



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

DISEÑO DEL MECANISMO DE SILLA DE RUEDAS
BIPEDESTADORA BASCULANTE PARA PERSONAS ADULTAS
CON DISCAPACIDAD EN SUS MIEMBROS INFERIORES

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTOR:

OSCAR ANDRES ESCOBAR LATA

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO DE UN MECANISMO PARA SILLA DE RUEDAS
BIPEDESTADORA BASCULANTE PARA PERSONAS ADULTAS
CON DISCAPACIDAD EN SUS MIEMBROS INFERIORES**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTOR: OSCAR ANDRES ESCOBAR LATA

DIRECTOR: Ing. SÓCRATES MIGUEL AQUINO ARROBA

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Oscar Andres Escobar Lata

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

Yo, OSCAR ANDRES ESCOBAR LATA, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 19 de junio de 2023



Oscar Andres Escobar Lata

060463026-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DEL MECANISMO DE SILLA DE RUEDAS BIPEDESTADORA BASCULANTE PARA PERSONAS ADULTAS CON DISCAPACIDAD EN SUS MIEMBROS INFERIORES**, realizado por el señor: **OSCAR ANDRES ESCOBAR LATA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribuna autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2023-06-19
Ing. Sócrates Miguel Aquino Arroba DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023-06-19
Ing. Edwin Rodolfo Pozo Safla ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023-06-19

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a mi familia, quien me brinda su apoyo incondicional, en especial mis padres que me han dado todo para poder alcanzar esta meta. Gracias por su amor, sacrificio y confianza en mí. Este logro es también suyo, y les agradezco por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Sin ustedes, nada de esto sería posible.

Oscar

AGRADECIMIENTO

Me permito mediante el presente trabajo expresar mi agradecimiento a las personas que a lo largo de la carrera me han acompañado para la culminación de mi proyecto de titulación, las personas a las cuales quiero dejar inmortalizado mi gratitud es a mis padres Oscar y Paulina que siempre me impulsaron a seguir adelante y nunca renunciar ante las adversidades, a mis hermanos Daniel y Mateo que siempre se preocuparon por mi cumplimiento del deber, y por ultimo a mi tutor y asesor del presente proyecto ya que sin sus aportes e ideas no se podría haber concluido el trabajo, mediante este texto quiero agradecer de todo corazón a las demás personas que formaron parte de este camino de aprendizaje como mis amigos y demás familiares. Desde lo más profundo de mi corazón, les agradezco por ser parte fundamental de mi camino hacia el éxito académico y personal.

Oscar

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS -----	xi
INDICE DE ILUSTRACIONES -----	xii
INDICE DE ANEXOS -----	xv
RESUMEN-----	xvi
SUMARY-----	xvii
INTRODUCCIÓN -----	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA-----	2
1.1. Antecedentes -----	2
1.2. Planteamiento del problema -----	3
1.3. Justificación -----	3
1.3.1. <i>Justificación teórica</i> -----	3
1.3.2. <i>Justificación metodológica</i> -----	3
1.3.3. <i>Justificación social</i> -----	4
1.3.4. <i>Justificación económica</i> -----	4
1.4. Objetivos -----	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i> -----	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> -----	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO -----	6
2.1. Anatomía humana -----	6
2.2. Posición anatómica-----	6
2.3. Cortes anatómicos-----	7
2.3.1. <i>Plano sagital</i> -----	8
2.3.2. <i>Plano parasagital</i> -----	8
2.3.3. <i>Plano coronal</i> -----	8

2.3.4.	<i>Plano transversal</i> -----	9
2.4.	Sistema esquelético -----	9
2.5.	Articulaciones -----	9
2.6.	Antropometría humana. -----	10
2.6.1.	<i>Antropometría estática.</i> -----	10
2.6.2.	<i>Antropometría dinámica.</i> -----	10
2.7.	Perfil antropométrico. -----	11
2.8.	Equilibrio. -----	11
2.9.	Ergonomía. -----	12
2.10.	Bipedestación. -----	12
2.10.1.	<i>Postura de bipedestación.</i> -----	12
2.10.2.	<i>Equilibrio.</i> -----	13
2.10.3.	<i>Bipedestación estática.</i> -----	13
2.10.4.	<i>Bipedestación dinámica.</i> -----	14
2.10.5.	<i>Posiciones bipedestación.</i> -----	14
2.11.	Movimientos de elevación. -----	14
2.11.1.	<i>Trayectoria lineal.</i> -----	15
2.11.2.	<i>Trayectoria curva.</i> -----	15
2.12.	Silla basculante -----	15

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO. -----	16
3.1.	Posiciones de silla bipedestadora basculante -----	16
3.1.1.	<i>Centro de gravedad del cuerpo humano</i> -----	16
3.1.2.	<i>Cálculo del centro de gravedad</i> -----	17
3.1.2.1.	<i>Cálculo del centro de gravedad en la postura sentado</i> -----	17
3.1.2.2.	<i>Cálculo del centro de gravedad posición bípeda</i> -----	19
3.2.	Análisis QFD -----	20
3.2.1.	<i>Función casa de la calidad</i> -----	21
3.2.1.1.	<i>Voz del usuario</i> -----	21
3.2.1.2.	<i>Voz del ingeniero</i> -----	21
3.2.2.	Resultado casa de la calidad -----	24
3.2.2.1.	<i>Dimensiones</i> -----	25
3.2.2.2.	<i>Materiales</i> -----	25

3.2.2.3.	<i>Estructura</i>	25
3.2.2.4.	<i>Mecanismo</i>	25
3.3.	Selección de material	25
3.4.	Análisis de mecanismos conceptuales	28
3.4.1.	<i>Mecanismo basculante</i>	28
3.4.2.	<i>Mecanismo bipedestador opción 1</i>	30
3.4.3.	<i>Mecanismo bipedestador opción 2</i>	31
3.4.4.	<i>Combinación de mecanismo bipedestador y mecanismo basculante</i>	33
3.4.5.	<i>Accionamiento de mecanismo bipedestador.</i>	34
3.4.5.1.	<i>Cálculo de la fuerza del actuador mecanismo.</i>	34
3.4.5.2.	<i>Cálculo de la carrera del actuador lineal.</i>	36
3.4.5.3.	<i>Selección de tipos de actuadores lineales.</i>	43
3.5.	Estudio del mecanismo.	47
3.5.1.	<i>Análisis cinético del mecanismo bipedestador.</i>	47
3.5.1.1.	<i>Análisis posicional del mecanismo.</i>	48
3.5.1.2.	<i>Análisis de velocidad del mecanismo.</i>	50
3.5.1.3.	<i>Análisis de aceleración angular del mecanismo.</i>	51
3.6.	Verificación del modelo cinemático	54
3.6.1.	<i>Diseño del modelo 3D.</i>	54
3.6.1.1.	<i>Modelado CAD espaldar.</i>	55
3.6.1.2.	<i>Modelado CAD asiento.</i>	56
3.6.1.3.	<i>Modelado CAD eslabón de bipedestación.</i>	56
3.6.1.4.	<i>Modelado CAD elemento basculación y apoya pies.</i>	57
3.6.1.5.	<i>Modelado CAD base mecanismo.</i>	58
3.6.2.	<i>Creación del ensamble de silla.</i>	59
3.6.3.	<i>Verificación cinemática MSC ADAMS.</i>	60
3.6.3.1.	<i>Evaluación del mecanismo bipedestador.</i>	60
3.6.3.2.	<i>Evaluación del mecanismo basculante.</i>	61
3.6.4.	<i>Análisis de movimiento.</i>	63
3.7.	Análisis tensional.	69
3.7.1.	<i>Cálculo de la fuerza del mecanismo.</i>	69
3.7.2.	<i>Análisis de estructural estático.</i>	78
3.8.	Estimación de costos	85
3.8.1.	<i>Costos directos.</i>	85
3.8.2.	<i>Costos indirectos.</i>	86
3.8.3.	<i>Costo total.</i>	86

