17,87	0,56	2,01
4	10	17,87	0,56	2,01
5	10	17,92	0,56	2,01
6	10	17,95	0,56	2,01
7	10	17,98	0,56	2,00
8	10	18,00	0,56	2,00
9	10	18,01	0,56	2,00
10	10	18,10	0,55	1,99
Promedio	10	17,94	0,56	2,01

Fuente: Autores,2020.



**Grafica 1-4:** Propulsión mecánica 1 ocupante.

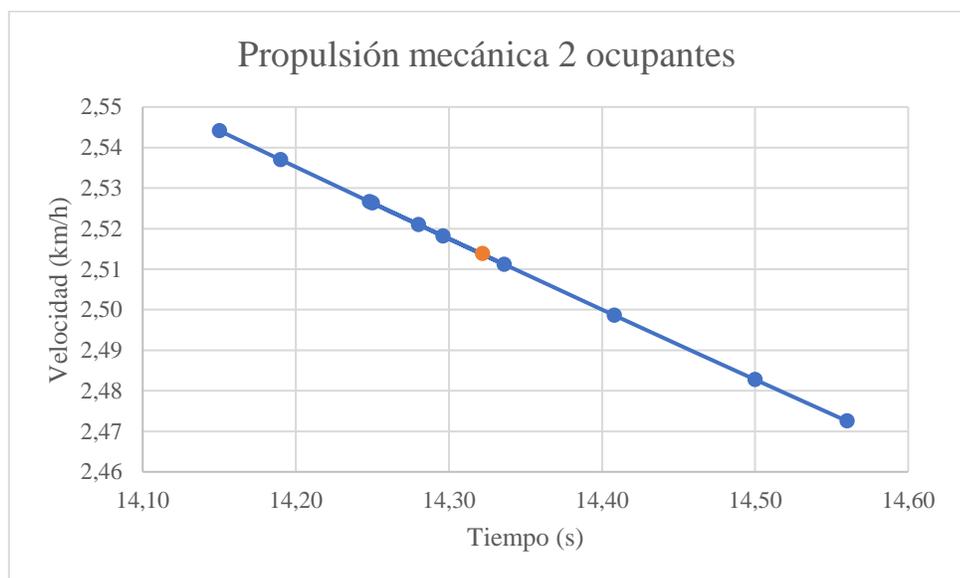
Fuente: Autores,2020.

El protio cumple con la especificación que puede ser impulsado por propulsión de pedales por una persona a una velocidad promedio de 2.0121 km/h

**Tabla 44-4:** Propulsión mecánica 2 ocupantes.

Propulsión mecánica 2 ocupantes				
Prueba	Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)
1	10	14,15	0,71	2,54
2	10	14,19	0,70	2,54
3	10	14,25	0,70	2,53
4	10	14,28	0,70	2,52
5	10	14,30	0,70	2,52
6	10	14,34	0,70	2,51
7	10	14,25	0,70	2,53
8	10	14,41	0,69	2,50
9	10	14,50	0,69	2,48
10	10	14,56	0,69	2,47
Promedio	10	14,32	0,70	2,51

Fuente: Autores,2020.



**Grafica 2-4:** Propulsión mecánica 2 ocupantes

Fuente: Autores,2020.

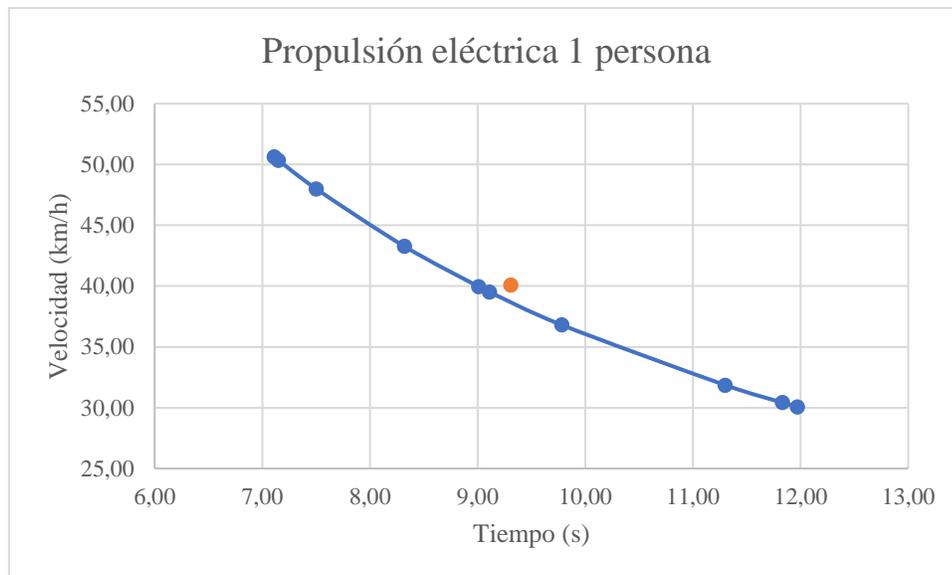
El promedio de velocidad de dos ocupantes pedaleando a la vez a un mismo ritmo es de 2.51 km/h

- Propulsión por motor eléctrico.

**Tabla 45-4:** Propulsión eléctrica 1 persona.

Propulsión eléctrica 1 persona				
Prueba	Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)
1	100	7,15	13,99	50,35
2	100	7,11	14,06	50,63
3	100	7,50	13,33	48,00
4	100	8,32	12,02	43,27
5	100	9,01	11,10	39,96
6	100	9,11	10,98	39,52
7	100	9,78	10,22	36,81
8	100	11,30	8,85	31,86
9	100	11,83	8,45	30,43
10	100	11,97	8,35	30,08
Promedio	100	9,31	11,14	40,09

Fuente: Autores,2020.



**Grafica 3-4:** Propulsión eléctrica 1 persona

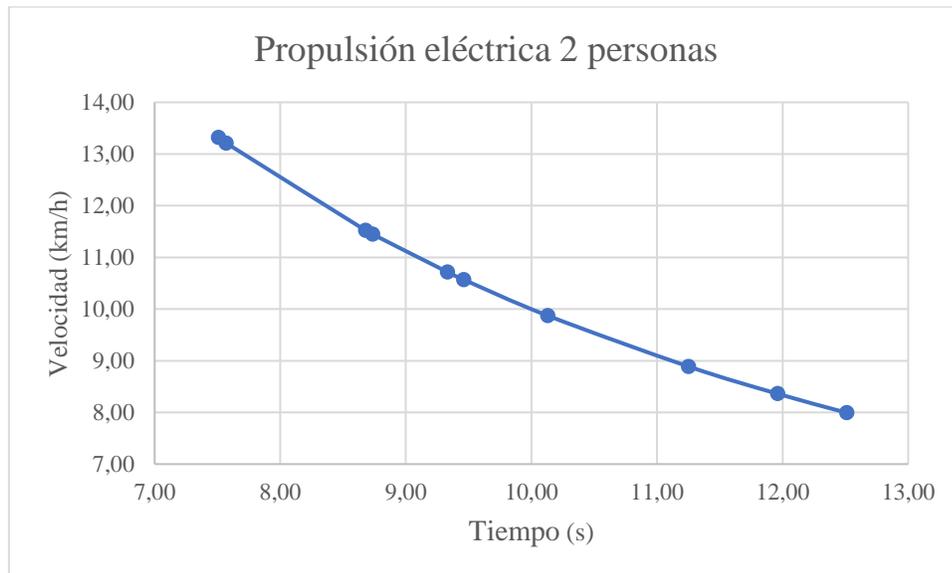
Fuente: Autores,2020.

La velocidad promedio con un solo tripulante es de 40.09 km/h

**Tabla 46-4:** Propulsión eléctrica 2 personas.

Propulsión eléctrica 2 personas				
Prueba	Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)
1	100	7,51	13,32	47,95
2	100	7,57	13,21	47,56
3	100	8,68	11,52	41,47
4	100	8,74	11,45	41,21
5	100	9,33	10,72	38,59
6	100	9,46	10,57	38,05
7	100	10,13	9,87	35,54
8	100	11,25	8,89	32,00
9	100	11,96	8,36	30,10
10	100	12,51	7,99	28,78
Promedio	100	9,71	10,59	38,12

Fuente: Autores,2020.



**Gráfica 4-4:** Propulsión eléctrica 2 personas.

Fuente: Autores,2020.

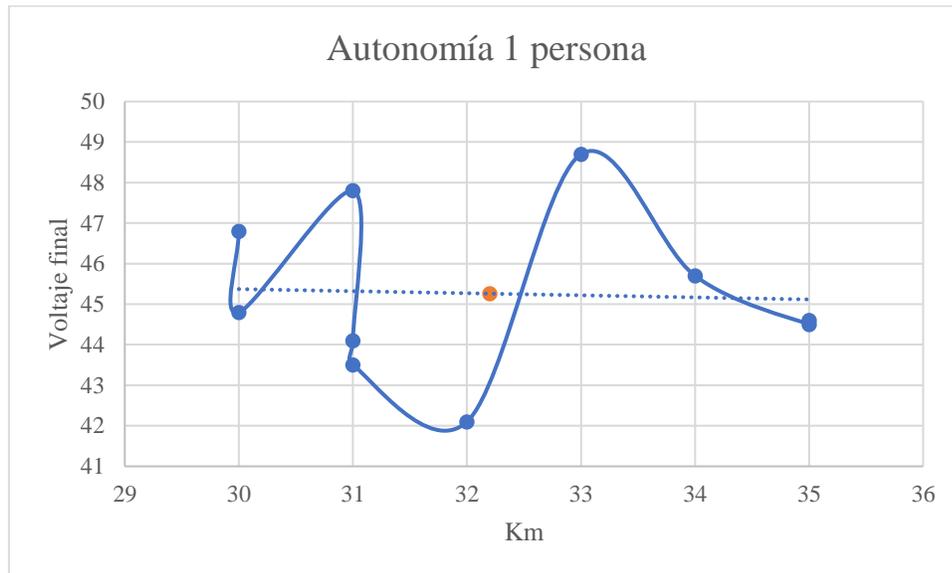
La velocidad promedio con dos ocupantes es de 38.12 km/h

- Autonomía.

**Tabla 47-4:** Autonomía 1 persona.

Autonomía 1 persona			
Pruebas	Km	Voltaje inicial	Voltaje final
1	30	66,7	46,8
2	30	66,7	44,8
3	31	66,7	47,8
4	31	66,7	44,1
5	31	66,7	43,5
6	32	66,7	42,1
7	33	66,7	48,7
8	34	66,7	45,7
9	35	66,7	44,5
10	35	66,7	44,6
promedio	32,2	66,7	45,3

Fuente: Autores,2020.



**Gráfica 5-4:** Autonomía 1 persona.

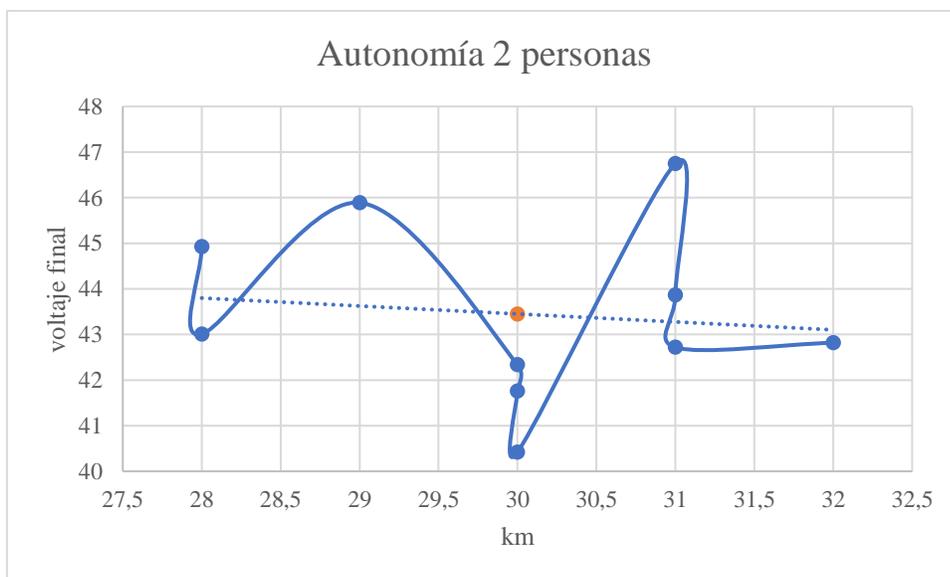
Fuente: Autores,2020.

El promedio de kilómetros que puede recorrer el prototipo es de 32.2km con una batería cargada completamente 66.7v y alcanzando una descarga de 45.3v

**Tabla 48-4:** Autonomía 2 persona.

Autonomía 2 personas			
Pruebas	km	Voltaje inicial	Voltaje final
1	28	66,7	44,93
2	28	66,7	43,01
3	29	66,7	45,89
4	30	66,7	42,34
5	30	66,7	41,76
6	30	66,7	40,42
7	31	66,7	46,75
8	31	66,7	43,87
9	31	66,7	42,72
10	32	66,7	42,82
Promedio	30	66,7	43,45

Fuente: Autores,2020.



**Grafica 6-4:** Autonomía 2 personas

Fuente: Autores,2020,

El promedio de autonomía para dos ocupantes es de 30 km la variación mínima con respecto a un ocupante se debe a que el motor exige más energía a la batería para compensar el esfuerzo además de que el promedio que se descarga una batería llegando a 43.45 v es debido también a la forma de conducción si se asele mayor o menor número de veces.

- **Consumo.**

**Tabla 49-4:** Consumo de la batería 1 ocupante.

<b>Consumo de la batería 1 ocupante</b>		
<b>Prueba</b>	<b>amperaje de salida</b>	<b>amperaje estable</b>
1	115	60
2	115	60
3	116	60
4	117	60
5	117	60
6	119	60
7	120	60
8	120	60
9	121	60
Promedio	117,5	60

Fuente: Autores,2020.

El consumo de amperaje al momento del arranque posee un pico alto siendo un promedio de 117.5 A y estabilizándose en 60 A

**Tabla 50-4:** Consumo de la batería 2 ocupante.

<b>Consumo de la batería 2 ocupante</b>		
<b>prueba</b>	<b>amperaje de salida</b>	<b>amperaje estable</b>
1	150	60
2	152	60
3	163	60
4	163	60
5	163	60
6	167	60
7	167	60
8	168	60
9	178	60
Promedio	162,5	60

Fuente: Autores,2020.

El consumo con dos ocupantes es de 162.5 A debido al aumento de peso, pero se estabiliza en 60 A debido a que al estar en movimiento la fuerza necesaria que usa el motor es sumada a la inercia que adquiere el vehículo.

## CONCLUSIONES

- Se logro cumplir con los requerimientos de la carrera solar de Atacama 2020 para la construcción del prototipo donde se pone a prueba el diseño, seguridad y desempeño del vehículo.
- De acuerdo con los cálculos estimados para la potencia del motor se logró determinar que para alcanzar una velocidad mínima para el prototipo es necesario un motor con una potencia de 4HP y un torque mínimo necesario mayor a 24Nm.
- De acuerdo con las investigaciones realizadas y a las pruebas anteriores se determinó que los motores síncronos brushless DC presentan la mejor relación costo – beneficio para la implementación en el prototipo ya que son libres de mantenimiento y cuentan con una alta eficiencia energética.
- Mediante el uso de software CAD Solid Works se obtuvo el modelo final para su posterior análisis en software ANSYS donde se determinó los esfuerzos que va a soportar con el acero estructural AISI 1008 dando como resultado un factor de seguridad de 0.83.
- Se construyó el prototipo biplaza el cual alcanzó una velocidad aproximada de 2.51km/h en 10m solo con propulsión mecánica, y con propulsión eléctrica se usó un motor de 10kw con el cual se alcanzó una velocidad que bordea los 38.1km/h en una distancia de 100m, la batería usada es de LiFePo4 a 60v 20amh con una duración aproximada de 30km esto dependerá del modo de conducción y la topografía del terreno, para un recorrido plano se obtuvo picos de corriente que van desde los 163,67 amperios con un consumo promedio manteniendo una aceleración constante de 60 amperios.