CAPITULO IV

4.	Resultados.	87
4.1.	Resultados estudio cinemático.	87
4.1.1.	<i>Relación carrera del actuador respecto al ángulo del actuador.</i>	87
4.1.2.	<i>Relación carrear del actuador ángulo del eslabón de mecanismo de cuatro barras.</i>	88
4.1.3.	<i>Relación carrear del actuador ángulo del espaldar.</i>	89
4.1.4.	<i>Relación carrear del actuador ángulo del asiento.</i>	90
4.1.5.	<i>Trayectoria del espaldar.</i>	91
4.1.6.	<i>Relación carrera del actuador velocidad angular del actuador.</i>	92
4.1.7.	<i>Relación carrera del actuador velocidad angular del mecanismo.</i>	93
4.1.8.	<i>Relación carrera del actuador velocidad angular del espaldar.</i>	94
4.1.9.	<i>Relación carrera del actuador aceleración angular del actuador.</i>	95
4.1.10.	<i>Relación carrera del actuador aceleración angular del mecanismo.</i>	96
4.1.11.	<i>Relación carrera del actuador aceleración angular del espaldar.</i>	97
4.2.	Resultado estudio estático de fuerzas.	98
4.3.	Resultados ADAMS.	103
4.3.1.	<i>Resultado del eslabón del asiento.</i>	103
4.3.2.	<i>Resultado del sientto del usuario.</i>	103
4.3.3.	<i>Curvas del actuador lineal.</i>	104
4.3.4.	<i>Curvas del espaldar.</i>	104
4.4.	Resultados del análisis tensional ANSYS.	105
CONCLUSIONES		111
RECOMENDACIONES		112

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Distribución de peso corporal en el cuerpo humano	17
Tabla 3-2: Pesos de las partes del cuerpo	17
Tabla 3-3: Ubicación de los pesos corporales	18
Tabla 3-4: Ubicación de los pesos corporales	20
Tabla 3-5: Análisis ventajas desventajas de los materiales.....	26
Tabla 3-6: Medidas entre puntos de referencia del mecanismo bipedestador basculante.	37
Tabla 3-7: Medidas de la geometría formada por el actuador	40
Tabla 3-8: Tabla comparativa de actuadores lineales según su energía de funcionamiento.....	43
Tabla 3-9: Análisis de las características de seguridad.....	46
Tabla 3-10: Análisis de las características de costos del actuador lineal.	46
Tabla 3-11: Resumen de datos espaldar.	74
Tabla 3-12. Resumen de datos asiento.	75
Tabla 3-13: Resumen de datos eslabón mecanismo bipedestador.	77
Tabla 3-14: Propiedades mecánicas del acero ASTM A36.	80
Tabla 3-15: Evaluación de calidad de malla.....	83
Tabla 3-16: Descripción de costos directos.	85
Tabla 3-17: Detalles de costos directos	85
Tabla 3-18: Costos de mano de obra	86
Tabla 3-19: Costos indirectos.....	86
Tabla 3-20: Costos totales	86

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Humano en posición anatómica.....	7
Ilustración 2-2: Cuerpo en posición anatómica.....	8
Ilustración 2-3: Base de sustentación de una persona comparada con un banquillo de tres patas.	12
Ilustración 2-4: Silla de ruedas con mecanismo basculante	15
Ilustración 3-1: Ubicación de los pesos corporales en posición sentado.....	18
Ilustración 3-2: Cuerpo en posición bípeda	19
Ilustración 3-3: Diagrama casa de la calidad	24
Ilustración 3-4: Ingreso de datos limitantes de material.....	27
Ilustración 3-5: Gráfico de selección de material	27
Ilustración 3-6: Mecanismo basculante conceptual (posición de inicio).....	29
Ilustración 3-7: Mecanismo basculante conceptual (posición final)	29
Ilustración 3-8: Mecanismo conceptual bipedestador (posición inicio).	30
Ilustración 3-9: Mecanismo conceptual bipedestador (posición final).....	31
Ilustración 3-10: Mecanismo conceptual bipedestador opción 2 (posición inicial).....	32
Ilustración 3-11: Mecanismo conceptual bipedestador opción 2 (posición final).	33
Ilustración 3-12: Mecanismo bipedestador basculante conceptual.	34
Ilustración 3-13: Puntos de referencia para el cálculo de la carrera.	36
Ilustración 3-14: Verificación de la ubicación de las dimensiones del actuador.	38
Ilustración 3-15: Trazos para el cálculo de la distancia final del actuador lineal.	39
Ilustración 3-16: Dimensiones del actuador en posición bípeda	41
Ilustración 3-17: Dimensiones del actuador en posición bípeda.	42
Ilustración 3-18: Puntos de referencia del mecanismo bipedestador.....	47
Ilustración 3-19: Lazos de mecanismo bipedestador.	48
Ilustración 3-20: Modelado espaldar.	55
Ilustración 3-21: Modelado asiento de la silla.	56
Ilustración 3-22: Modelado del eslabón para el mecanismo cuatro barras.	57
Ilustración 3-23: Pieza de basculación.....	58
Ilustración 3-24: Pieza base del mecanismo.	58
Ilustración 3-25: Ensamble mecanismo bipedestador basculante.	59
Ilustración 3-26: Modelo importado en ADAMS	61
Ilustración 3-27: Mecanismo basculante importado a ADAMS	62
Ilustración 3-28: Mecanismo bipedestador basculante en la posición base.....	63
Ilustración 3-29: Mecanismo bipedestador en 8 seg. de simulación.	64

Ilustración 3-30: Mecanismo bipedestador simulación en 18 seg.....	64
Ilustración 3-31: Mecanismo bipedestador basculante en la posición base.....	65
Ilustración 3-32: Mecanismo bipedestador basculante simulación de movimiento en 9seg.....	66
Ilustración 3-33: Mecanismo bipedestador basculante simulación de movimiento en 20seg....	66
Ilustración 3-34: Mecanismo basculante simulación de movimiento en 10 seg.....	67
Ilustración 3-35: Mecanismo basculante simulación de movimiento en 20 seg.....	68
Ilustración 3-36: Mecanismo bipedestador basculante posición final.....	68
Ilustración 3-37: Diagrama de cuerpo libre del espaldar.....	69
Ilustración 3-38: Asignación de material SolidWorks.....	71
Ilustración 3-39: Biblioteca de materiales SolidWorks.....	71
Ilustración 3-40: Aceros de la biblioteca de SolidWorks.....	72
Ilustración 3-41: Material asignado en SolidWorks.....	72
Ilustración 3-42: Espacio de trabajo de SolidWorks.....	73
Ilustración 3-43: Pestaña de cálculo de SolidWorks.....	73
Ilustración 3-44: Propiedades físicas espaldar.....	74
Ilustración 3-45: Diagrama de cuerpo libre eslabon mecanismo.....	74
Ilustración 3-46: Propiedades físicas asiento.....	75
Ilustración 3-47: Diagrama de cuerpo libre mecanismo de asiento.....	76
Ilustración 3-48: Propiedades físicas del eslabón de mecanismo bipedestador.....	76
Ilustración 3-49: Formato de importación ANSYS.....	78
Ilustración 3-50: Importación de geometría en espacio de trabajo de ANSYS.....	79
Ilustración 3-51: Árbol de estudio estático ANSYS.....	80
Ilustración 3-52: Asignación de propiedades mecánicas del material en ANSYS.....	81
Ilustración 3-53: Asignación de contactos ANSYS.....	82
Ilustración 3-54: Mallado automático en zona de conflicto.....	82
Ilustración 3-55: Análisis de la calidad de malla.....	83
Ilustración 3-56: Análisis de deformación del mecanismo bipedestador.....	84
Ilustración 4-1: Carrera vs ángulo actuador.....	87
Ilustración 4-2: Carrera vs ángulo estabón 2.....	88
Ilustración 4-3: Carrera vs ángulo eslabón 3.....	89
Ilustración 4-4: Carrera vs ángulo eslabón 4.....	90
Ilustración 4-5: Desplazamiento espaldar.....	91
Ilustración 4-6: Carrera actuador vs W actuador.....	92
Ilustración 4-7: Carrera actuador vs W mecanismo.....	93
Ilustración 4-8: Carrera actuador vs W espaldar.....	94
Ilustración 4-9: Carrera actuador vs α actuador.....	95
Ilustración 4-10: Carrera actuador vs α mecanismo.....	96

Ilustración 4-11: Carrera actuador vs α espaldar.	97
Ilustración 4-12: Carrera actuador vs Fuerza actuador.	98
Ilustración 4-13: Carrera actuador vs reacción apoyo C.	99
Ilustración 4-14: Carrera actuador vs reacción apoyo B.	100
Ilustración 4-15: Carrera actuador vs reacción apoyo O3.	101
Ilustración 4-16: Carrera actuador vs reacción apoyo O2.	102
Ilustración 4-17: Velocidad y aceleración en el centro de masa del asiento del mecanismo...	103
Ilustración 4-18: Datos cinéticos del asiento del usuario.	103
Ilustración 4-19: Datos cinéticos del actuador lineal.	104
Ilustración 4-20: Datos cinéticos del espaldar.	104
Ilustración 4-21: Análisis de esfuerzos la zona de unión.	105
Ilustración 4-22: Deformación unitaria de la silla.....	105
Ilustración 4-23: Deformación total.....	106
Ilustración 4-24: Esfuerzos máximos.	107
Ilustración 4-25: Análisis de esfuerzos máximos en zonas críticas.....	108
Ilustración 4-26: Factor de seguridad.	109
Ilustración 4-27: Análisis del factor de seguridad en zonas críticas.....	109

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** CODIGO DE CALCULO MANUAL DE MATLAB.
- ANEXO B:** PLANOS.
- ANEXO C:** ESPECIFICACIONES DE PROCESOS DE SOLDADURA (WPS).