## **RECOMENDACIONES**

- Es recomendable reducir el peso del prototipo sin afectar su integridad estructural ya que con esto se logra que sea más eficiente en el consumo de energía.
- Se recomienda que la selección del motor este acorde con los cálculos obtenidos un sobredimensionamiento tendría como consecuencia un aumento del peso y el costo del vehículo innecesarios, en caso de ser de menos potencia tendrá problemas de sobrecalentamiento y no será capaz de cumplir los requerimientos para lo que fue diseñado.
- Se recomienda que la manipulación del sistema eléctrico y electrónico se lo haga por el personal capacitado y con la indumentaria adecuada para evitar posibles lesiones y daños en los componentes.
- Se recomienda usar materiales de buena calidad para el sistema de alto voltaje para disminuir la pérdida de energía por la resistencia interna de los cables y evitar problemas de sobrecalentamiento, entre los materiales aconsejados están cables silicona flexible con cobre estañado calibre 12 AWG.

## BIBLIOGRAFÍA

**INSTITUCIÓN EDUCATIVA EUDORO GRANADA.** *Robotica*. [blog].2013. [Consulta: 21 de noviembre 2019]. Disponible en: <https://eudotec.wordpress.com/2013/05/02/transmision-de-engranaje-con-cadena/>.

**MINISTERIO DEL INTERIOR.** *El impacto medioambiental del tráfico* [en línea]. Madrid – España: Drimway studios, 2014. [Consulta: 21 de noviembre 2019]. Disponible en: [http://www.dgt.es/PEVI/documentos/catalogo\\_recursos/didacticos/did\\_adultas/impacto.pdf](http://www.dgt.es/PEVI/documentos/catalogo_recursos/didacticos/did_adultas/impacto.pdf).

**AGUILA, D.** *Modelo directo no parametrico de mortiguador magneto - reológico basado en redes neuronales*. Madrid – España. 2012. [Consulta: 21 de noviembre 2019]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/30046243.pdf>.

**UNIVERSIDA DE ARIZONA.** *La importancia de andar en bicicleta* [blog]. [Consulta: 23 de noviembre 2019]. Disponible en: <https://www.hotcourseslatinoamerica.com/study/us-usa/school-college-university/university-of-arizona/72121/international.html>.

**BEER, Ferdinand; et al.** *Mecánica de Materiales*. 5<sup>ta</sup> ed.Mexico:McGrawHill, 2010, pp.28-30.

**BORJA, Jaime; et al.** *Sistemas de transmision y frenado* [en línea].Madrid-España: Macmillan Iberia, 2009. ]. [Consulta: 23 de noviembre 2019]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/espochsp/detail.action?docID=3195639>.

**CEBRIÁN, J.** *Mecánica y entretenimiento simple del automóvil* [en línea]. Madrid-España: Josefa Valcárcel, 2016. [Consulta: 24 de noviembre 2019]. Disponible en: <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/formacion-vial/cursos-para-profesores-y-directores-de-autoescuelas/XIX-curso-de-profesores/Mecanica-y-entrenamiento-simple-del-automovil.pdf>.

**DOMINGUEZ, E., & FERRER, J.** *Circuitos de fluidos. Suspensión y dirección*. [en línea]. Madrid España: Macmillan Iberia, S.A., 2009. [Consulta: 24 de noviembre 2019]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/espochsp/detail.action?docID=3195431>.

**EL EQUIPO DE PROFESORES DEL CENTRO DOCUMENTACIÓN.** *Carrocerías y bastidores: Tiòs, características, procesos de fabricación, elementos que los componen y métodos de ensamblado y unión de estos* [en línea]. Madrid-España.2002, [Consulta: 24 de noviembre 2019]. Disponible en: [https://www.serina.es/empresas/cede\\_muestra/304/TEMA%20MUESTRA.pdf](https://www.serina.es/empresas/cede_muestra/304/TEMA%20MUESTRA.pdf).

**GARRIGÓS, J.** *Introducción a la Electricidad* [en línea]. Baeza-España, 2011. [Consulta: 24 de noviembre 2019]. Disponible en: [http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/SAP/archivos/1eva/Introduccion\\_a\\_la\\_electricidad.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/SAP/archivos/1eva/Introduccion_a_la_electricidad.pdf).

**GOLDEN MOTOR.** *Golden Motor usos* [blog]. [Consulta: 25 de noviembre 2019]. Disponible en: <https://www.goldenmotor.com/frame-blcdmotor.htm>.

**GREENFACTS.** *Corriente alterna y corriente continua* [blog]. 2012. [Consulta: 25 de noviembre 2019]. Disponible en: <https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/corriente-alterna.htm>.

**INSTITUTO MEXICANO DE LA CONSTRUCCIÓN EN ACERO.** *Manual de construcción en acero diseño por esfuerzos permisibles* [en línea]. Mexico : Noriega editores, 2006. [Consulta: 25 de noviembre 2019]. Disponible en: <http://lmsacero.com/acero/pdf/manualaceroimca.pdf?fbclid=IwAR2SAAuipTu3CwwUcghVY-AKMcPJYwtPM2br09eKHb5uCLmtpvF5ACmFb9k>

**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS.** *Contaminación ambiental* [blog]. Quito-Ecuador. 2015 [Consulta: 25 de noviembre 2019]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>

**MINISTERIO DEL INTERIOR.** *La calidad del aire* [en línea]. Quito-Ecuador: 2014. [Consulta: 26 de noviembre 2019]. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>

**LA BICICLETA.** *la bicicleta* [blog]. 2019. [Consulta: 26 de noviembre 2019]. Disponible en: <https://labicikleta.com/mtb-como-cuidar-tu-suspension-delantera/>

**PAUTA MARTINEZ, Esteban Gustao, & MIOTTO MONTESINOS, Antonio Ivan.** Estudio y descripción del inversor y motor generador posterior MGR de toyota highlander 2010 (trabajo de titulación). (ingeniería) Universidad del Azuay, Cuenca-Ecuador. 2014. Pp. 6-25. [Consulta: 26 de noviembre 2019]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/4252/1/10811.pdf>

**MCHONE INDUSTRIES.** *Los tubos mecanicos de metal: fabricacion y corte.* [blog]. 2016. [Consulta: 26 de noviembre 2019]. Disponible en: [https://blog.mchoneind.com/blog/mechanical-tubing-vs-structural-tubular-teelproducts?fbclid=IwAR3yBK4QUQYqXlqa3Ks\\_m9JwecsVvDsmjGOIP4zIwXQsDLXCzXLBCrJsI34](https://blog.mchoneind.com/blog/mechanical-tubing-vs-structural-tubular-teelproducts?fbclid=IwAR3yBK4QUQYqXlqa3Ks_m9JwecsVvDsmjGOIP4zIwXQsDLXCzXLBCrJsI34)

**ECOVATIOS** *semana de la movilidad europea* [blog] Madrid 18 de septiembre de 2018 [Consulta: 9 de octubre 2019] Disponible en: <https://ecovatios.com/semana-de-la-movilidad-europea-2018/>

**HUGH D. YOUNG, ROGER A. FREEDMAN.** *Física Universitaria* [en línea]. Décimo tercera. México: Pearson, 2013. [Consulta: 24 de noviembre 2019]. Disponible en: <https://www.studocu.com/es/document/universidad-de-la-rioja/electricidad-y-magnetismo/otros/fisica-universitaria-vol2-ed13-sears-y-zemansky/1712785/view>

**TÉLLEZ, J; et al.** *Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental*. Revista de Salud Pública [en línea], 2006, (Bogotá) 8(1), pp. 108-117. [Consulta: 22 de noviembre 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v8n1/v8n1a10.pdf>

**SUAREZ, V.** *La calidad del aire en el DMQ*. Informe de la calidad del aire. [en línea], 2017, (Ecuador), pp 27-48. [Consulta: 22 de noviembre 2019]. Disponible en: [http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/secretaria\\_ambiente/red\\_monitoreo/informacion/ica2016.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/secretaria_ambiente/red_monitoreo/informacion/ica2016.pdf)

**GARCÍA, M.** *Pasado, presente y futuro de vehículos eléctricos* [en línea]. (Trabajo de titulación) (Tecnología). Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología, Escuela de Tecnología Eléctrica. Colombia-Pereira. 2015. pp 14-24 [Consulta: 23 de noviembre 2019]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/71398996.pdf>

**ROJAS, PEDREGOSA, PEDRO.** *La bicicleta y su desarrollo práctico en educación primaria*, [en línea]. Primera edición. España: Wanceulen Editorial, 2016. [Consulta: 23 de noviembre 2019]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=5102728>.

**ORDÓÑEZ, C.** *Estudio de baterías para vehículos eléctricos*. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea]. Universidad Carlos III de Madrid, Ingeniería Técnica Industrial, Electrónica Industrial. Madrid-España. 2011. pp. 16-25. [Consultado: 24 noviembre 2019]. Disponible en: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/11805#preview>

**MONTES ORTEGA, A., & MONTES ORTEGA, F.** *Verificación de estructuras deformadas* [en línea]. Primera edición. Málaga-España: Innovación y Cualificación, S.L. 2012. [Consultado: 24 de noviembre 2019]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/reader.action?docID=3211703&query=chasis%2Bdel%2Bautomovil#>

**MCHONE INDUSTRIES.** *Los tubos mecánicos de metal* [blog]. [Consultado: 25 de noviembre 2019]. Disponible en: [https://blog.mchoneind.com/blog/mechanical-tubing-vs-structural-tubular-steel-products?fbclid=IwAR3yBK4QUQYqXlqa3Ks\\_m9JwecsVvDsmjGOIP4zIwXQsDLXCzXLB CrJsI34](https://blog.mchoneind.com/blog/mechanical-tubing-vs-structural-tubular-steel-products?fbclid=IwAR3yBK4QUQYqXlqa3Ks_m9JwecsVvDsmjGOIP4zIwXQsDLXCzXLB CrJsI34)

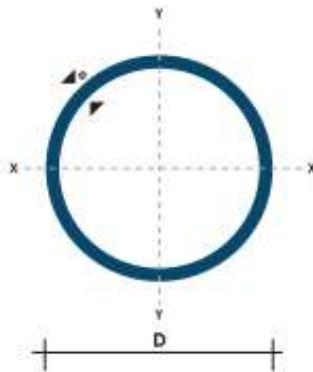
## ANEXOS

### ANEXO A. Catalogo DIPAC

## TUBO ESTRUCTURAL REDONDO

### Especificaciones Generales:

<b>Norma:</b>	NTE INEN 2415
<b>Calidad:</b>	SAE J 403 1008
<b>Acabado:</b>	Acero negro o galvanizado
<b>Largos:</b>	6.00m y medidas especiales
<b>Dimensiones:</b>	Desde 7/8" a 3"
<b>Espesores:</b>	Desde 1,50mm a 3,00mm



(D) Diámetro	Espesor	Peso	Área	I	W	I
Pulgadas	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
7/8"	1.50	0.77	0.98	0.53	0.47	0.73
1"	1.50	0.88	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4"	1.50	1.12	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2"	1.50	1.35	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4"	1.50	1.59	2.02	4.67	2.10	1.52
2"	1.50	1.82	2.32	7.06	2.78	1.74
2 1/2"	1.50	2.29	2.92	14.05	4.42	2.19
3"	1.50	2.76	3.52	24.56	6.45	2.64
1"	2.00	1.15	1.47	1.01	0.80	0.83
1 1/4"	2.00	1.47	1.87	2.08	1.31	1.05
1 1/2"	2.00	1.78	2.27	3.71	1.95	1.29
1 3/4"	2.00	2.09	2.67	6.02	2.71	1.50
2"	2.00	2.41	3.07	9.14	3.60	1.73
2 1/2"	2.00	3.03	3.86	18.29	5.76	2.18
3"	2.00	3.66	4.66	32.11	8.43	2.62
2"	3.00	3.54	4.51	12.92	5.09	1.69
2 1/2"	3.00	4.48	5.70	26.15	8.24	2.14
3"	3.00	5.42	6.90	46.29	12.15	2.59

## ANEXO B. Manual de ensamblaje del bastidor.

Como el vehículo se lo diseño para que fuera desarmable y poder modificar cualquier elemento en caso de requerirlo se realizó un manual de ensamblaje para que cualquier persona con conocimientos básicos de mecánica y manejo de herramientas pueda ensamblar el chasis, NOTA “Para los demás sistemas se requiere de personas con conocimientos en electricidad y electrónica”

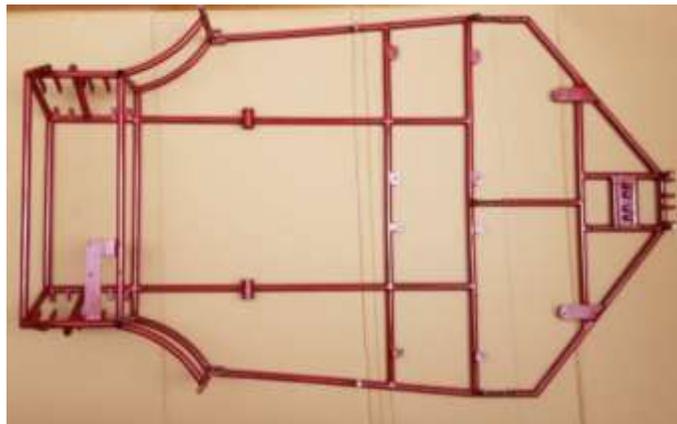
### Elementos que conforman el chasis.

Pieza A	Pieza B
	
Pieza C	Pieza D
	
Pieza E	Pieza F x 2
	

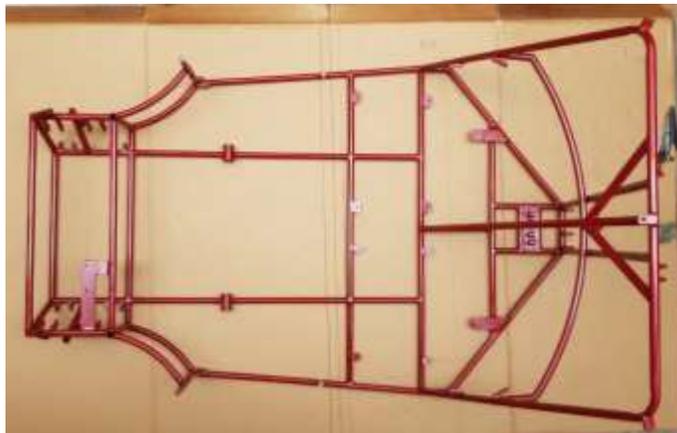
Pieza G	Pieza H x 2
	

### Ensamble.

Ensamble 1: colocar la pieza A en el suelo colocar la pieza B y sujetar con los pernos



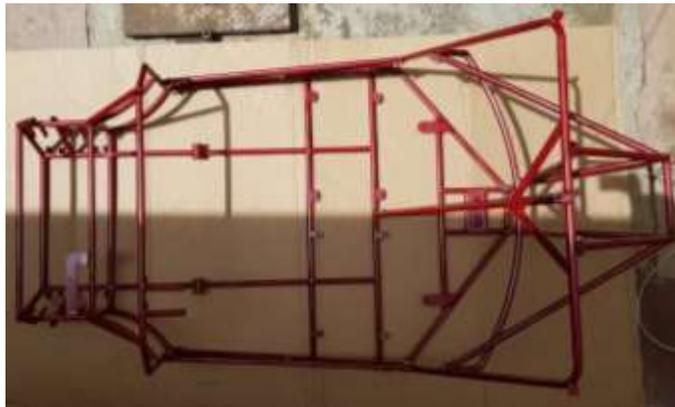
Ensamble 2: al ensamble 1 unir la pieza C y fijar con los pernos



Ensamble 3: al ensamble 2 unir la pieza D en la pieza C y fijar con pernos y la pieza E a la pieza A en el ensamble 1



Ensamble 4: colocar la pieza H en el ensamble 3 no sujetar con pernos para poder templar



Ensamble 5 colocar la pieza F izquierda y derecha, pero sin sujetar

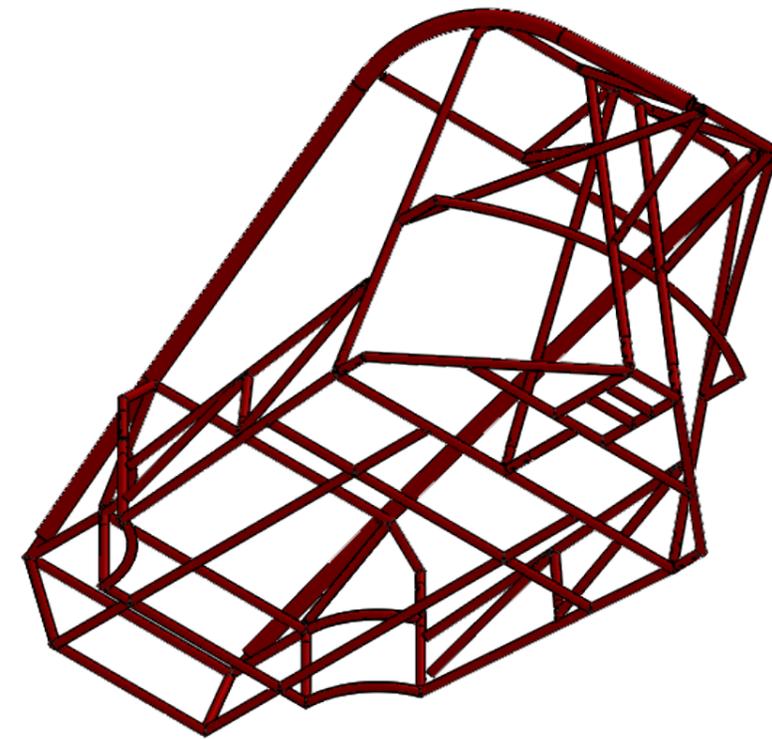
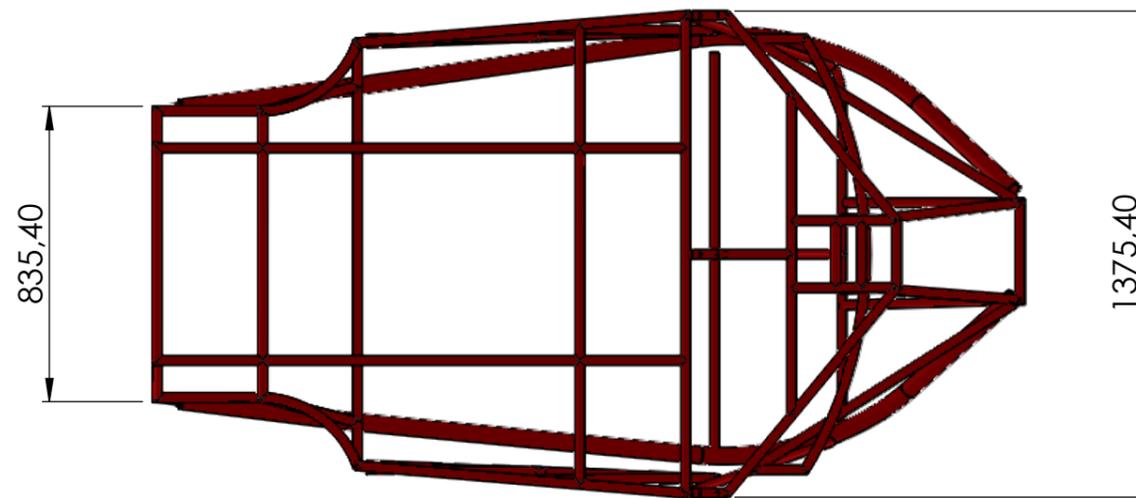
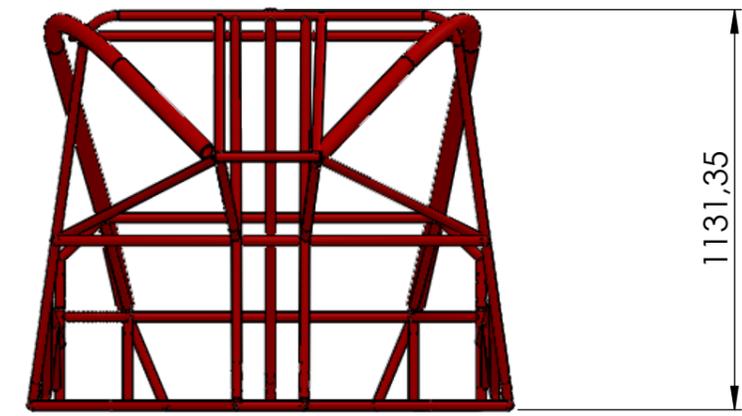
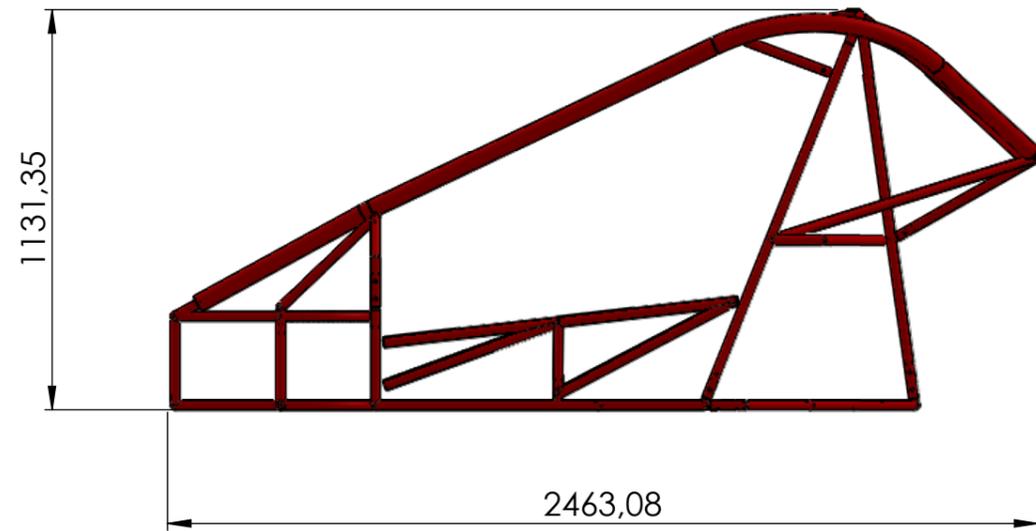


Ensamble 6: colocar la pieza G entre las piezas F

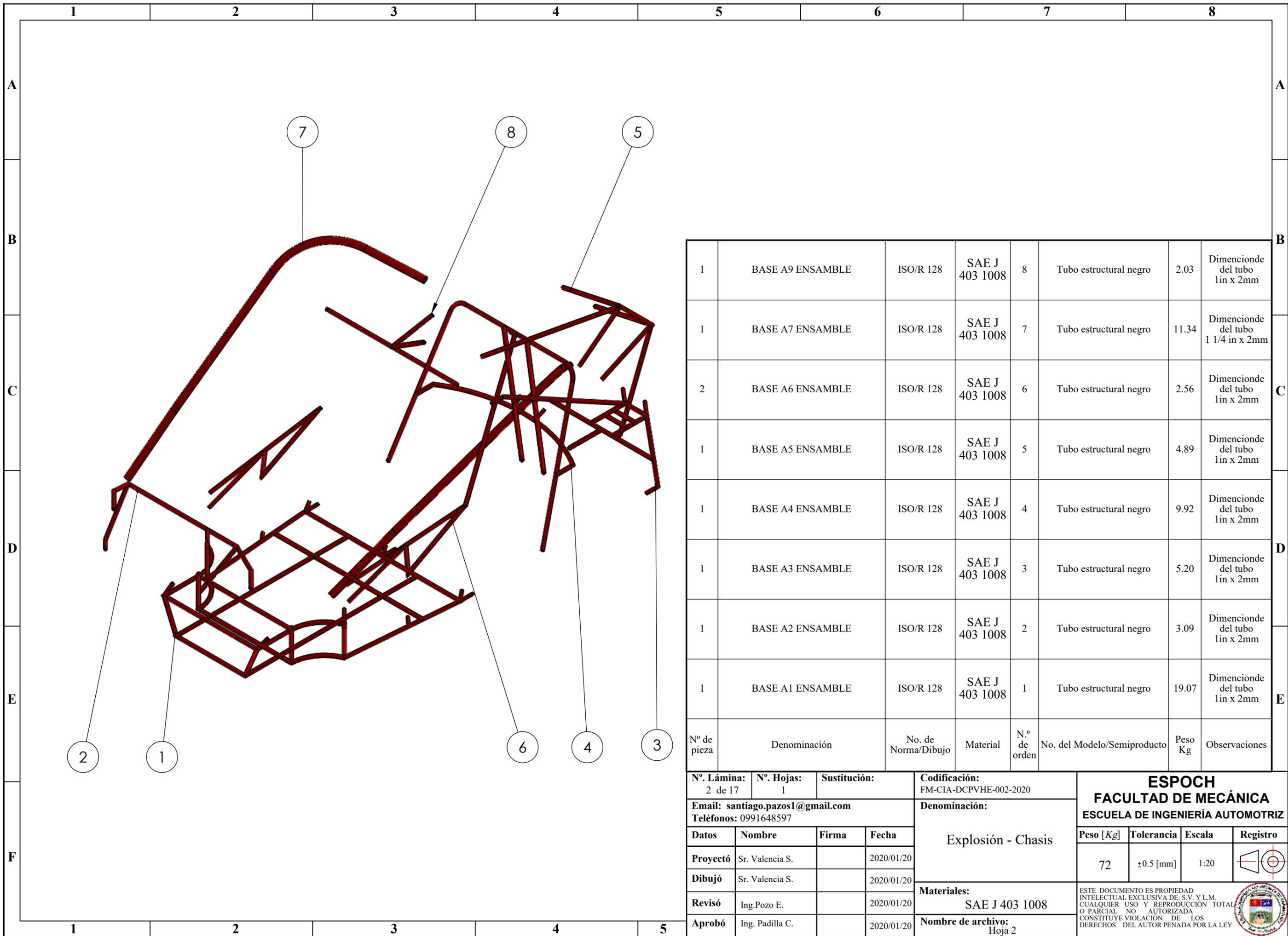


Final del ensamble: sujetar con pernos todos las piezas que no se sujetó anteriormente.

**ANEXO C. Planos Chasis.**

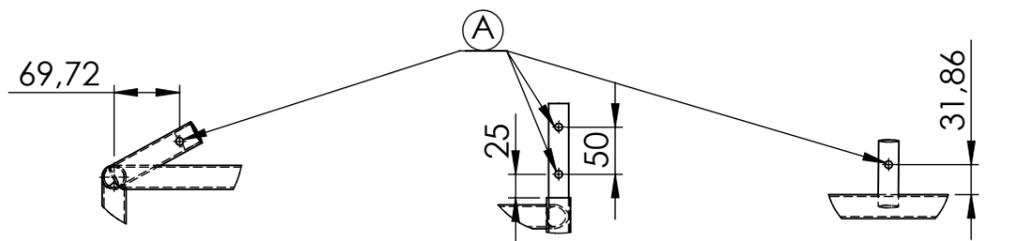
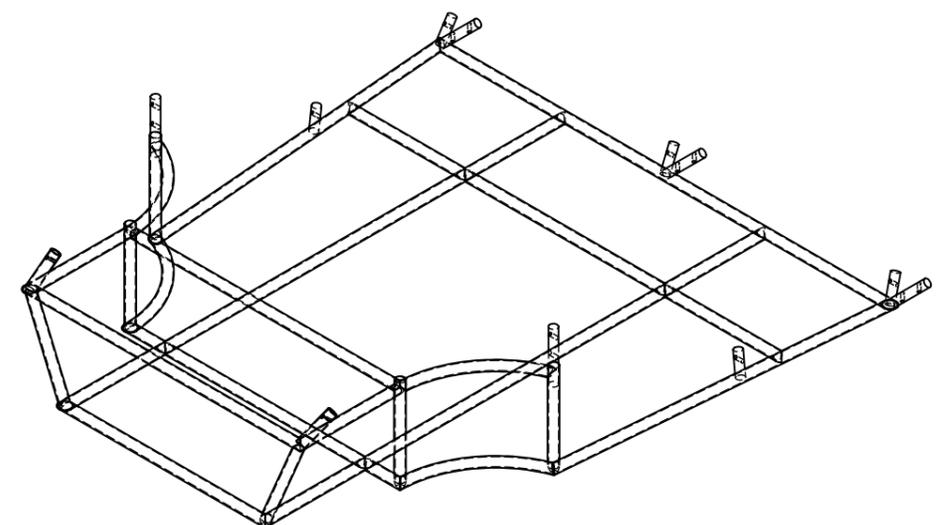
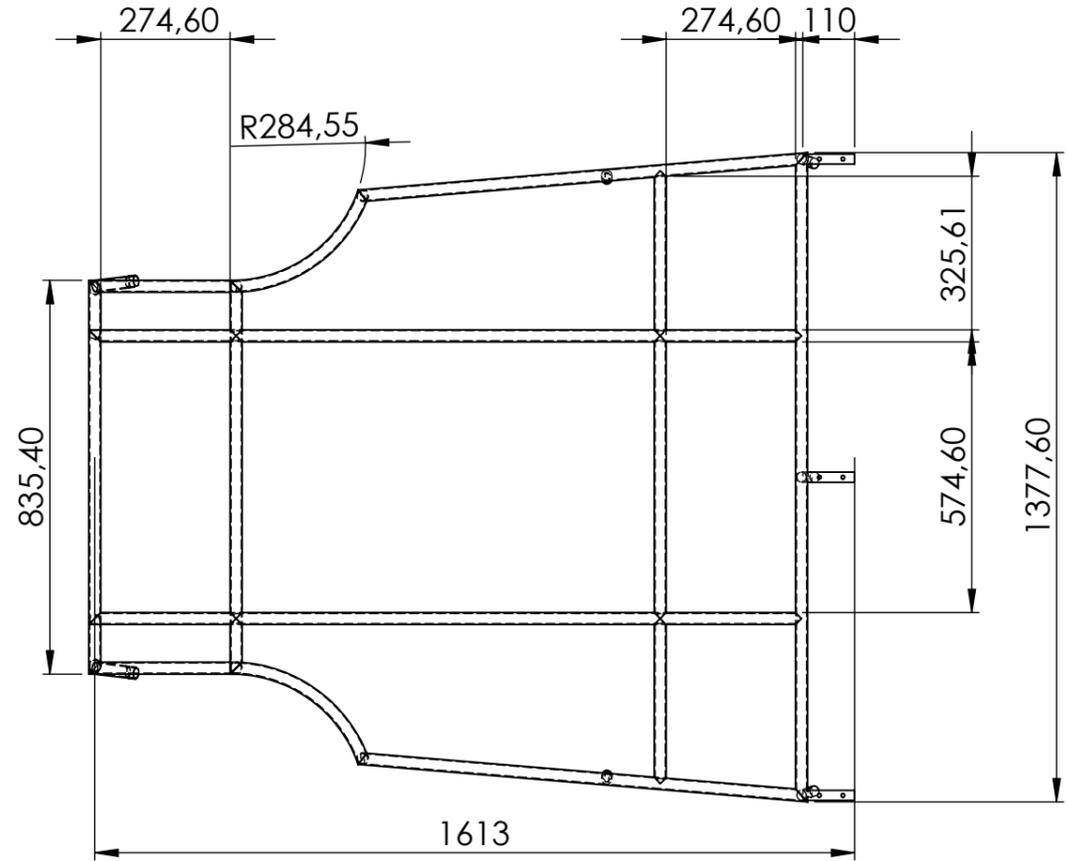
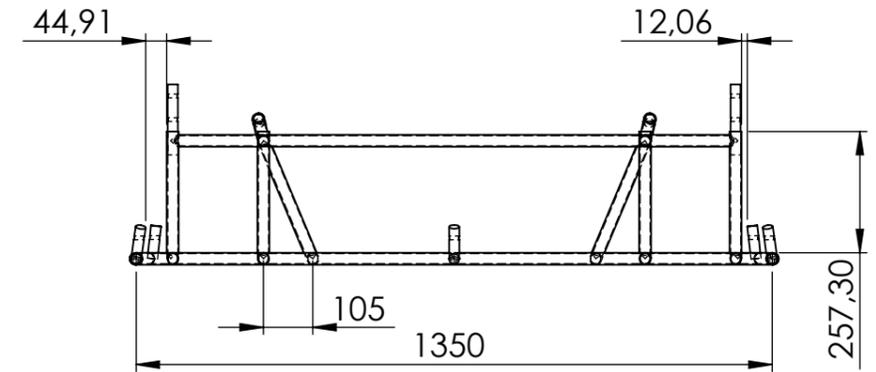
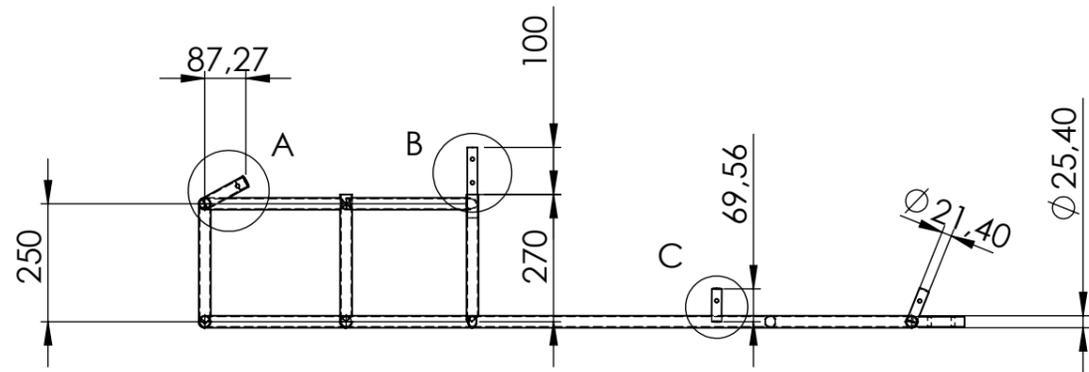