RESUMEN

Las personas que no gozan de movilidad en sus miembros inferiores son susceptibles a sufrir enfermedades y afectaciones a su salud; debido al alto costo que se invierte en cuidar su salud y al mismo tiempo brindar mayor autonomía al usuario, para ello se realizó el diseño de un mecanismo de para silla de ruedas bipedestadora basculante orientado a personas con discapacidad en sus miembros inferiores. en el diseño del mecanismo, se tomaron en cuenta las medidas antropométricas de una persona adulta de 100 kilogramos. Por medio de SAM y SolidWorks se obtuvieron tres conceptos de mecanismos los mismos que fueron sometidos a análisis. Utilizando el método grafico disposicional de diseño de mecanismos fue como se obtuvieron tanto el mecanismo bipedestador como el mecanismo basculante con la ayuda del software CES EduPack, y analizando la matriz QFD realizada se dio prioridad a las características de más preponderancia para la selección del material. Durante la selección del actuador, se consideraron parámetros de diseño como la carrera y la fuerza de aplicación. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis mediante software para verificar la funcionalidad del mecanismo. Se aplicaron conceptos del método de elemento finito para evaluar la resistencia del material frente a las fuerzas que actuaban sobre él. Finalmente, se realizaron evaluaciones utilizando curvas de análisis dinámico y gráficos del mecanismo. Estos análisis confirmaron que la geometría, medidas y diseño del mecanismo cumplían con los estándares propuestos en el proyecto.

Palabras clave: <MECANISMO> <SILLA DE RUEDAS BIPEDESTADORA BASCULANTE> <PERSONAS CON DISCAPACIDAD> <SOLIDWORKS (SOFTWARE)> <MATRIZ QFD>.

1697-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

Individuals who lack mobility in their lower limbs are susceptible to diseases and health issues due to the high cost of caring for their health while providing greater autonomy to himself or herself. To manage this, a design was developed for a tilting bipedal wheelchair mechanism aimed at individuals with lower limb disabilities. The mechanism design considered the anthropometric measurements of an adult weighing 100 kilograms. Using SAM and SolidWorks, three concept mechanisms were generated which were subsequently subjected to analysis. Employing the graphical dispositional method of mechanism design, both the bipedal and tilting mechanisms were derived. With the help of the CES EduPack software and analyzing the QFD matrix, priority was given to the most important characteristics for the selection of the material. Design parameters such as stroke and applied force were considered during the actuator selection process. Subsequently, a software-based analysis was conducted to verify the functionality of the mechanism. Finite element method concepts were applied to evaluate the material's strength against the forces acting upon it. Finally, evaluations were conducted using dynamic analysis curves and mechanism graphs. These analyses confirmed that the mechanism's geometry, measurements, and design met the standards proposed in the project.

Keywords: <MECHANISM> <TILTING BIPEDAL WHEELCHAIR> <INDIVIDUALS WITH DISABILITIES> <SOLIDWORKS (SOFTWARE)> <QFD MATRIX>.



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las lesiones ocurren diariamente cada una de estas tiene sus consecuencias y el ser humano no está exento de ninguna consecuencia que puede terminar en una desgracia, como dejar sin movimiento los miembros inferiores. También existen casos en los que las personas nacen con esa discapacidad y debido a la falta de movimiento el índice de vida se ve reducido ya que no cuentan con un movimiento que permita fortalecer su circulación sanguínea.

Es así como de alguna forma se intenta ayudar desde el punto de vista mecánico a las personas que poseen discapacidad en los miembros inferiores ofreciéndoles una alternativa que pueda alargar su vida mejorar su circulación, su digestión y demás beneficios que posee el realizar movimientos corporales y no estar estático en todo momento. Por consiguiente, se ofrece como solución el diseño de un mecanismo bipedestador basculante para aquellas personas que sufran este tipo de discapacidad en sus miembros inferiores.

Hoy en día en Ecuador las personas cuentan con el apoyo del gobierno para lograr tener una vida con autonomía suficiente, pero las maquinas que brindan autonomía y ayudan son muy costosas y son muy limitadas debido al factor de costo, otro factor limitante de las sillas de ruedas multiposturales es su peso, su costo, y la necesidad del paciente. Estas sillas no suelen satisfacer las necesidades del usuario de forma satisfactoria por el precio que tienen estas sillas es mejor comprar una silla convencional para realizar adaptaciones que satisfagan alguna de sus necesidades, por ello la economía del diseño y un cambio postural general que piden las personas con falta de movilidad en sus miembros inferiores, las sillas basculantes cumplen con la función de rehabilitación al individuo que la ocupe.

La silla bipedestadora basculante que se propone en la investigación la cual funciona por medio de actuadores lineales eléctricos está diseñado específicamente para cumplir con la función de ayuda al paciente en la mejora de su digestión, circulación y fortalecimiento de su estructura ósea y muscular, brindado seguridad y estabilidad en su uso, mediante las múltiples posiciones que se pueden alcanzar por el sistema bípedo y el sistema de basculación, que cuando funcionan en conjunto se pueden alcanzar diversas posiciones dependiendo la necesidad y el ajuste que necesite el usuario.

El movimiento de bipedestación se lo obtiene por medio de un mecanismo de cuatro barras, mientras que el movimiento de basculación es obtenido por un mecanismo de inclinación en el espacio lo que permite desplazar el centro de gravedad de la persona y de esta forma tener estabilidad en todas las posiciones que se pretendan realizar.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En el trabajo de Atarama Carlos (2021) “Diseño de una silla de ruedas de mecanismo de posicionamiento bípedo” se explica funcionamiento de un mecanismo que permita posicionar al usuario en la posición vertical mediante accionadores, en el trabajo nota los puntos de diseño del mecanismo bípedo incorporado a la silla de ruedas, destaca la ergonomía, el actuador que se utilizó para el mecanismo, la disposición y el tamaño de las ruedas que se adecua para la función.

También se logra obtener un antecedente del documento de Batallas David (2022) “Diseño de una silla bipedestadora para terapias de rehabilitación y reeducación física para personas adultas con un peso máximo de 100 kg” explica el diseño de una silla bipedestadora con el propósito de realizar ejercicios de rehabilitación a adultos mayores. El mecanismo que posee la silla funciona por medio de un actuador lineal y un mecanismo de cuatro barras. En el trabajo el autor recalca que se realizó diferentes pruebas a través de software de elementos finitos, y simulaciones. Los resultados se obtienen del análisis cinemático del mecanismo de la silla en el cual nos indica si el sistema cumple con ciertos los parámetros planteados, que son adecuados para que no lastimen al adulto mayor.

En el trabajo de Ayala Luis (2021) “Diseño y construcción de una silla bipedestadora para personas con discapacidad en sus miembros inferiores” se observa que el autor busca diseñar el mecanismo con la mejor calidad precio, diseñado de manera que se obtenga el mejor precio para su elaboración, con una funcionalidad adecuada para evitar daños en la salud, y mejorar la circulación sanguínea de personas con discapacidad en sus miembros inferiores.

Gallego López Adrián (2021) en su trabajo “Silla de ruedas con asiento basculante y sistema de bloqueo antirretorno bidireccional” explica el sistema de balanceo utilizado en el mecanismo basculante, para que la silla permita cambiar la inclinación del asiento manteniéndose estable en todo momento sin problema de que el usuario sufra una caída,

u otra afectación, que pueda suceder debido a efectos dinámicos ocasionados por acción del mecanismo.