N°. Lámina: 1 de 17		N°. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-DCPVHE-001-2020		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>					
Email: <a href="mailto:santiago.pazos1@gmail.com">santiago.pazos1@gmail.com</a> Teléfonos: 0991648597						Denominación:						Peso [Kg]	Tolerancia
<b>Datos</b>		<b>Nombre</b>		<b>Firma</b>		<b>Fecha</b>		<b>Ensamble - Chasis</b>		72	±0.5 [mm]	1:20	
<b>Proyectó</b>		Sr. Valencia S.				2020/01/20							
<b>Dibujó</b>		Sr. Valencia S.				2020/01/20							
<b>Revisó</b>		Ing. Pozo E.				2020/01/20							
<b>Aprobó</b>		Ing. Padilla C.				2020/01/20		<b>Materiales:</b> SAE J 403 1008		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: S.V. Y L.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>			
								<b>Nombre de archivo:</b> Hoja 1					



N° de pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	N.º de orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso Kg	Observaciones
1	BASE A9 ENSAMBLE	ISO/R 128	SAE J 403 1008	8	Tubo estructural negro	2.03	Dimencione del tubo 1 in x 2mm
1	BASE A7 ENSAMBLE	ISO/R 128	SAE J 403 1008	7	Tubo estructural negro	11.34	Dimencione del tubo 1 1/4 in x 2mm
2	BASE A6 ENSAMBLE	ISO/R 128	SAE J 403 1008	6	Tubo estructural negro	2.56	Dimencione del tubo 1 in x 2mm
1	BASE A5 ENSAMBLE	ISO/R 128	SAE J 403 1008	5	Tubo estructural negro	4.89	Dimencione del tubo 1 in x 2mm
1	BASE A4 ENSAMBLE	ISO/R 128	SAE J 403 1008	4	Tubo estructural negro	9.92	Dimencione del tubo 1 in x 2mm
1	BASE A3 ENSAMBLE	ISO/R 128	SAE J 403 1008	3	Tubo estructural negro	5.20	Dimencione del tubo 1 in x 2mm
1	BASE A2 ENSAMBLE	ISO/R 128	SAE J 403 1008	2	Tubo estructural negro	3.09	Dimencione del tubo 1 in x 2mm
1	BASE A1 ENSAMBLE	ISO/R 128	SAE J 403 1008	1	Tubo estructural negro	19.07	Dimencione del tubo 1 in x 2mm

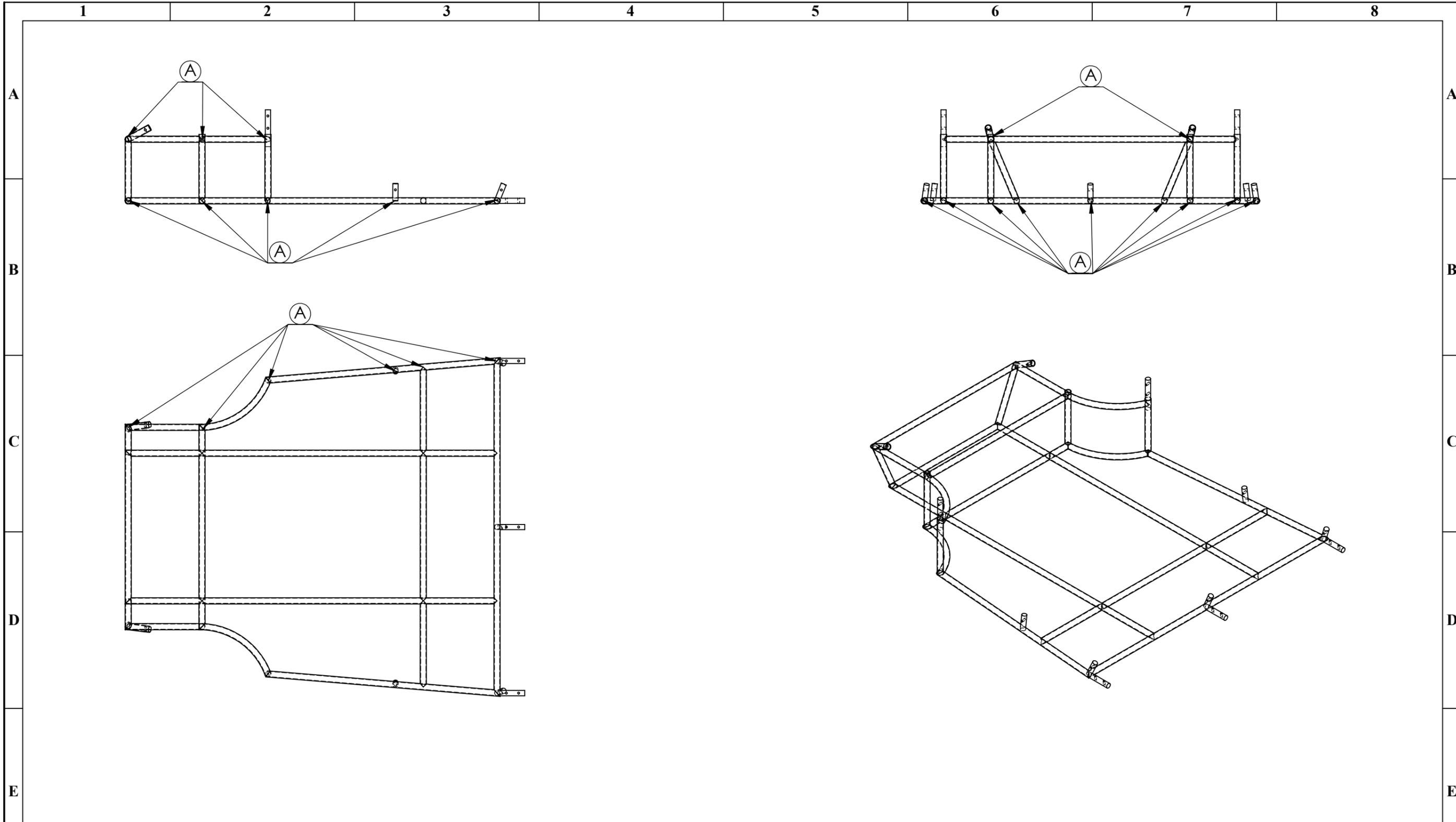
Nº. Lámina: 2 de 17		Nº. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-DCPVHE-002-2020		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>			
Email: <a href="mailto:santiago.pazos1@gmail.com">santiago.pazos1@gmail.com</a> Teléfonos: 0991648597				Denominación: Explosión - Chasis							
<b>Datos</b>	<b>Nombre</b>	<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>	<b>Materiales:</b> SAE J 403 1008		<b>Nombre de archivo:</b> Hoja 2		<b>Peso [Kg]</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Escala</b>	<b>Registro</b>
<b>Proyectó</b>	Sr. Valencia S.		2020/01/20					72	±0.5 [mm]	1:20	
<b>Dibujó</b>	Sr. Valencia S.		2020/01/20					<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: S.V. Y L.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>			
<b>Revisó</b>	Ing. Pozo E.		2020/01/20								
<b>Aprobó</b>	Ing. Padilla C.		2020/01/20								



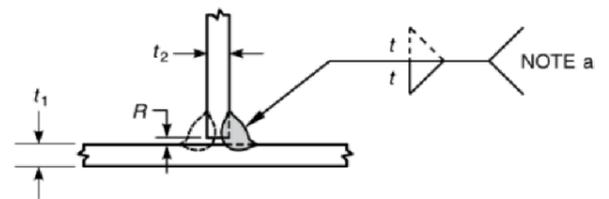
DETALLE A ESCALA 2 : 15  
 DETALLE B ESCALA 2 : 15  
 DETALLE C ESCALA 2 : 15

TALADRADO A: M8 X 1.25 X POR TODO  
 ACABADO SUPERFICIAL PULIDO 0.4 Raµm

Nº. Lámina: 3 de 17		Nº. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-DCPVHE-002-23DE-01-2020		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>							
Email: santiago.pazos1@gmail.com Teléfonos: 0991648597						Denominación:						Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Datos		Nombre		Firma		Fecha		<b>Base A1- Dimensiones</b>  Materiales: SAE J 403 1008 Nombre de archivo: HOJA 3							
Proyectó		Sr. Valencia S.				2020/01/20						19.07	±0.5 [mm]	1:15	
Dibujó		Sr. Valencia S.				2020/01/20						ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELCTUAL EXCLUSIVA DE: S.V. Y L.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Revisó		Ing. Pozo E.				2020/01/20									
Aprobó		Ing. Padilla C.				2020/01/20									

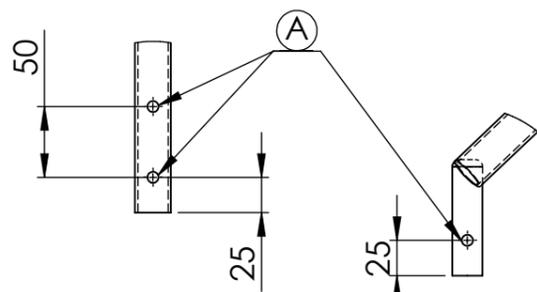
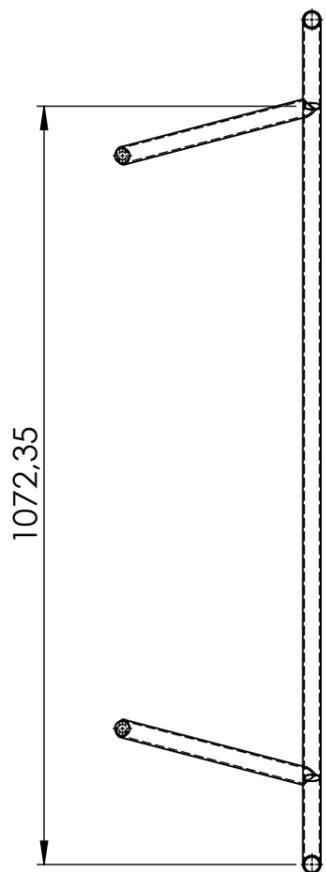
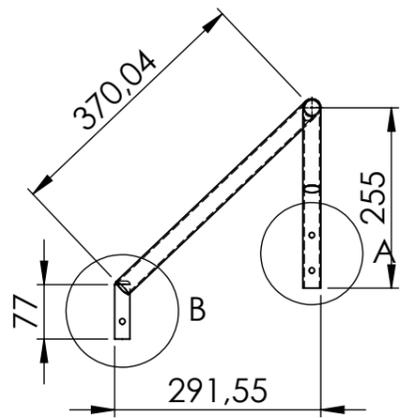


**Detalle de SOLDADURA A:**

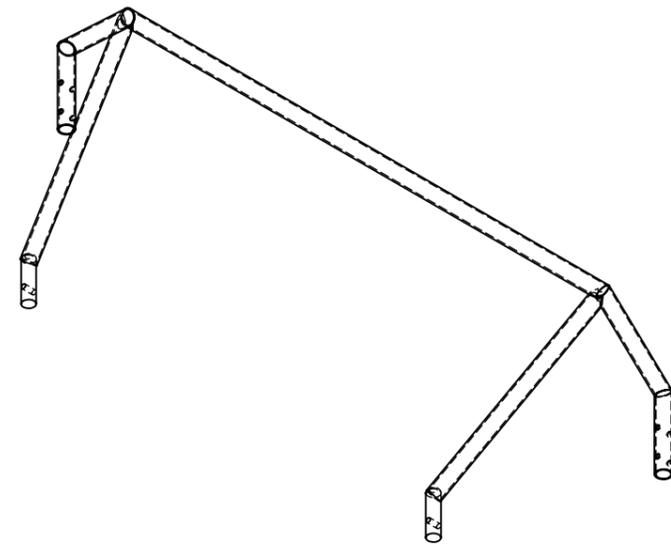
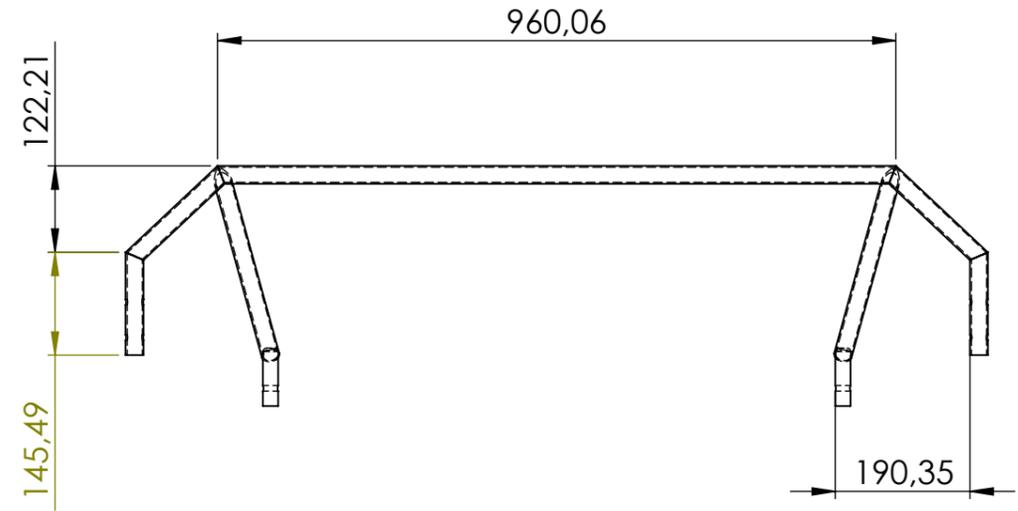


Welding Process	t = Thickness	R = Root Opening	Positions
All	$t_1, t_2 = 18 \text{ Ga. MIN.}, 7 \text{ Ga. MAX.}$ and $t_2 = t_1/2 \text{ MIN.}, 2t_1 \text{ MAX.}$	0 MIN., $t/2 \text{ MAX.}$ (Note a)	All