1.2. Planteamiento del problema

En Ecuador existen personas que presentan discapacidad en miembros inferiores y los cuales son más susceptibles a ser vulnerables, ya que por la falta de movilidad de sus miembros sufren problemas cardiacos y llegan a formarse llagas (escaras) en su cuerpo. Debido a la mucha inversión y al trabajo físico que tienden a realizar se ha optado por diseñar un mecanismo de silla de ruedas bipedestador basculante la cual tenga la capacidad de brindar autonomía a las personas con discapacidad, y rehabilitar sus articulaciones para brindar un mejor estilo de vida.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

El desarrollo del presente proyecto servirá como fuente de consulta para futuros trabajos investigativos en el área del diseño de mecanismos y el área de métodos de elementos finitos, ya que este campo es muy amplio y depende del diseño del mecanismo; es posible obtener mejoras gracias al avance en el sector computacional que posibilita analizar mejores datos, y en particular en el campo de métodos de elementos finitos. En la fase de diseño de mecanismos servirá como base de nuevos trabajos que logren mejorar la autonomía del individuo y mejorar la ergonomía.

1.3.2. Justificación metodológica

En el diseño de una silla de ruedas bipedestadora basculante se aplican conocimientos que se adquieren en la estancia de estudio en la carrera, como futuros ingenieros mecánicos conocemos que las disciplinas que se aplicarán en este proyecto como: mecanismos, método de elemento finito, diseño de elementos de máquina, diseño de sistemas y equipos mecánicos, resistencia de materiales que permitirán cumplir con el desarrollo del mismo.

1.3.3. Justificación social

Mediante la obtención de los planos de la silla de ruedas se busca que el usuario gocé de mayor autonomía y una mejor calidad de vida al evitar posiciones estáticas que eviten enfermedades las cuales sufren personas con discapacidad, lo que le permita desenvolverse de mejor manera en el ámbito social.

1.3.4. Justificación económica

En el plano económico se pretende que los usuarios de la silla de rueda disminuyan sus gastos en rehabilitaciones y gastos médicos, dado a que el proyecto tiene como fin disminuir los problemas fisiológicos y anatómicos que se presentan por el hecho de mantener una posición estática durante mucho tiempo.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Diseñar un mecanismo para silla de ruedas bipedestadora basculante para personas adultas con discapacidad en sus miembros inferiores.

1.4.2. Objetivos específicos

- Desarrollar el marco teórico
- Establecer las posturas más adecuadas para el movimiento de la silla de ruedas bipedestadora basculante.
- Determinar parámetros y requerimientos funcionales del diseño.
- Diseñar de forma conceptual el mecanismo de silla basculante bipedestadora para personas adultas con discapacidad.
- Analizar la funcionalidad del mecanismo mediante software.
- Examinar los estados tensionales y deformaciones del diseño utilizado herramientas computacionales de elemento finito.

- Elaborar planos de la silla de ruedas con mecanismo bipedestador y mecanismo basculante.
- Realizar el análisis de costos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Anatomía humana

La anatomía es una ciencia que se encarga del estudio de la forma y estructura del cuerpo humano, está orientada hacia la comprensión de las formas y estructuras del organismo vivo [8](García-Porrero, M. Hurle y Benitez Padilla, 2013, p. 3). En el desarrollo del proyecto se necesita analizar la anatomía humana, estableciendo posiciones que estimulen la salud del paciente.

La anatomía humana se divide en diferentes tipos según el modo de estudio, entre estos está la anatomía descriptiva que es la que se encarga de la estructura de las partes del organismo, la anatomía topográfica divide al cuerpo en unidades imaginarias y convencionales con objeto de establecer las relaciones espaciales de las distintas estructuras, la anatomía funcional la cual busca la correlación existente entre las formas del organismo y las funciones que realizan, y la anatomía casual que se encarga de indagar cómo se han originado las formas de los organismos, estudiando el desarrollo individual o de las especies [8](García-Porrero, M. Hurle y Benitez Padilla, 2013, p. 3).

2.2. Posición anatómica

Una de las funciones básicas de la anatomía es dar nombre a las estructuras del cuerpo. Como el cuerpo humano es móvil, debe generar patrones que describan las estructuras corporales y considerar que no se mantienen en el mismo sitio de manera permanente, es así que surge la necesidad de tener una forma estandarizada para describir al cuerpo humano llamada posición anatómica. La posición anatómica describe al cuerpo en posición bípeda, con los pies ubicados hacia adelante, rodillas extendidas, tronco erguido, brazos paralelos, brazos paralelos al cuerpo, con las palmas de las manos mirando al frente y la mirada paralela al horizonte [9](Luque Bernal, 2021, p. 7).



Ilustración 2-1: Humano en posición anatómica

Fuente: Luque Bernal, 2021

2.3. Cortes anatómicos

Es importante conocer las relaciones entre las estructuras corporales, la realización de cortes de los objetos de estudio para así poder observar la relación de las estructuras anatómicas, este es el motivo principal por el cual se crearon las posiciones anatómicas [9](Luque Bernal, 2021, p. 8). Estos son:

- Corte sagital
- Corte parasagital
- Corte coronal
- Corte transversal

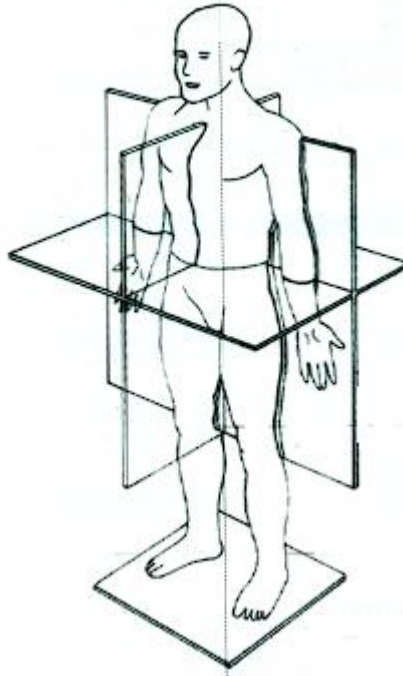


Ilustración 2-1: Cuerpo en posición anatómica

Fuente: Norton, 1995

2.3.1. Plano sagital

También llamado plano medio es un plano anteroposterior, perpendicular al suelo, que divide el cuerpo en dos mitades, derecha e izquierda, los planos que sean paralelos al plano sagital son conocidos como "parasagittales"[8](García-Porrero, M. Hurle y Benitez Padilla, 2013, p. 5).

2.3.2. Plano parasagital

Es el encargado de dividir al cuerpo en dos partes, pero estas partes ya no serán simétricas, es decir que el corte se realizara en cualquiera de los planos infinitos que se generan paralelos al plano sagital, y a la línea corporal [8](Luque Bernal, 2021, p. 8).

2.3.3. Plano coronal

El plano que divide al cuerpo en dos partes frontal y posterior, parte desde la cabeza hasta los pies y divide por la mitad pasando por la nariz y entrepierna. El plano coronal sirve para ubicar y analizar los elementos que se ubican en la parte lateral del cuerpo, ayuda a visualizar de una mejor manera los movimientos de bipedestación.

2.3.4. Plano transversal

Los planos transversales también llamados planos horizontales son planos paralelos al suelo, los cuales parten de manera vertical, lo dividen en parte izquierda y derecha, también hay que notar que a su vez son perpendiculares al plano sagital [8](García-Porrero, M. Hurle y Benitez Padilla, 2013, p. 5).

2.4. Sistema esquelético

El sistema esquelético esta conformados por huesos. Los huesos son los órganos rígidos del aparato locomotor y cumplen funciones como: actuar de palancas para que actúen los músculos con el objetivo de producir movimientos; dan forma al cuerpo y sirve de sostén de los músculos; y por último realizan funciones de protección a los órganos vitales. Dentro de las funciones de protección, cabe resaltar que los huesos alojan la medula ósea que es el tejido formador de sangre [8](García-Porrero, M. Hurle y Benitez Padilla, 2013).

Los elementos óseos del cráneo y de la mandíbula inferior, junto con las siete primeras vértebras cervicales, conforman la zona de la cabeza y una parte del cuello del cuerpo. La siguiente sección del cuerpo es el tórax, que está formado por las doce vértebras dorsales, las costillas y el esternón. Debajo de esta área se encuentra el abdomen, que está compuesto por las cinco vértebras lumbares. Las restantes vértebras se agrupan en dos conjuntos: las cinco vértebras sacras se fusionan para formar el sacro y las cuatro vértebras coxígeas se unen para crear el coxis. [12](Norton y Olds, 1995).

2.5. Articulaciones

La articulación se la puede denominar la unión funcional entre dos o más huesos. Las articulaciones son las regiones donde los huesos se ponen en contacto. La función de las articulaciones es esencial debido a que permite la movilidad del esqueleto, evitando que el esqueleto sea simplemente un soporte rígido para el organismo[8](García-Porrero, M. Hurle y Benitez Padilla, 2013).

En las personas con discapacidad las articulaciones es un punto importante para enfocarse, tienden a perder sus propiedades debido al sedentarismo.

2.6. Antropometría humana.

La antropometría es una disciplina la cual se encarga de describir las diferencias cuantitativas de las diferentes medidas del cuerpo humano y estudia las dimensiones considerando como referencia las estructuras anatómicas, de esta manera es como esta ciencia ayuda a describir las características físicas de una persona o un grupo de personas [1](Agost y Vergara, 2015).

Al igual que otras áreas de la ciencia, la antropometría se rige por reglas específicas de medición establecidas por cuerpos normativos nacionales e internacionales. La Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (International Society for Advancement in Kinanthropometry, ISAK) es el cuerpo normativo antropométrico internacional adoptado para garantizar la consistencia y precisión en las mediciones antropométricas.[12](Norton y Olds, 1995). Estos métodos incluyen diversas formas de medición antropométrica, tales como el somatotipo, la división de la masa corporal en componentes óseos, musculares, grasos y residuales, la evaluación de la proporcionalidad corporal, la predicción de la densidad corporal y, como resultado, del porcentaje de grasa corporal, mediante el uso de diferentes ecuaciones de regresión. También se pueden transformar los datos en percentiles específicos para la edad y el sexo, para sitios corporales individuales, así como medir la obesidad total y establecer "rankings" o clasificaciones de masa proporcional. Además, existen otros índices antropométricos, como el cociente cintura-cadera, la sumatoria de pliegues cutáneos y los perímetros corregidos por los pliegues cutáneos [8](Norton y Olds, 1995).

2.6.1. Antropometría estática.

La antropometría estática se encarga de tomar medidas estructurales del cuerpo humano en diferentes posiciones sin ejecutarse movimientos, las medidas obtenidas del cuerpo humano en posición estática nos ayuda a realizar diseños de herramientas, maquinas que convivan con el ser humano [10](Martínez Sanz y Ortiz Moncada, 2013).

2.6.2. Antropometría dinámica.

La antropometría dinámica se enfoca en analizar las posiciones que se producen durante el movimiento corporal, y describe los rangos de movimiento, alcance y trayectorias de los segmentos corporales, lo cual se relaciona estrechamente con el campo de la biomecánica. Tanto la antropometría como otros campos de la biomecánica buscan medir las características físicas y funcionales del cuerpo, incluyendo las dimensiones lineales, peso, volumen, movimientos, entre

otros, para optimizar la interacción entre el hombre y la máquina en su entorno [10](Martínez Sanz y Ortiz Moncada, 2013).

2.7. Perfil antropométrico.

En la evaluación antropométrica, se utilizan dos perfiles generales conocidos como "restringido" y "total", para obtener información precisa sobre las mediciones físicas del individuo. La proforma que se utiliza para la evaluación incluye una sección superior que se completa con información demográfica, como el número de identificación del sujeto y del evaluador, nombre del evaluado, deporte u ocupación, fecha de nacimiento y fecha de la prueba, código posterior del sujeto, género y país de origen. Además, la proforma cuenta con un espacio para registrar la altura de la caja antropométrica, así como un apartado para anotar los niveles de actividad física y un resumen de la actividad física regular durante los últimos doce meses. En la parte superior de la proforma también se deben registrar las primeras dos mediciones, es decir, el peso y la estatura, obtenidos durante la evaluación antropométrica [12](Norton y Olds, 1995).

2.8. Equilibrio.

El equilibrio es la capacidad que tiene el ser humano de mantener la estabilidad a cada lado de su eje corporal. Esta función implica una respuesta elaborada del mecanismo central de control postural [14](Osuna Perez, 2013, p. 137).

Uno de los elementos que asegura la estabilidad de la postura corporal es la base de sustentación, la cual se define como el área de superficie delimitada por los extremos de los segmentos que se encuentran apoyados en el suelo o superficie de soporte. En la posición bípeda la base de sustentación es toda el área comprendida en las líneas que delimitan la unión de los extremos distales de los dedos que al unirse entre sí, conforman un polígono de soporte [14](Osuna Perez, 2013, p. 138).

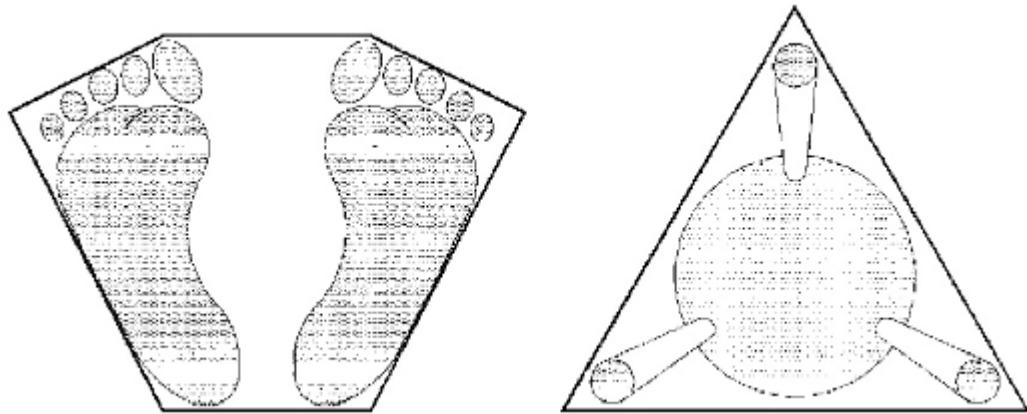


Ilustración 2-3: Base de sustentación de una persona comparada con un banquillo de tres patas.

Fuente: Osuna Perez, 2013

2.9. Ergonomía.

La disciplina de la ergonomía se centra en la interacción del ser humano con las máquinas y busca lograr una armonía y adaptación adecuadas entre ellos. En el diseño de productos, la ergonomía pone al usuario como el punto central de todas las actividades de diseño, considerando su información fisiológica, física y mental, así como sus limitaciones, con el fin de crear productos ergonómicos adecuados. En particular, la ergonomía está experimentando un fuerte desarrollo en el diseño de productos para personas con discapacidades, y por lo tanto, los estudios ergonómicos son de gran importancia para abordar problemas específicos de seguridad y uso que pueden surgir debido a las diferentes características de los usuarios.

2.10. Bipedestación.

La bipedestación es una facultad postural del ser humano que consiste en mantenerse con el cuerpo erguido en contra de la fuerza de la gravedad, con apoyo en ambos miembros inferiores y el peso distribuido entre los pies [13](Osorio Zapata, 2014). En el trabajo se omitirá la utilización de los pies y su distribución de peso sobre ellos para evitar lesiones. Mantenerse de pie sin aparentemente hacer nada distinto a estar de pie, exige una serie de respuestas a estímulos sensoriales procedentes de las plantas de los pies, sensaciones cinestésicas, laberínticas y visuales, reacciones de enderezamiento y equilibrio con cambio en el tono postural , y ajustes del centro de gravedad del cuerpo en referencia al polígono de sustentación [13](Osorio Zapata, 2014).

2.10.1. Postura de bipedestación.

La postura hace referencia a como la posición de todo el cuerpo humano o de un segmento parcial del mismo tiene relación con la gravedad. La postura es el resultado del equilibrio entre las fuerzas musculares anti gravitatorias y la gravedad. La postura se puede analizar desde el punto de vista estático o dinámico. Para la estática la postura es la posición relativa del cuerpo en el espacio donde se encuentra, o de las diferentes partes del cuerpo comparando relativamente con las otras. Para el caso dinámico se define como el control minucioso de la actividad neuromuscular para mantener el centro de gravedad dentro de la base de sustentación La posición del cuerpo humano o de una parte de este en relación con la gravedad se denomina postura. La postura es el resultado del equilibrio entre las fuerzas musculares que luchan contra la gravedad. La postura puede ser analizada de manera estática o dinámica. En el caso estático, la postura es la posición del cuerpo o de sus diferentes partes en relación con las demás. En el caso dinámico, se trata del control minucioso de la actividad neuromuscular para mantener el centro de gravedad dentro de la base de sustentación. [11](Miralles Marrero y Puig Cunillera, 1998).