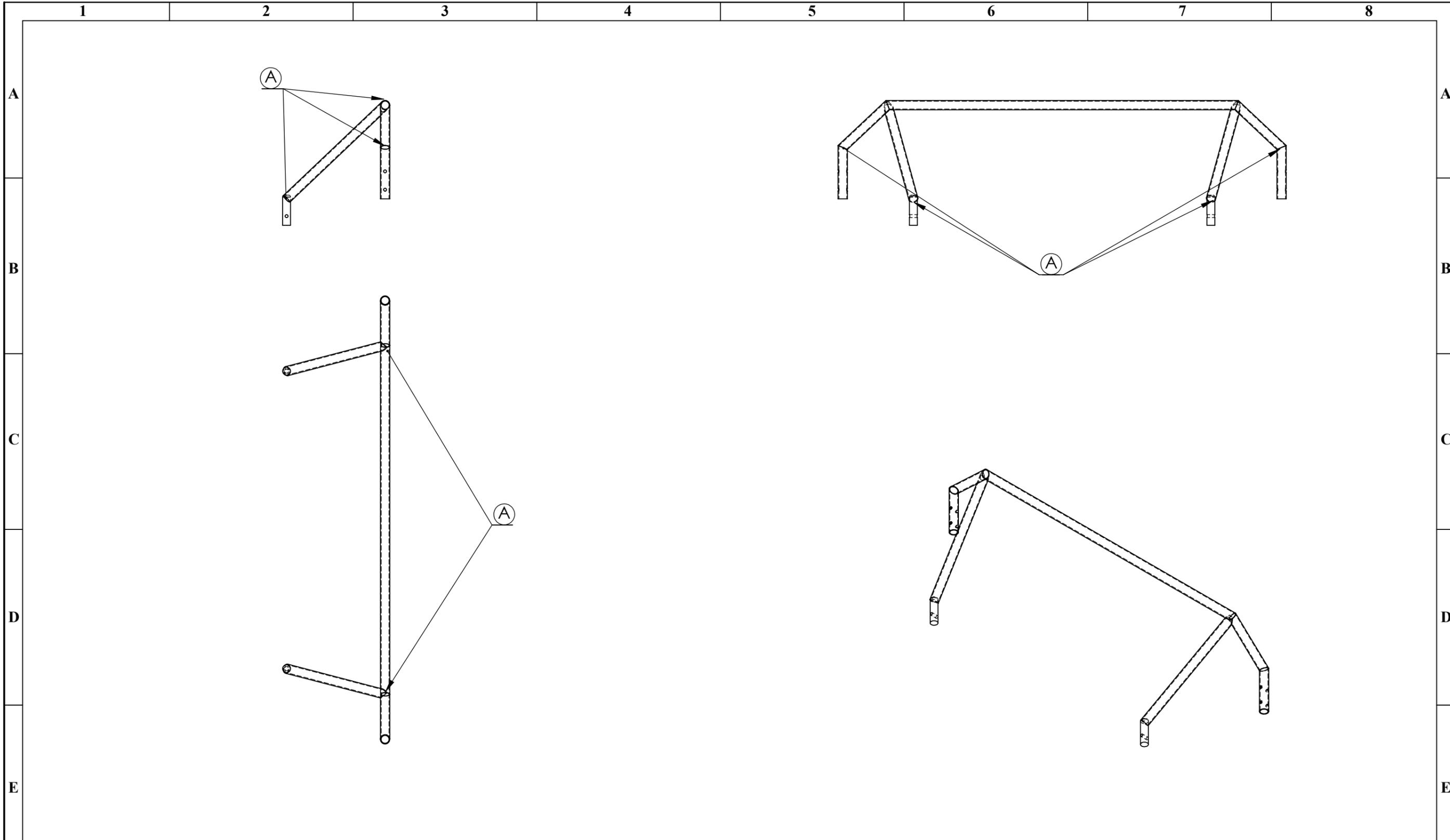
Nº. Lámina: 4 de 17	Nº. Hojas: 1	Sustitución:	Codificación: FM-CIA-DCPVHE-002-23DE-02-2020	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>				
Email: santiago.pazos1@gmail.com Teléfonos: 0991648597			Denominación:  <b>Base A1 - Soldadura</b>					Peso [Kg]
Datos	Nombre	Firma	Fecha	<b>Materiales:</b> <b>SAE J 403 1008</b>	19.07	±0.5 [mm]	1:15	
Proyectó	Sr. Valencia S.		2020/01/20					
Dibujó	Sr. Valencia S.		2020/01/20					
Revisó	Ing. Pozo E.		2020/01/20					
Aprobó	Ing. Padilla C.		2020/01/20	Nombre de archivo: HOJA 4	<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: S.V. Y L.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>			



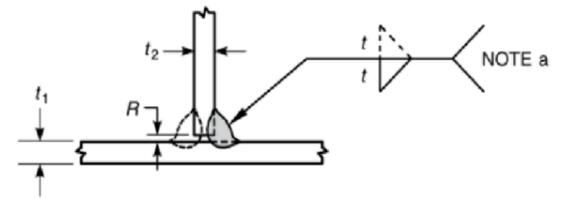
TALADRADO A: M8 X 1.25XPOR TODO  
 ACABADO SUPERFICIAL PULIDO 0.4 Raµm



Nº. Lámina: 5 de 17		Nº. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-DCPVHE-002-12D-03-2020		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>											
Email: <a href="mailto:santiago.pazos1@gmail.com">santiago.pazos1@gmail.com</a> Teléfonos: 0991648597						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
<b>Datos</b>		<b>Nombre</b>		<b>Firma</b>		<b>Fecha</b>		<b>Base A2 - Dimensiones</b>				3.09		±0.5 [mm]		1:10			
<b>Proyectó</b>		Sr. Valencia S.				2020/01/20		<b>Materiales:</b> SAE J 403 1008				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: S.V. Y L.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
<b>Dibujó</b>		Sr. Valencia S.				2020/01/20													
<b>Revisó</b>		Ing. Pozo E.				2020/01/20													
<b>Aprobó</b>		Ing. Padilla C.				2020/01/20		<b>Nombre de archivo:</b> HOJA 5											



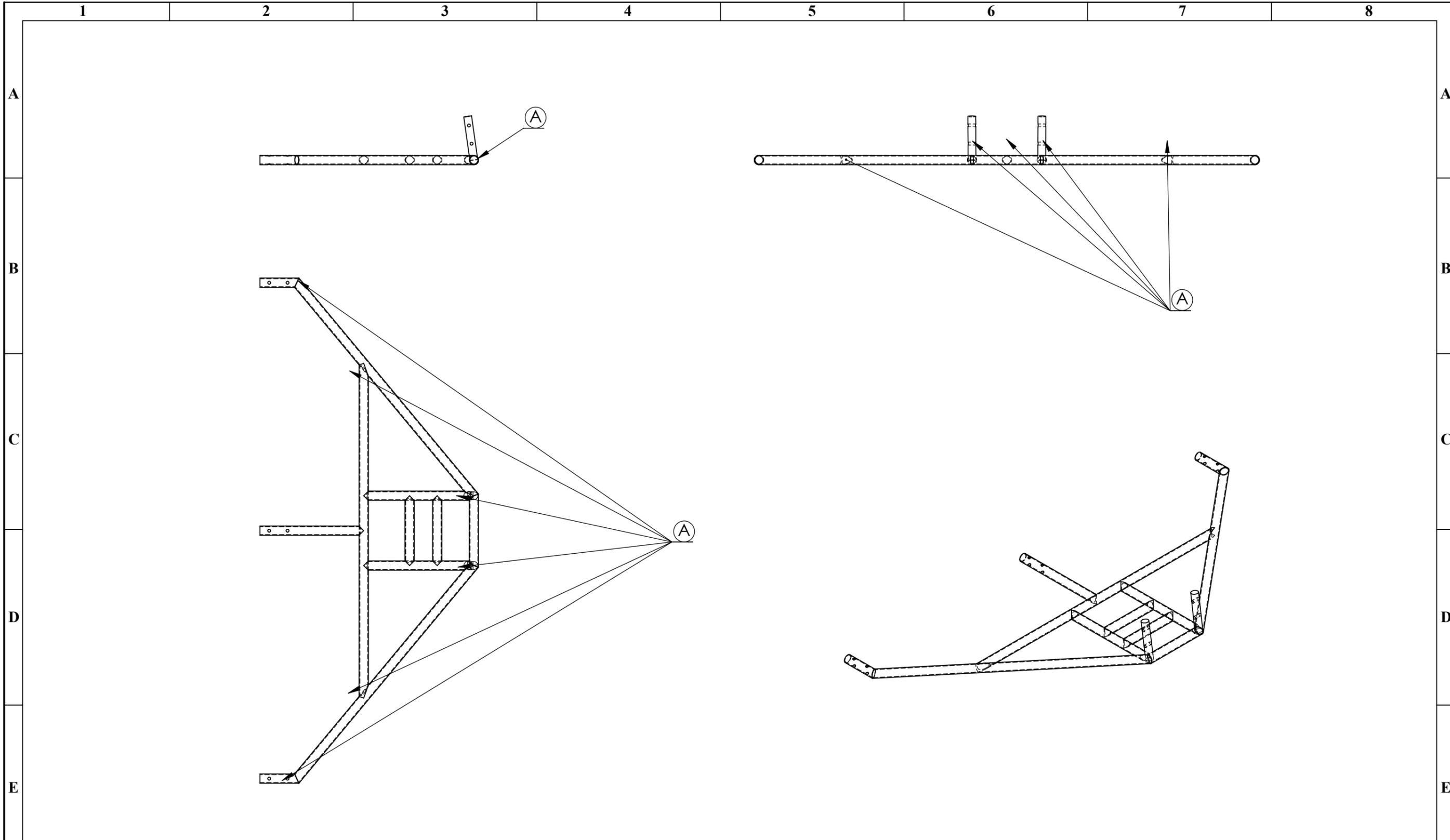
**Detalle de SOLDADURA A:**



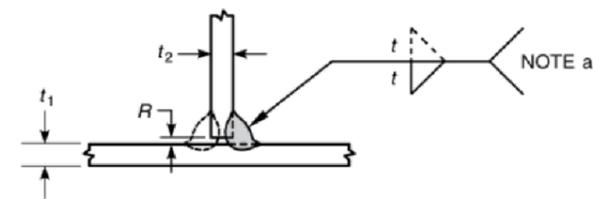
Welding Process	t = Thickness	R = Root Opening	Positions
All	$t_1, t_2 = 18 \text{ Ga. MIN.}, 7 \text{ Ga. MAX.}$ and $t_2 = t_1/2 \text{ MIN.}, 2t_1 \text{ MAX.}$	0 MIN., $t/2 \text{ MAX.}$ (Note a)	All

Nº. Lámina: 6 de 17	Nº. Hojas: 1	Sustitución:	Codificación: FM-CIA-DCPVHE-002-12D-04-2020	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>			
Email: <a href="mailto:santiago.pazos1@gmail.com">santiago.pazos1@gmail.com</a> Teléfonos: 0991648597			Denominación:  <b>Base A2 - Soldadura</b>				
Datos	Nombre	Firma	Fecha	3.09	±0.5 [mm]	1:10	
Proyectó	Sr. Valencia S.		2020/01/20	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: S.V. Y L.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Dibujó	Sr. Valencia S.		2020/01/20				
Revisó	Ing. Pozo E.		2020/01/20				
Aprobó	Ing. Padilla C.		2020/01/20	<b>Materiales:</b> SAE J 403 1008		<b>Nombre de archivo:</b> HOJA 6	





**Detalle de SOLDADURA A:**

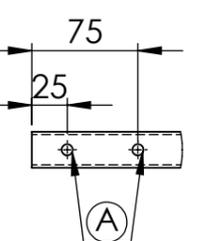
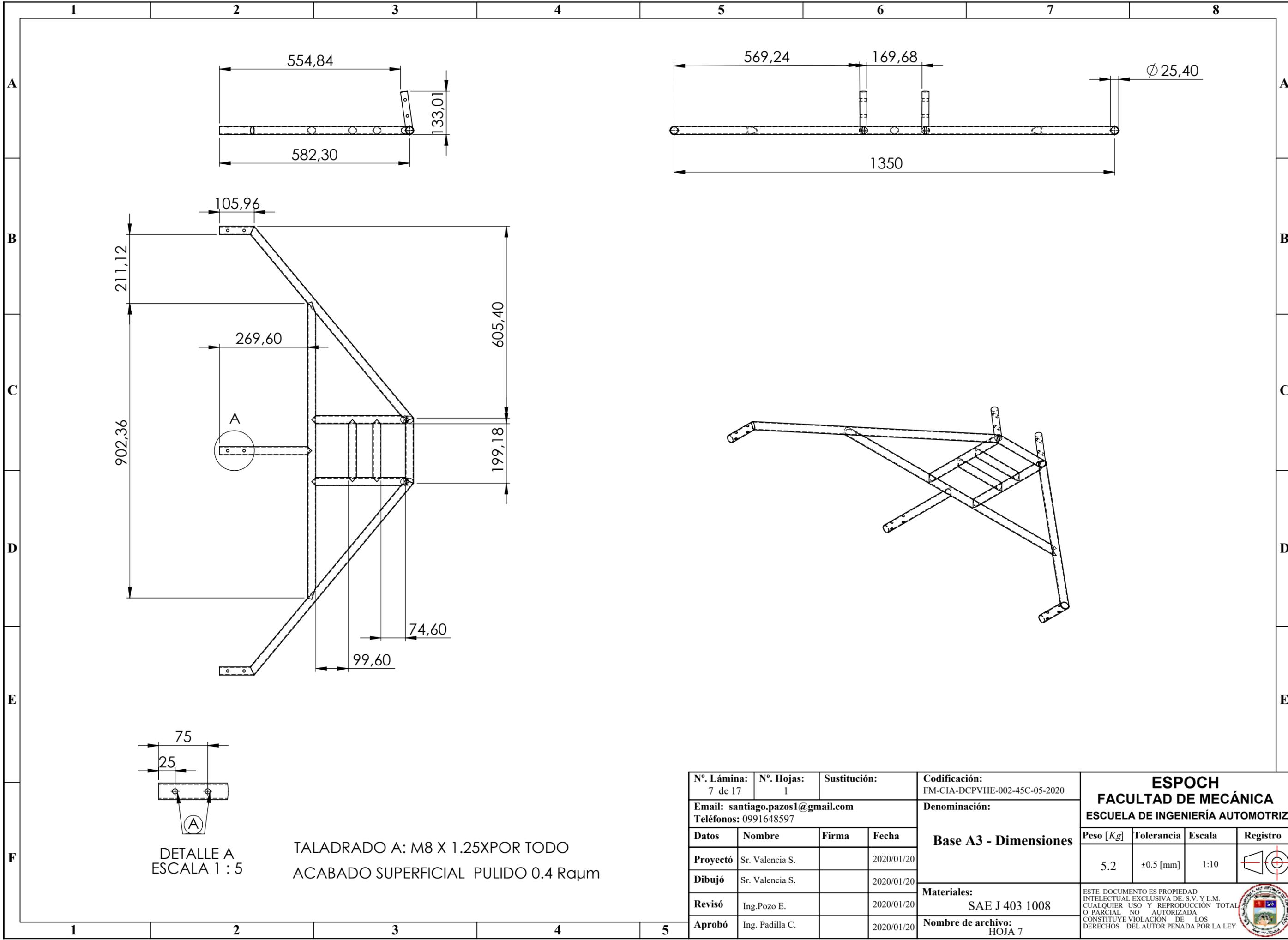


Welding Process	t = Thickness	R = Root Opening	Positions
All	$t_1, t_2 = 18 \text{ Ga. MIN.}, 7 \text{ Ga. MAX.}$ and $t_2 = t_1/2 \text{ MIN.}, 2t_1 \text{ MAX.}$	0 MIN., $t/2 \text{ MAX.}$ (Note a)	All

<b>Nº. Lámina:</b> 8 de 17	<b>Nº. Hojas:</b> 1	<b>Sustitución:</b>	
<b>Email:</b> santiago.pazos1@gmail.com		<b>Codificación:</b> FM-CIA-DCPVHE-002-45C-06-2020	
<b>Teléfonos:</b> 0991648597		<b>Denominación:</b>  <b>Base A3 - Soldadura</b>	
<b>Datos</b>	<b>Nombre</b>	<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>
<b>Proyectó</b>	Sr. Valencia S.		2020/01/20
<b>Dibujó</b>	Sr. Valencia S.		2020/01/20
<b>Revisó</b>	Ing. Pozo E.		2020/01/20
<b>Aprobó</b>	Ing. Padilla C.		2020/01/20