2.10.2. Equilibrio.

Para que una persona pueda mantenerse de pie, es necesario tener un equilibrio efectivo, que depende de diversos factores, como la información visual, vestibular y propioceptiva que proporciona la posición del cuerpo, una alineación biomecánica correcta, fuerza muscular suficiente y coordinación de la activación muscular. Toda postura genera inestabilidad por sí misma, es por esto que requiere una regulación neuronal continua para mantener el centro de gravedad del cuerpo dentro de la base de sustentación la cual está definida por la base de los pies. Una de las estrategias utilizadas para mantener el equilibrio es la denominada “del tobillo”, con esto se busca recuperar el equilibrio mediante el desplazamiento del centro de gravedad hacia atrás. [11](Miralles Marrero y Puig Cunillera, 1998).

2.10.3. Bipedestación estática.

La bipedestación estática se refiere a la capacidad de sostener el peso corporal en posición vertical. Se logra cuando el centro de gravedad del cuerpo se encuentra alineado y la línea de reacción del suelo al peso corporal se extiende desde la cabeza hasta los pies, pasando por el orificio occipital y la columna dorsal, ubicándose aproximadamente un centímetro delante de la cuarta vértebra lumbar, 0,6 centímetros detrás de la articulación de la cadera, delante de la rodilla y finalmente, entre 1,5 a 5 centímetros delante de la articulación del tobillo.

2.10.4. Bipedestación dinámica.

Bipedestación dinámica es un proceso de estabilidad dinámica. Se entiende como equilibrio físico al mantenerse en una posición, pero al hablar de sistema dinámico nos referimos a posiciones desequilibrantes para mantener la estabilidad del individuo en el instante de ejercer la acción de bipedestación. La capacidad de mantener la posición vertical del cuerpo sosteniendo su peso se denomina bipedestación estática. Esto ocurre cuando el centro de gravedad del cuerpo está alineado con la línea de reacción del suelo al peso corporal, la cual se extiende desde la cabeza hasta los pies, pasando por el orificio occipital y la columna dorsal. La ubicación relativa de la línea de reacción se encuentra aproximadamente un centímetro delante de la cuarta vértebra lumbar, 0,6 centímetros detrás de la articulación de la cadera, delante de la rodilla y finalmente, entre 1,5 a 5 centímetros delante de la articulación del tobillo.

2.10.5. Posiciones bipedestación.

Para analizar el movimiento humano se aplican los principios de la mecánica y biomecánica al cuerpo humano. La mecánica se enfoca en el estudio de las fuerzas y sus efectos, mientras que la biomecánica utiliza los principios de la mecánica, la anatomía, la antropometría y la fisiología para analizar a la persona tanto en movimiento como en reposo. El proceso de cambiar de posición de sentado a de pie requiere la interacción de las articulaciones del tobillo, la rodilla, la cadera y la columna vertebral. La postura de bipedestación se caracteriza por mantener la columna vertebral completamente erguida sobre su base, donde la cintura pélvica, las extremidades inferiores y la cabeza forman una línea alineada en el mismo plano, tal como se ha mencionado anteriormente. [11](Miralles Marrero y Puig Cunillera, 1998).

Durante la posición de pie (bipedestación), se utiliza la menor cantidad de energía humana, lo cual ocurre cuando la dirección vertical de la fuerza gravitatoria pasa a través de la columna ósea de soporte. Cuando la línea de la fuerza gravitatoria atraviesa el centro de masa de cada articulación, se reduce la tensión en los músculos y los ligamentos del cuerpo humano.

2.11. Movimientos de elevación.

Para el uso de una máquina bipedestadora es importante conocer el movimiento de elevación para que no afecte al usuario y favorezca la ergonomía del elemento mecánico es por esto que se ha estudiado las trayectorias de elevación de diferentes personas dando así el análisis de trayectorias como son lineal y curvo.

2.11.1. Trayectoria lineal.

La trayectoria lineal produce un desplazamiento de la columna de forma lineal manteniendo la columna vertical durante el proceso de elevación.

2.11.2. Trayectoria curva.

El cuerpo presenta cambios en la inclinación de su posición cervical lo que ocasiona que la columna vertebral cambie de ángulo lo que cambia la trayectoria de sus hombros.

2.12. Silla basculante

Son consideradas aquellas que se inclinan manteniendo el ángulo de inclinación del asiento y espaldar manteniendo en equilibrio estático el usuario y la silla. Este sistema permite que cualquier perturbación externa existente no afecte el centro de gravedad del equipo y permite que el usuario vuelva a su posición original.



Ilustración 2-2: Silla de ruedas con mecanismo basculante

Fuente: Ortopedia Online

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Posiciones de silla bipedestadora basculante

El obtener las posiciones de la silla bipedestadora basculante es muy importante porque de estas dependerán todo el diseño. Para ello analizaremos el cuerpo humano y su fisiología para obtener medidas que posibiliten la obtención de la posición inicial y final de la silla. Las medidas mas importantes para la obtención de las posiciones son medidas angulares, dado a que el diseño será basado en posiciones iniciales y finales. En la obtención de la basculación es muy importante obtener el centro de masa del cuerpo, puesto que la estabilidad en el diseño de una silla de ruedas es una parte fundamental.

3.1.1. Centro de gravedad del cuerpo humano

Para obtener el centro de gravedad es necesario utilizar métodos matemáticos los cuales nos permitan obtener distancia del cuerpo en dos planos bidimensionales, estas coordenadas ya se obtienen de manera anatómica y con la ayuda de la antropometría del cuerpo de manera teórica se dice que el centro de gravedad de un ser humano se encuentra en la parte pélvica del mismo. Pero hablando de posturas diferentes es necesario cerciorarse de que las posturas que se obtengan tengan un centro de gravedad adecuado para las diferentes posiciones que se quieran obtener. Para obtener el centro de gravedad dibujaremos al cuerpo como formas geométricas bidimensionales. Para obtener el centro de gravedad se aplicarán las siguientes ecuaciones tanto para el plano vertical como para el plano horizontal.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i * W_i}{W_T}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i * W_i}{W_T}$$

Para la obtención del centro de gravedad analizaremos los pesos del cuerpo humano el cual se puede distribuir de forma porcentual. Cabe recalcar que estos pesos son generalizados por este motivo existen errores de distribución de pesos dados que en personas discapacitadas por la falta de movilidad de sus partes tienden a perder masa corporal, por ende, disminuir su peso, para ello se usan rangos que incluyen ciertos factores como los mencionados anteriormente.

Tabla 3-1: Distribución de peso corporal en el cuerpo humano

<i>Partes del cuerpo</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>Cabeza</i>	6% a 8%
<i>Tronco</i>	40% a 46%
<i>Ambas piernas</i>	30% a 36%
<i>Ambos pies</i>	3% a 4%
<i>Ambos brazos</i>	10% a 12%
<i>Ambas manos</i>	1% a 2%

Fuente: Croney, 1978

Realizado por: Escobar, Oscar, 2022

3.1.2. Cálculo del centro de gravedad

Para el cálculo del centro de gravedad se utiliza como referencia una persona de 100 kg. de masa en donde de la tabla 1-3 obtendremos los pesos, a partir del rango de porcentaje dados en el mismo analizaremos una combinación adecuada para que podamos completar el peso en porcentaje y el peso total del cuerpo.

Tabla 3-2: Pesos de las partes del cuerpo

<i>Partes del cuerpo</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Peso en kg</i>
<i>Cabeza</i>	6%	6kg
<i>Cuello</i>	1%	1kg
<i>Tronco</i>	44%	44kg
<i>Bíceps y tríceps</i>	6%	6kg
<i>Antebrazos</i>	5%	5kg
<i>Manos</i>	1.5%	1.5kg
<i>Muslos</i>	20%	20kg
<i>Pantorrilla</i>	13%	13kg
<i>Pie</i>	3.5%	3.5kg

Realizado por: Escobar, Oscar, 2022

3.1.2.1. Cálculo del centro de gravedad en la postura sentado

Para calcular el centro de gravedad en la postura sentado tomaremos los valores de peso de la tabla 2-3 en la cual se detallan los pesos de las partes del cuerpo, para las coordenadas y ubicación de centro de gravedad tomaremos como referencia la ilustración 7 mostrada a continuación.