<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>			
<b>Peso [Kg]</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Escala</b>	<b>Registro</b>
5.2	±0.5 [mm]	1:10	
<b>Materiales:</b> SAE J 403 1008		<b>Nombre de archivo:</b> HOJA 8	
<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: S.V. Y L.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>			

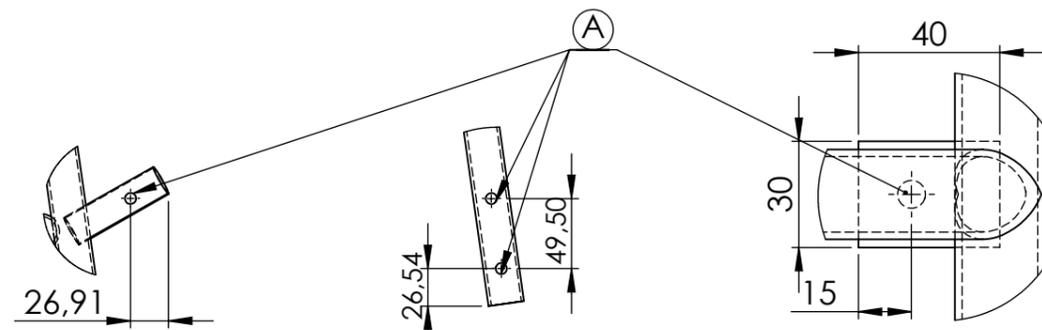
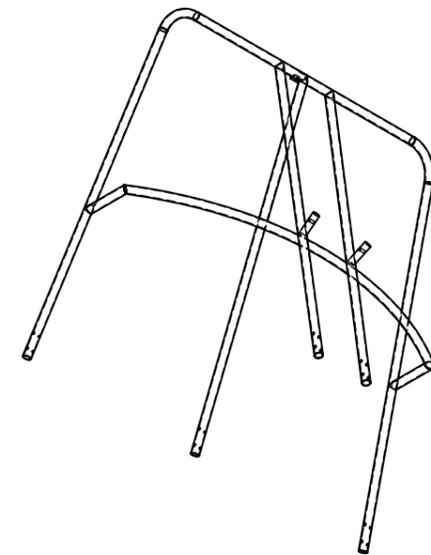
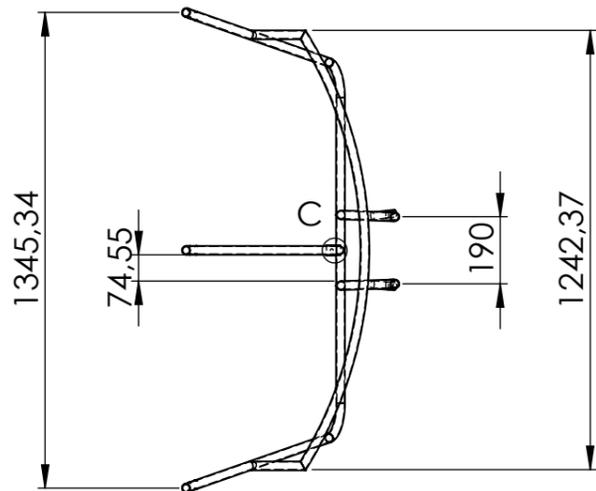
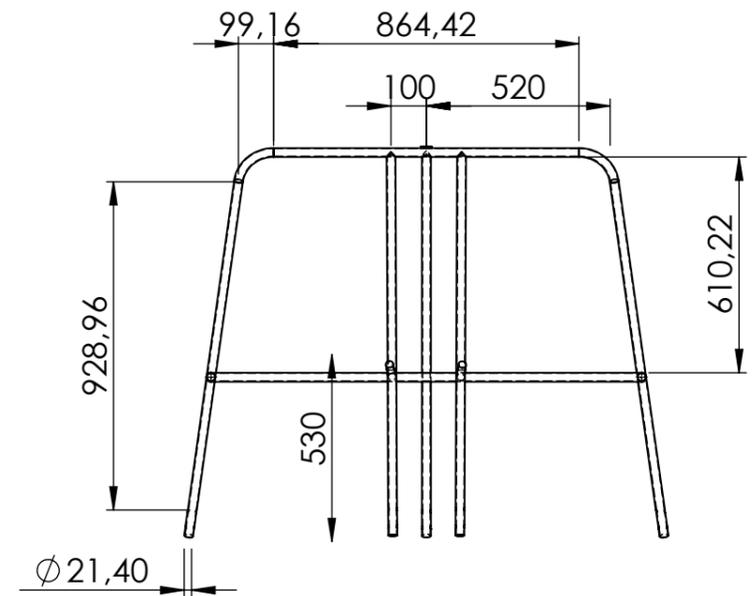
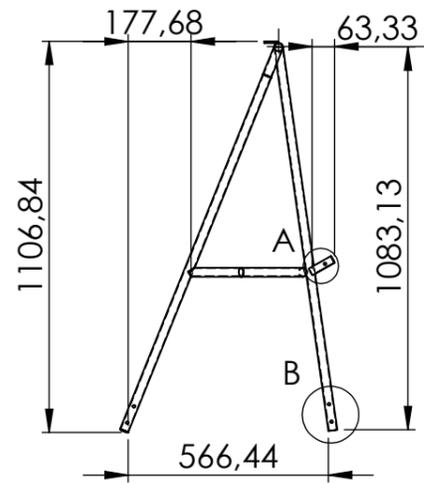




DETALLE A  
ESCALA 1 : 5

TALADRADO A: M8 X 1.25XPOR TODO  
ACABADO SUPERFICIAL PULIDO 0.4 Ra $\mu$ m

N°. Lámina: 7 de 17		N°. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-DCPVHE-002-45C-05-2020		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>			
Email: santiago.pazos1@gmail.com Teléfonos: 0991648597						Denominación: <b>Base A3 - Dimensiones</b>					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					5.2	±0.5 [mm]	1:10	
Proyectó	Sr. Valencia S.		2020/01/20					Materiales: SAE J 403 1008		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELCTUAL EXCLUSIVA DE: S.V. Y L.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>	
Dibujó	Sr. Valencia S.		2020/01/20					Nombre de archivo: HOJA 7			
Revisó	Ing. Pozo E.		2020/01/20								
Aprobó	Ing. Padilla C.		2020/01/20								



DETALLE A  
ESCALA 1 : 5

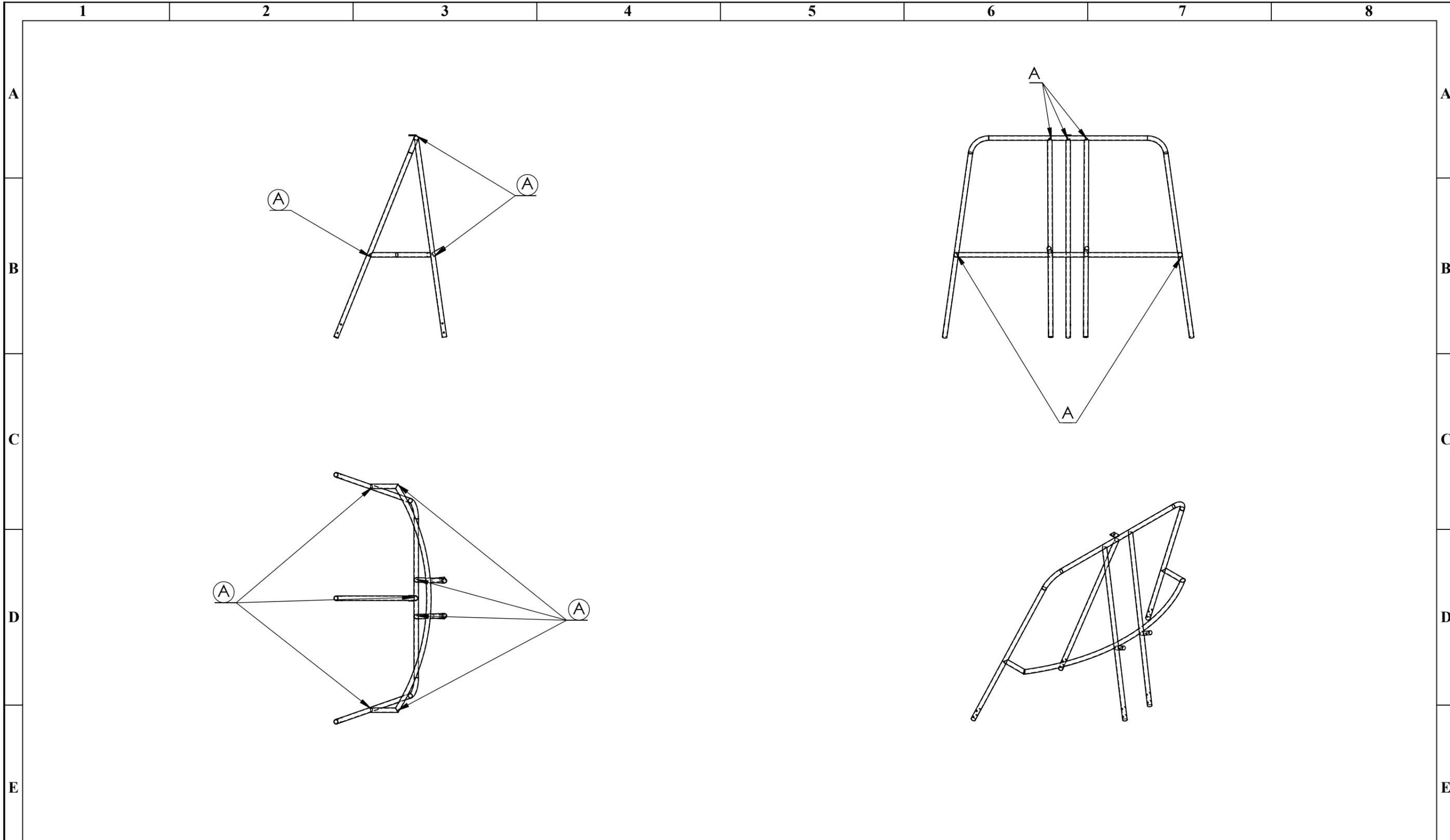
DETALLE B  
ESCALA 1 : 5

DETALLE C  
ESCALA 1 : 2

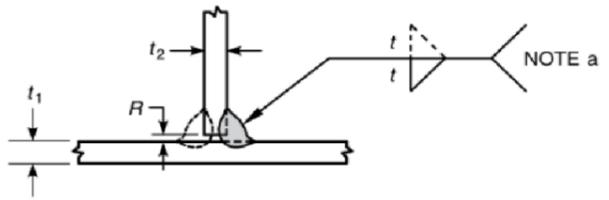
TALADRADO A: M8 X 1.25XPOR TODO

ACABADO SUPERFICIAL PULIDO 0.4 Raµm

Nº. Lámina: 9 de 17		Nº. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-DCPVHE-002-34CD-07-2020		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>			
Email: santiago.pazos1@gmail.com Teléfonos: 0991648597						Denominación: <b>Base A4 - Dimensiones</b>					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: SAE J 403 1008		Nombre de archivo: HOJA 9		9,92	±0.5 [mm]	1:20	
Proyectó	Sr. Valencia S.		2020/01/20	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: S.V. Y L.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
Dibujó	Sr. Valencia S.		2020/01/20								
Revisó	Ing. Pozo E.		2020/01/20								
Aprobó	Ing. Padilla C.		2020/01/20								



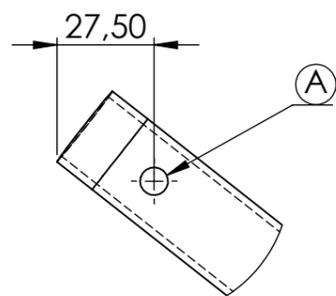
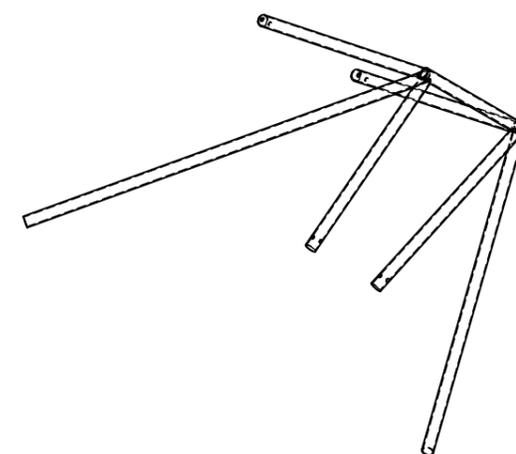
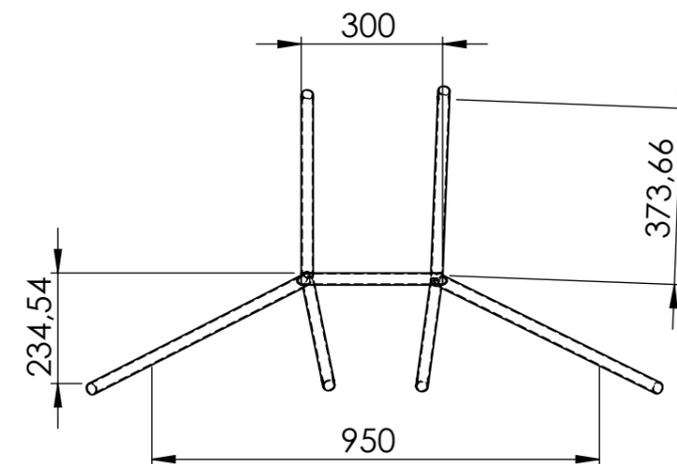
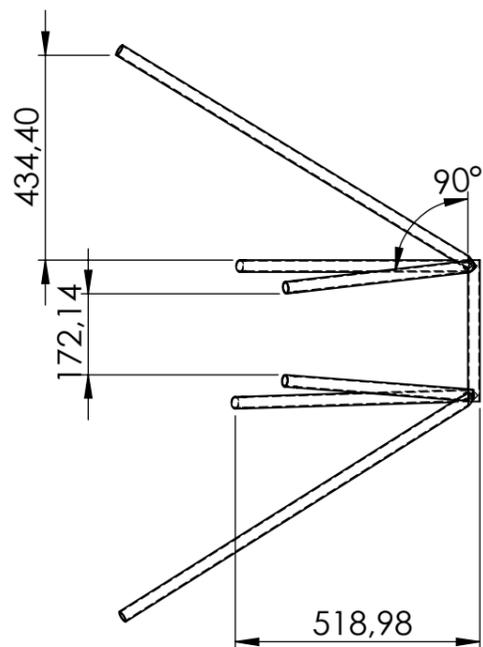
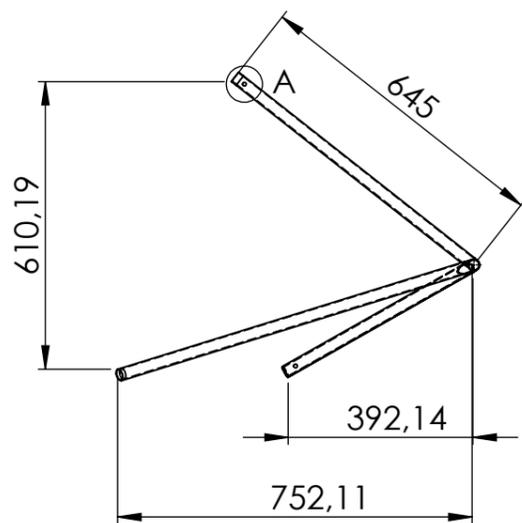
**Detalle de SOLDADURA A:**



Welding Process	t = Thickness	R = Root Opening	Positions
All	$t_1, t_2 = 18 \text{ Ga. MIN.}, 7 \text{ Ga. MAX.}$ and $t_2 = t_1/2 \text{ MIN.}, 2t_1 \text{ MAX.}$	0 MIN., $t/2 \text{ MAX.}$ (Note a)	All