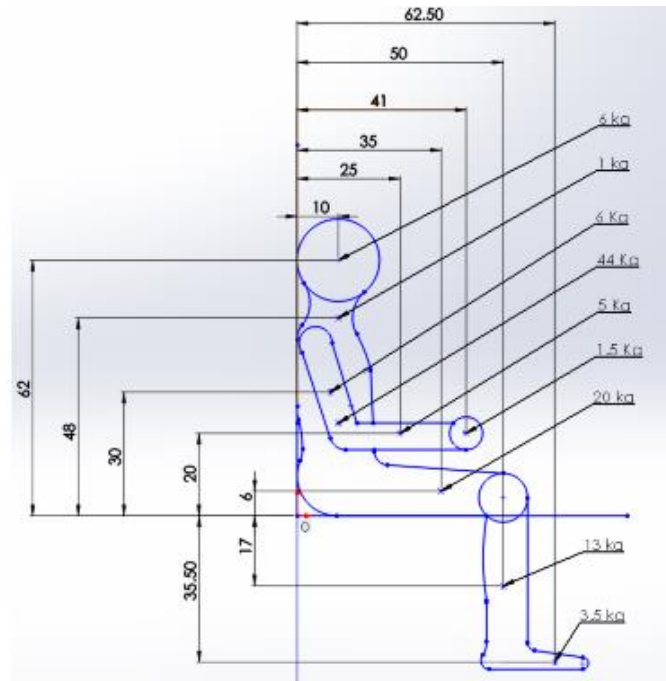


Ilustración 3-1: Ubicación de los pesos corporales en posición sentado.

Fuente: (Barrientos, Sanchez y Garcia, 2016)

Tabla 3-3: Ubicación de los pesos corporales

<i>Partes del cuerpo</i>	<i>Peso en kg</i>	<i>Coordenadas x</i>	<i>COORDENADAS Y</i>
CABEZA	6	10	62
<i>Cuello</i>	<i>1</i>	<i>10</i>	<i>48</i>
Tronco	44	10	22.5
<i>Bíceps y tríceps</i>	<i>6</i>	<i>8</i>	<i>30</i>
<i>Antebrazos</i>	<i>5</i>	<i>25</i>	<i>20</i>
<i>Manos</i>	<i>1.5</i>	<i>41</i>	<i>20</i>
<i>Muslos</i>	<i>20</i>	<i>35</i>	<i>6</i>
<i>Pantorrilla</i>	<i>13</i>	<i>50</i>	<i>-17</i>
<i>Pie</i>	<i>3.5</i>	<i>62.5</i>	<i>-35.5</i>

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Con los datos obtenidos de los gráficos y tabulados obtenemos los datos necesarios para obtener el centro de gravedad tanto en su coordenada en X como en su coordenada en el eje Y. Al aplicar las ecuaciones del segmento 3.2.1 obtenemos las coordenadas en donde concentraremos el peso de la persona.

$$\bar{X} = \frac{6 * 10 + 1 * 10 + 44 * 10 + 6 * 8 + 5 * 25 + 1.5 * 41 + 20 * 35 + 13 * 50 + 3.5 * 62.5}{100}$$

$$\bar{X} = 23.13 \text{ cm.}$$

$$\bar{Y} = \frac{6 * 62 + 1 * 48 + 44 * 22.5 + 6 * 30 + 5 * 20 + 1.5 * 20 + 20 * 6 - 13 * 17 - 3.5 * 35.5}{100}$$

$$Y=14.94 \text{ cm.}$$

3.1.2.2. Cálculo del centro de gravedad posición bípeda

Para el análisis del centro de gravedad de posición bípeda se toma en cuenta una trayectoria lineal y un ángulo de inclinación del asiento de 60 grados sexagesimales respecto a la horizontal.

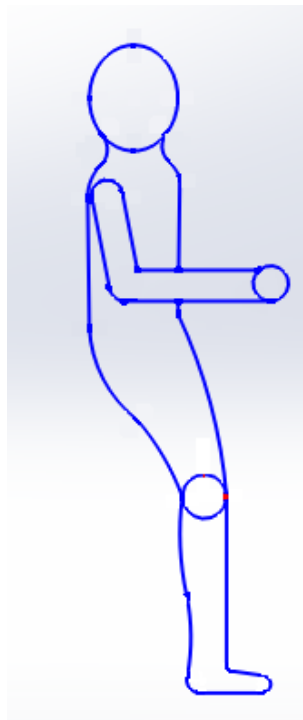


Ilustración 3-2:

Cuerpo en posición bípeda

Realizado por: Escobar, Oscar, 2022

Para el cálculo de los centros de gravedad de la persona en la posición bípeda se toman las medidas del cuerpo en posición sentada y aplicando geometría obtenemos las nuevas ubicaciones de los

centros de gravedad de las partes del cuerpo. Tomando en cuenta el mismo punto de referencia para obtener el centro de gravedad.

Tabla 3-4: Ubicación de los pesos corporales

<i>Partes del cuerpo</i>	<i>Peso en kg</i>	<i>Coordenadas x</i>	<i>COORDENADAS Y</i>
CABEZA	6	35	105.3
<i>Cuello</i>	<i>1</i>	<i>35</i>	<i>91.3</i>
<i>Tronco</i>	<i>44</i>	<i>35</i>	<i>65.8</i>
<i>Bíceps y tríceps</i>	<i>6</i>	<i>33</i>	<i>73.3</i>
<i>Antebrazos</i>	<i>5</i>	<i>50</i>	<i>63.3</i>
<i>Manos</i>	<i>1.5</i>	<i>66</i>	<i>63.3</i>
<i>Muslos</i>	<i>20</i>	<i>42.5</i>	<i>36.3</i>
<i>Pantorrilla</i>	<i>13</i>	<i>50</i>	<i>-17</i>
<i>Pie</i>	<i>3.5</i>	<i>62.5</i>	<i>-35.5</i>

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

$$\bar{X} = \frac{6 * 35 + 1 * 35 + 44 * 35 + 6 * 33 + 5 * 50 + 1.5 * 66 + 20 * 42.5 + 13 * 50 + 3.5 * 62.5}{100}$$

$$\bar{X} = 40.50 \text{ cm.}$$

$$\bar{Y} = \frac{6 * 105.3 + 1 * 91.3 + 44 * 65.8 + 6 * 73.3 + 5 * 63.3 + 1.5 * 63.3 + 20 * 36.3 - 13 * 17 - 3.5 * 35.5}{100}$$

$$\bar{Y} = 48.50 \text{ cm.}$$

3.2. Análisis QFD

De acuerdo con el diseño de cualquier equipo mecánico es necesario que se realice un análisis QFD el cual nos permita centrarnos en las características más importantes del mecanismo bipedestador basculante, una vez obtenido las posturas finales de nuestra silla bipedestadora basculante. Esto nos lleva al analisis diferentes prototipos de sillas tanto bipedestadoras como basculantes en donde se referencia la norma UNE-EN ISO 10535: 2006 "Grúas para el traslado de personas con discapacidad, requisitos y métodos de ensayo", que nos permite conseguir los parámetros a tomar en cuenta para la calidad del producto.

3.2.1. *Función casa de la calidad*

La función de casa de la calidad permite la comunicación más fluida entre el consumidor y el diseñador, en el cual mediante lenguaje convencional se transforman las necesidades del cliente en características técnicas el cual será de utilidad para el diseño del producto, y a la vez que cumpla con las características del usuario.

3.2.1.1. *Voz del usuario*

De acuerdo a diferentes trabajos los cuales se toma como referencia en el presente trabajo obtenemos que.

Características principales

- Economía.
- Seguridad
- Simple uso.
- Fácil mantenimiento

Características de diseño.

- Bajo peso.
- Alta resistencia.
- Estabilidad.
- Adaptabilidad.
- Fácil movilidad

3.2.1.2. *Voz del ingeniero*

Mediante las condiciones ofrecidas por el usuario en los diferentes trabajos referenciados obtenemos las condiciones técnicas de diseño.

- Dimensiones

Las dimensiones es una característica en la cual el usuario proporciona la adaptabilidad, ergonomía y confort para el usuario.

- Ergonomía

Es un requisito importante en el diseño ya que va a permitir que se cumplan las características de confort, seguridad y fácil manejo de la silla.

- Materiales

Una selección óptima de materiales y su geometría, que permita cumplir con los parámetros de seguridad, economía, y calidad, de forma que se cumpla con las demandas del mercado nacional.

- Estructura

La estructura bipedestadora basculante permite modificaciones en su mecanismo para adaptarse a las características de la persona.

- Actuadores

Permite cumplir con las necesidades de seguridad del usuario, cumpliendo con características de potencia y velocidad.

- Tiempo de uso

El tiempo estimado de uso del bipedestador por usuario es de una hora al día, por lo que al estimar un tiempo promedio se podrá realizar la correcta selección del sistema mecánico, eléctrico y de control. (Campaña Olmos , y otros, 2017)

- Resistencia

Mediante estudio bibliográfico realizados se obtiene un peso estimado de la persona la cual va a utilizar la silla de ruedas, lo que permite diseñar una estructura resistente ligera y segura.