Nº. Lámina: 10 de 17		Nº. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-DCPVHE-002-34CD-08-2020		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>							
Email: santiago.pazos1@gmail.com				Denominación:								Peso [Kg]		Tolerancia	
Base A4 - Soldadura		9,92		±0.5 [mm]		1:20									
Datos		Nombre		Firma		Fecha		<b>Materiales:</b> SAE J 403 1008							
Proyectó		Sr. Valencia S.				2020/01/20		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: S.V. Y L.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
Dibujó		Sr. Valencia S.				2020/01/20									
Revisó		Ing. Pozo E.				2020/01/20									
Aprobó		Ing. Padilla C.				2020/01/20		<b>Nombre de archivo:</b> HOJA 10							



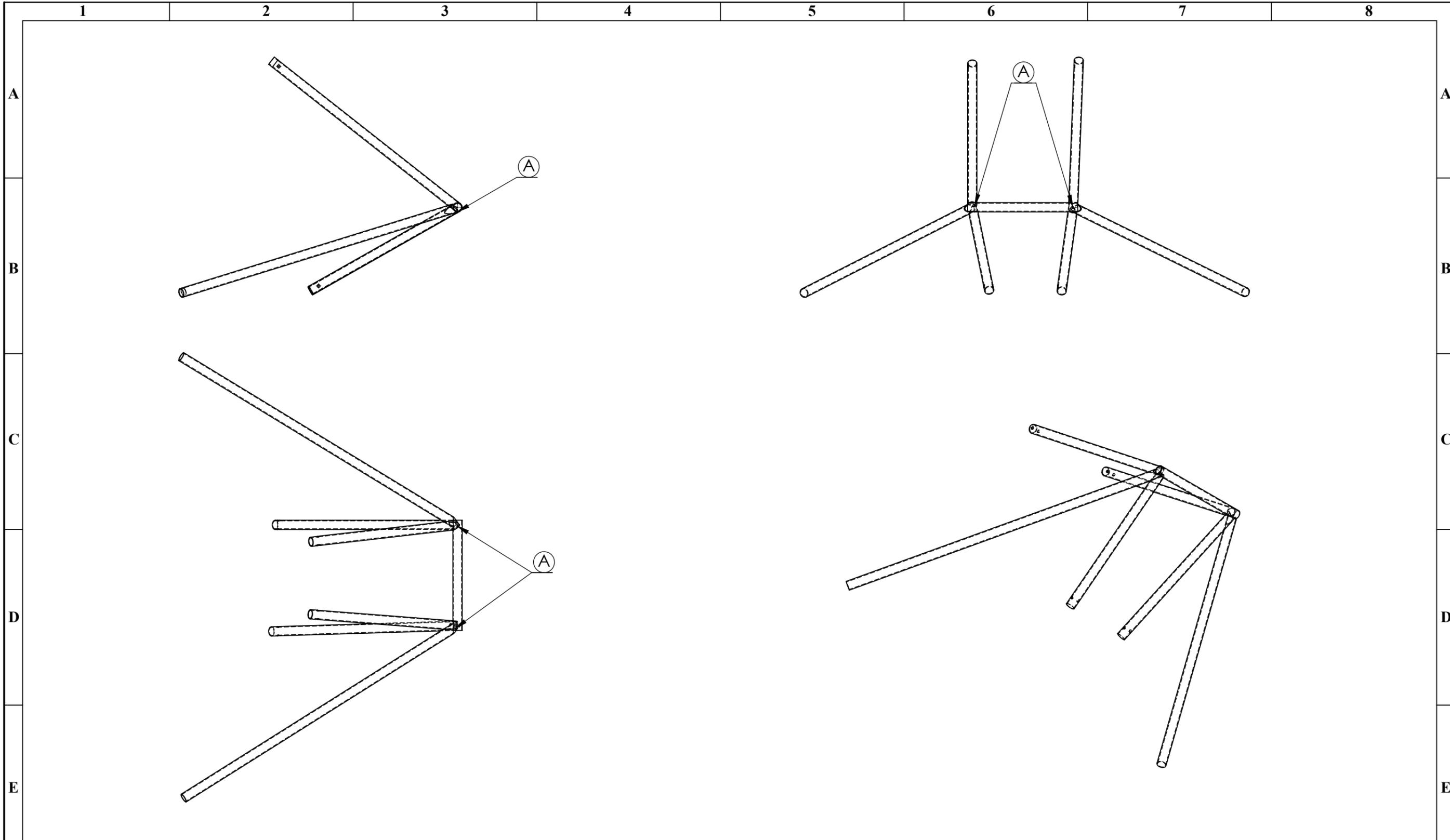


DETALLE A  
ESCALA 1 : 2

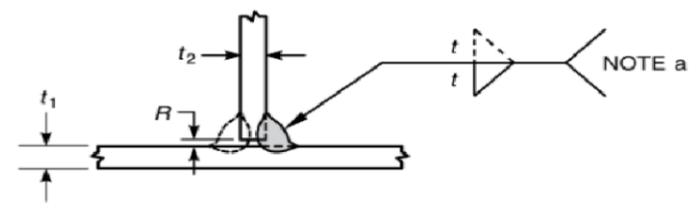
TALADRADO A: M8 X 1.25 X POR TODO

ACABADO SUPERFICIAL PULIDO 0.4 Raµm

Nº. Lámina: 11 de 17		Nº. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-DCPVHE-002-45BC-09-2020		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>			
Email: <a href="mailto:santiago.pazos1@gmail.com">santiago.pazos1@gmail.com</a> Teléfonos: 0991648597						Denominación: <b>Base A5 - Dimensiones</b>					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					4.89	±0.5 [mm]	1:15	
Proyectó	Sr. Valencia S.		2020/01/20					Materiales: SAE J 403 1008		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELCTUAL EXCLUSIVA DE: S.V. Y L.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>	
Dibujó	Sr. Valencia S.		2020/01/20					Nombre de archivo: HOJA 11			
Revisó	Ing. Pozo E.		2020/01/20								
Aprobó	Ing. Padilla C.		2020/01/20								



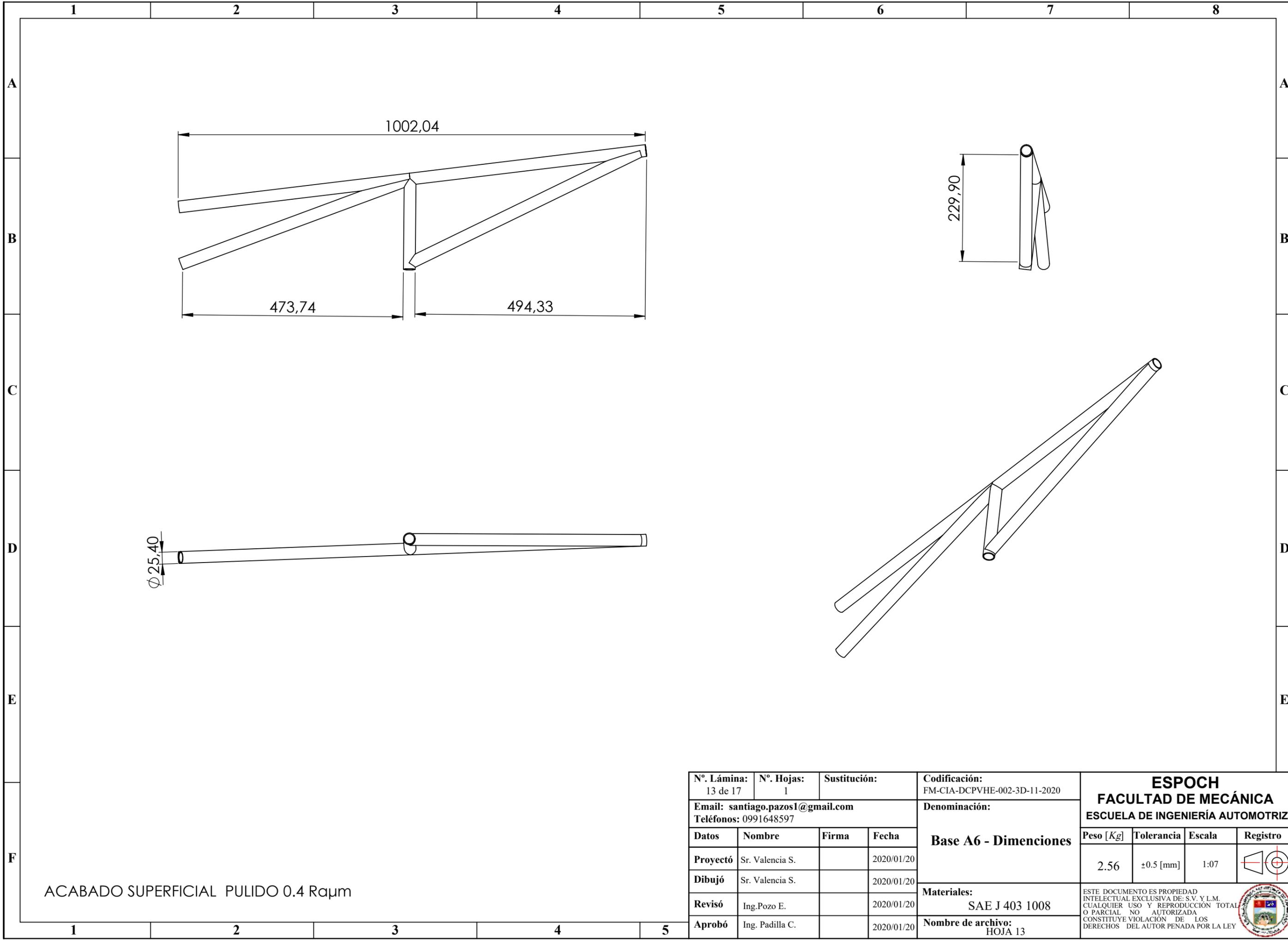
**Detalle de SOLDADURA A:**



Welding Process	t = Thickness	R = Root Opening	Positions
All	$t_1, t_2 = 18 \text{ Ga. MIN.}, 7 \text{ Ga. MAX.}$ and $t_2 = t_1/2 \text{ MIN.}, 2t_1 \text{ MAX.}$	0 MIN., $t/2 \text{ MAX.}$ (Note a)	All

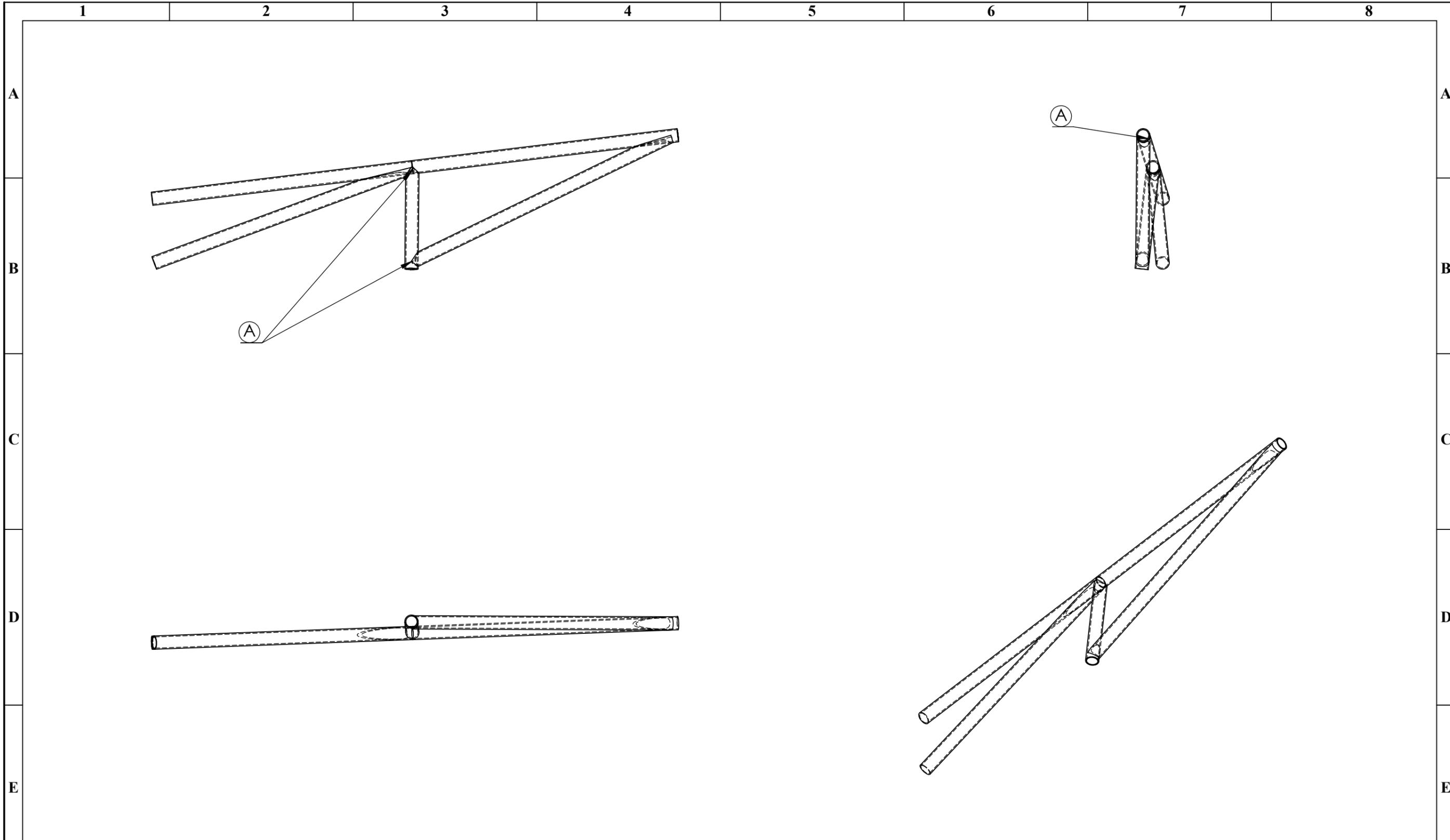
Nº. Lámina: 12 de 17	Nº. Hojas: 1	Sustitución:	Codificación: FM-CIA-DCPVHE-002-45BC-10-2020	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>			
Email: <a href="mailto:santiago.pazos1@gmail.com">santiago.pazos1@gmail.com</a> Teléfonos: 0991648597			Denominación:  <b>Base A5 - Soldadura</b>				
<b>Datos</b>	<b>Nombre</b>	<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>	4.89	±0.5 [mm]	1:10	
<b>Proyectó</b>	Sr. Valencia S.		2020/01/20	<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: S.V. Y L.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small> 			
<b>Dibujó</b>	Sr. Valencia S.		2020/01/20				
<b>Revisó</b>	Ing. Pozo E.		2020/01/20				
<b>Aprobó</b>	Ing. Padilla C.		2020/01/20	<b>Materiales:</b> SAE J 403 1008 <b>Nombre de archivo:</b> HOJA 12			

F

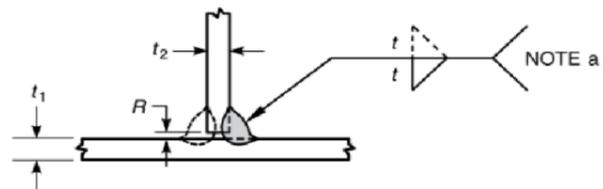


ACABADO SUPERFICIAL PULIDO 0.4 Raµm

<b>Nº. Lámina:</b> 13 de 17		<b>Nº. Hojas:</b> 1		<b>Sustitución:</b>		<b>Codificación:</b> FM-CIA-DCPVHE-002-3D-11-2020		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>			
<b>Email:</b> santiago.pazos1@gmail.com <b>Teléfonos:</b> 0991648597						<b>Denominación:</b>					
<b>Datos</b>	<b>Nombre</b>	<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>	<b>Base A6 - Dimensiones</b>				2.56	±0.5 [mm]	1:07	
<b>Proyectó</b>	Sr. Valencia S.		2020/01/20								
<b>Dibujó</b>	Sr. Valencia S.		2020/01/20								
<b>Revisó</b>	Ing. Pozo E.		2020/01/20								
<b>Aprobó</b>	Ing. Padilla C.		2020/01/20								
<b>Materiales:</b> SAE J 403 1008						<b>Nombre de archivo:</b> HOJA 13		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: S.V. Y L.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>			



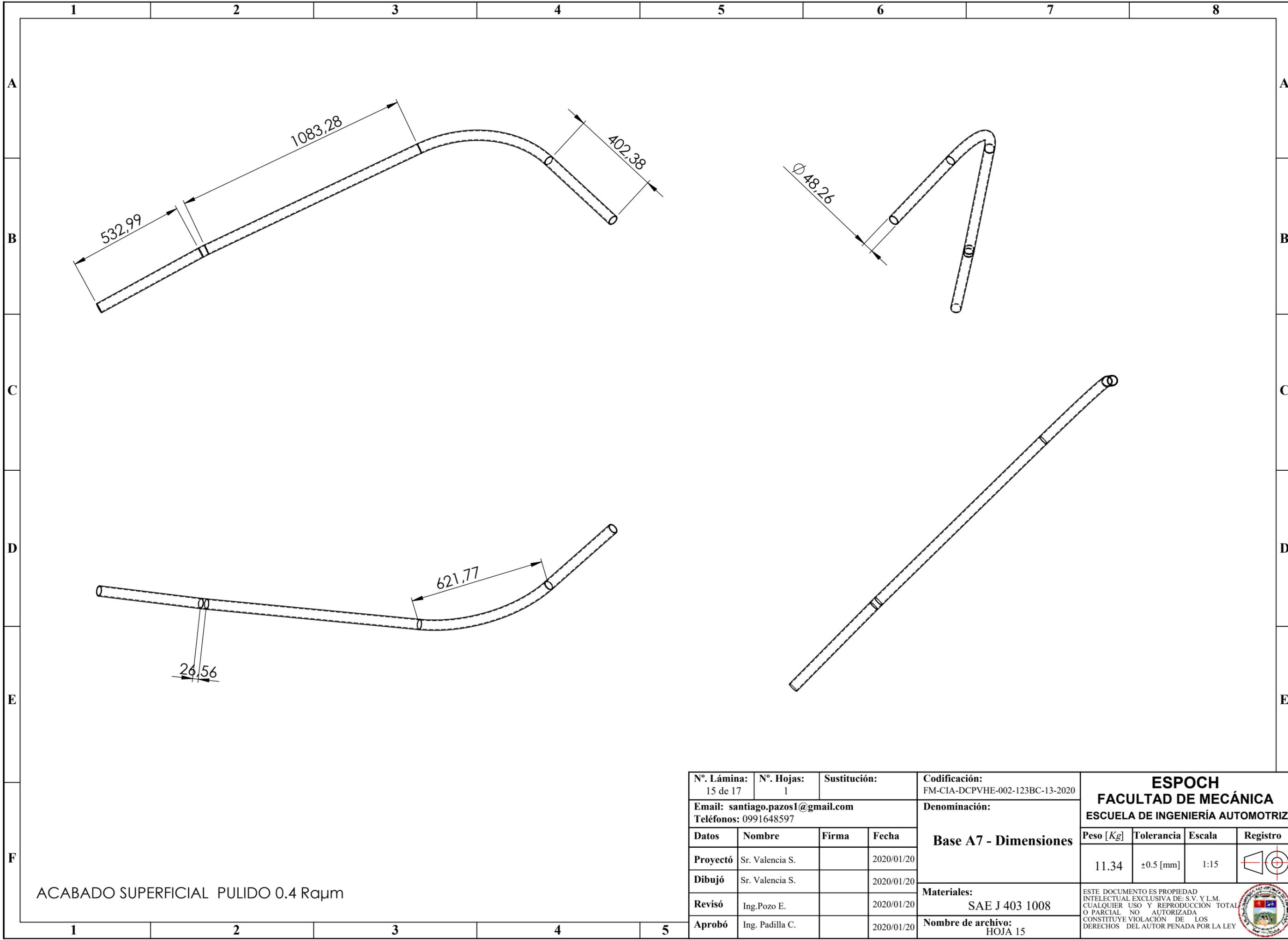
**Detalle de SOLDADURA A:**



Welding Process	t = Thickness	R = Root Opening	Positions
All	$t_1, t_2 = 18 \text{ Ga. MIN.}, 7 \text{ Ga. MAX.}$ and $t_2 = t_1/2 \text{ MIN.}, 2t_1 \text{ MAX.}$	0 MIN., $t/2 \text{ MAX.}$ (Note a)	All

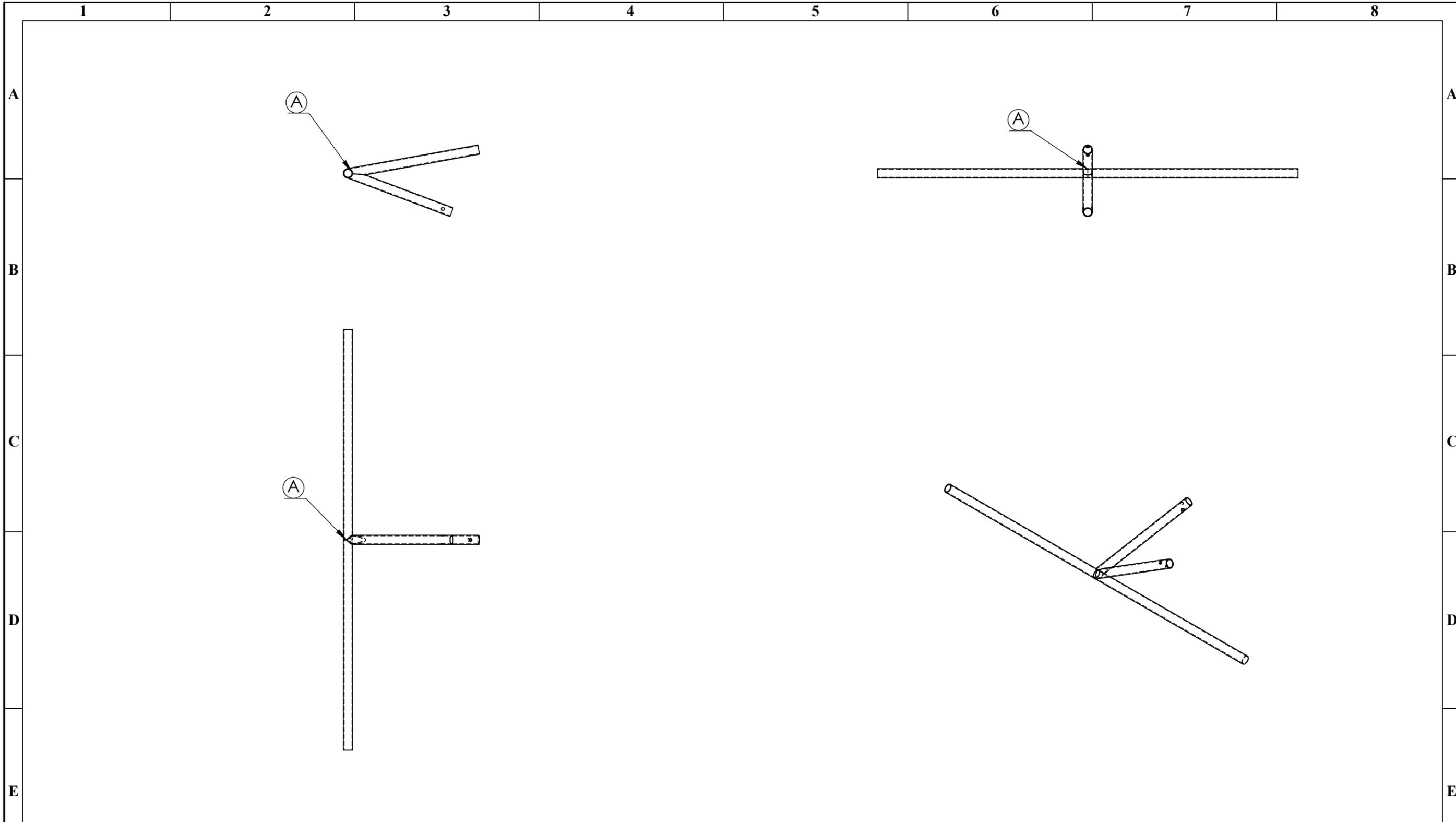
Nº. Lámina: 14 de 17		Nº. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-DCPVHE-002-3D-12-2020		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>			
Email: <a href="mailto:santiago.pazos1@gmail.com">santiago.pazos1@gmail.com</a> Teléfonos: 0991648597				Denominación:  <b>Base A6 - Soldadura</b>							
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: SAE J 403 1008				2.56	±0.5 [mm]	1:07	
Proyectó	Sr. Valencia S.		2020/01/20	Nombre de archivo: HOJA 14				<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: S.V. Y L.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>			
Dibujó	Sr. Valencia S.		2020/01/20								
Revisó	Ing. Pozo E.		2020/01/20								
Aprobó	Ing. Padilla C.		2020/01/20								

F

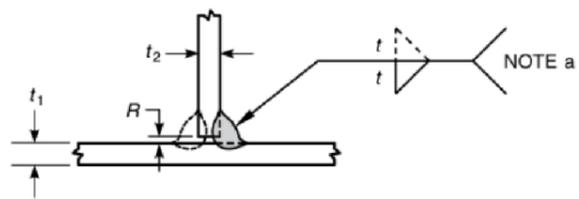


ACABADO SUPERFICIAL PULIDO 0.4 Raµm

Nº. Lámina: 15 de 17		Nº. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-DCPVHE-002-123BC-13-2020		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>											
Email: santiago.pazos1@gmail.com Teléfonos: 0991648597						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
<b>Datos</b>		<b>Nombre</b>		<b>Firma</b>		<b>Fecha</b>		<b>Base A7 - Dimensiones</b>				11.34		±0.5 [mm]		1:15			
<b>Proyectó</b>		Sr. Valencia S.				2020/01/20													
<b>Dibujó</b>		Sr. Valencia S.				2020/01/20													
<b>Revisó</b>		Ing. Pozo E.				2020/01/20													
<b>Aprobó</b>		Ing. Padilla C.				2020/01/20		<b>Materiales:</b> SAE J 403 1008				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: S.V. Y L.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
						Nombre de archivo:		HOJA 15											

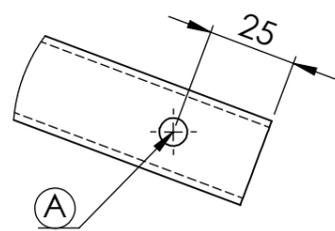
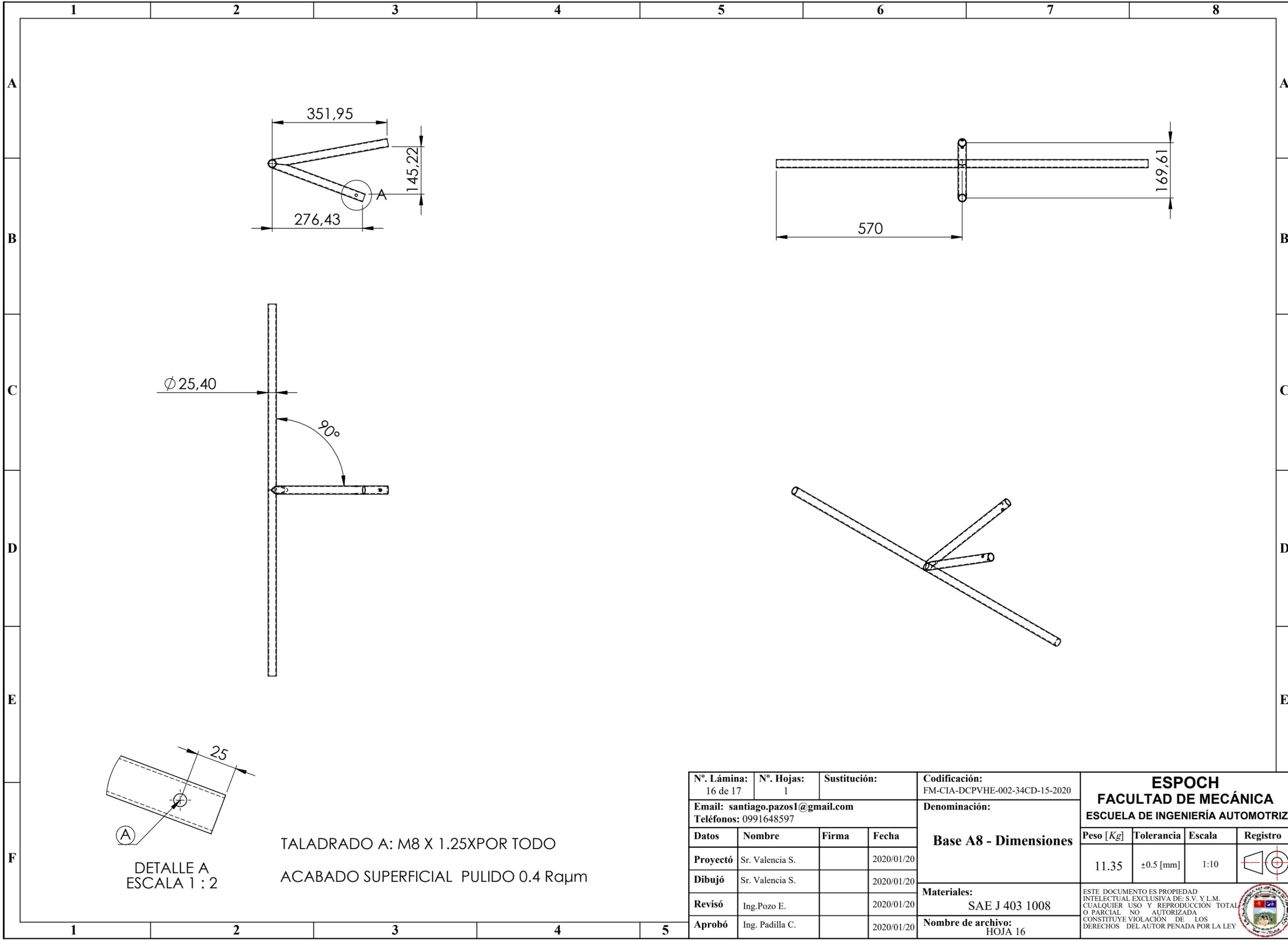


**Detalle de SOLDADURA A:**



Welding Process	t = Thickness	R = Root Opening	Positions
All	$t_1, t_2 = 18 \text{ Ga. MIN.}, 7 \text{ Ga. MAX.}$ and $t_2 = t_1/2 \text{ MIN.}, 2t_1 \text{ MAX.}$	0 MIN., 1/2 MAX. (Note a)	All

Nº. Lámina: 17 de 17		Nº. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-DCPVHE-002-34CD-16-2020		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>			
Email: <a href="mailto:santiago.pazos1@gmail.com">santiago.pazos1@gmail.com</a> Teléfonos: 0991648597				Denominación:  <b>Base A8 - Soldaduras</b>							
Datos	Nombre	Firma	Fecha	<b>Materiales:</b> <b>SAE J 403 1008</b>				11.35	±0.5 [mm]	1:10	
Proyectó	Sr. Valencia S.		2020/01/20								
Dibujó	Sr. Valencia S.		2020/01/20								
Revisó	Ing. Pozo E.		2020/01/20								
Aprobó	Ing. Padilla C.		2020/01/20	Nombre de archivo: HOJA 17				<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: S.V. Y L.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small> 			



DETALLE A  
ESCALA 1 : 2

TALADRADO A: M8 X 1.25XPOR TODO  
ACABADO SUPERFICIAL PULIDO 0.4 Raµm

Nº. Lámina: 16 de 17		Nº. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-DCPVHE-002-34CD-15-2020		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>			
Email: santiago.pazos1@gmail.com Teléfonos: 0991648597				Denominación:  <b>Base A8 - Dimensiones</b>							
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: SAE J 403 1008				11.35	±0.5 [mm]	1:10	
Proyectó	Sr. Valencia S.		2020/01/20	Nombre de archivo: HOJA 16				<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: S.V. Y L.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small> 			
Dibujó	Sr. Valencia S.		2020/01/20								
Revisó	Ing. Pozo E.		2020/01/20								
Aprobó	Ing. Padilla C.		2020/01/20								