- Sistema de control

Permite controlar las diferentes posturas de la silla de ruedas, por el control de la velocidad potencia y posición de los actuadores que producen movimiento.

- Mecanismos

Selección de la estructura que permite alcanzar las posiciones de la silla bipedestadora bascúlate, obteniendo la base principal de la construcción de la silla.

En la ilustración 7 se presenta la casa de la calidad.

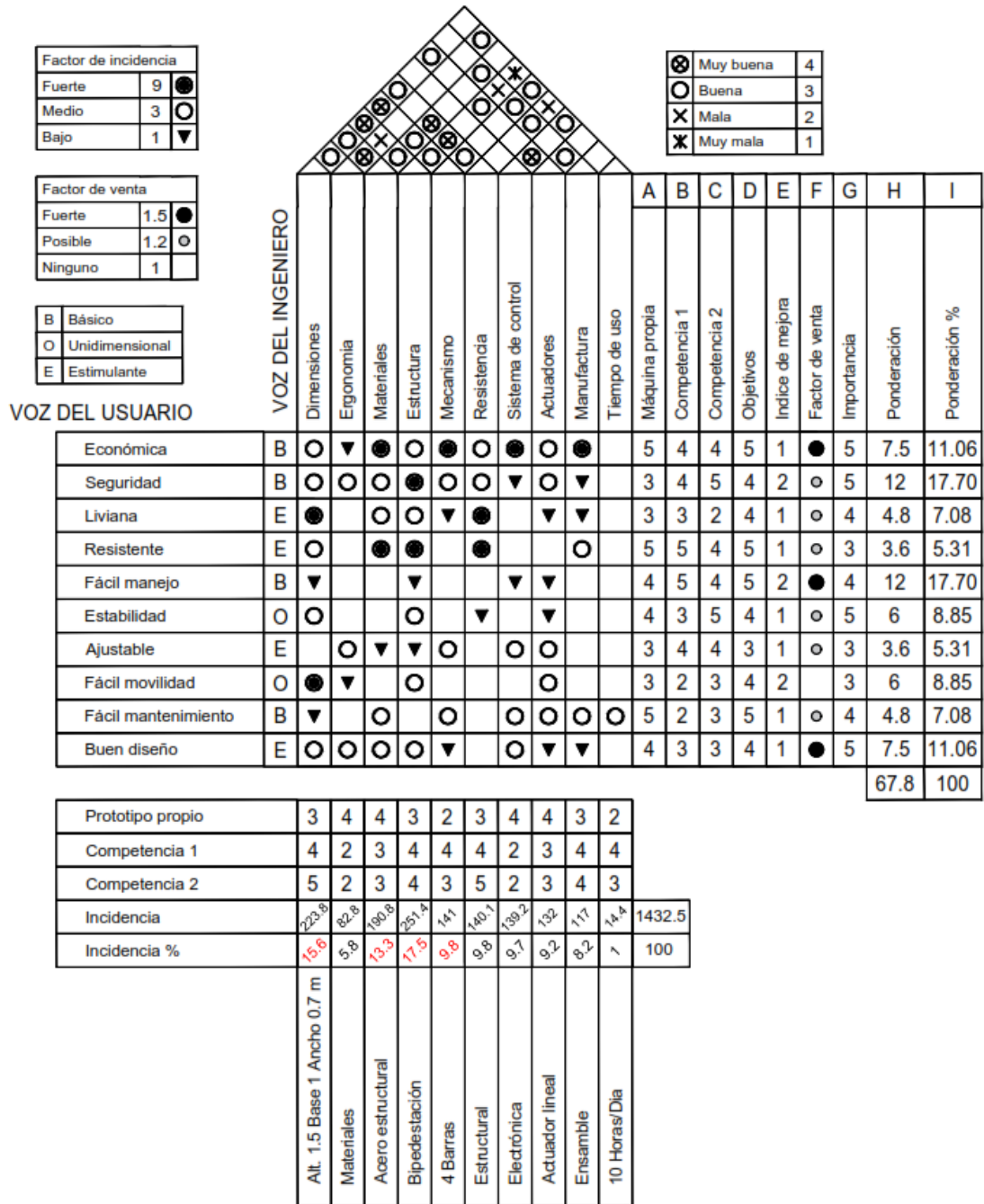


Ilustración 3-3: Diagrama casa de la calidad

Realizado por: Escobar, Oscar, 2022

3.2.2. Resultado casa de la calidad

La aplicación de la casa de la calidad permite identificar las especificaciones de mayor enfoque para el diseño del prototipo, las cuales para este bipedestador consideramos las siguientes:

3.2.2.1. Dimensiones

Este parámetro pondera como uno de los más importantes en el diseño del prototipo, se debe satisfacer las condiciones de ergonomía y dimensiones generales que se establecen en la norma para el transporte de personas con paraplejia, como se detalla en la Tabla 4-2.

3.2.2.2. Materiales

La selección de los materiales dependerá de sus características y precio, dentro del mercado nacional para este tipo de prototipo tenemos entre el acero estructural y el aluminio como principales opciones de diseño

3.2.2.3. Estructura

Basados en los factores de seguridad para este tipo de prototipos se definirá una estructura idónea, se configurará la geometría de los elementos estructurales y el diseño en general que tomará el prototipo.

3.2.2.4. Mecanismo

El mecanismo para el cambio de postura tiene varias opciones, un mecanismo hidráulico, eléctrico o un mecanismo mecánico, basados en las dimensiones y precio de los elementos se seleccionará la opción más optima, esto también influenciará en el sistema electrónico de control de los elementos actuadores.

3.3. Selección de material

Para la selección del material existen factores que limitan las condiciones de elaboración de la silla de ruedas. Las sillas de ruedas que se comercializan en el mercado en su mayoría se suelen fabricar de acero y aluminio. Por lo que analizaremos las ventajas y desventajas de estos materiales.

Tabla 3-5: Análisis ventajas desventajas de los materiales

Material	Ventajas	Desventajas
Acero	Alta resistencia a la tracción producida por fuerzas externas. Baja deformación causada. Precio económico. Muy utilizado en estructuras metálicas por sus propiedades de soldabilidad	Requiere mantenimiento. Baja resistencia a la corrosión.
Aluminio	Gran resistencia a la corrosión. Alta maleabilidad. Material ligero. Bajo coste de mantenimiento. Material no magnético.	Alto costo de instalación.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Para una selección lo más acertada posible del material, con el cual se pretenda diseñar la silla de ruedas es importante tomar en cuenta la voz del cliente, la cual prioriza la economía, por lo que, el precio tiene que ser un factor muy importante para tomar en cuenta. Sin descuidar la seguridad del usuario por temas económicos también se tomará en cuenta las propiedades mecánicas del material intentando llegar a un equilibrio entre lo económico y lo físico del material. Para la evaluación de la parte mecánica del material utilizaremos el concepto de elongación que relaciona los esfuerzos y deformaciones.

- **Precio:** Para tomar en cuenta el parámetro del precio lo más común en materiales es tomar de referencia el peso del material el cual se va a utilizar por lo que el parámetro inicial será el precio por kilogramo de material.
- **Elongación:** Al momento de definir este parámetro tomamos en cuenta conceptos de diseño de estructuras metálicas que nos indica que la elongación tiene que ser por lo menos de un 5% cuando de estructuras hablamos.

Una vez definido los parámetros de limitación del material utilizaremos el software CES EduPack el cual nos permite mediante una base de datos introducir los datos de entrada y las características de nuestro material para así analizar.

¿No encuentras la propiedad que estás buscando?

General properties			
	Minimo	Máximo	
Density	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kg/m ³
Price	<input type="text"/>	0.8	USD/kg
Mechanical properties			
	Minimo	Máximo	
Young's modulus	<input type="text"/>	<input type="text"/>	GPa
Yield strength (elastic limit)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MPa
Tensile strength	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MPa
Elongation	5	<input type="text"/>	% strain
Hardness - Vickers	<input type="text"/>	<input type="text"/>	HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MPa
Fracture toughness	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MPa.m ^{0.5}
Thermal properties			
Electrical properties			
Optical properties			
Eco properties			

Ilustración 3-4: Ingreso de datos limitantes de material

Realizado por: Escobar, Oscar, 2022

Como se puede observar en la ilustración 8 los datos de entrada que se le dan al software son límites de datos, los cuales permiten tener un rango de búsqueda según los diferentes materiales de la base de datos del software. En el cual se ingresan valores mínimos y valores máximos, los cuales se mencionaron anteriormente. De esta forma obtenemos los datos de entrada y limitamos la búsqueda de material.

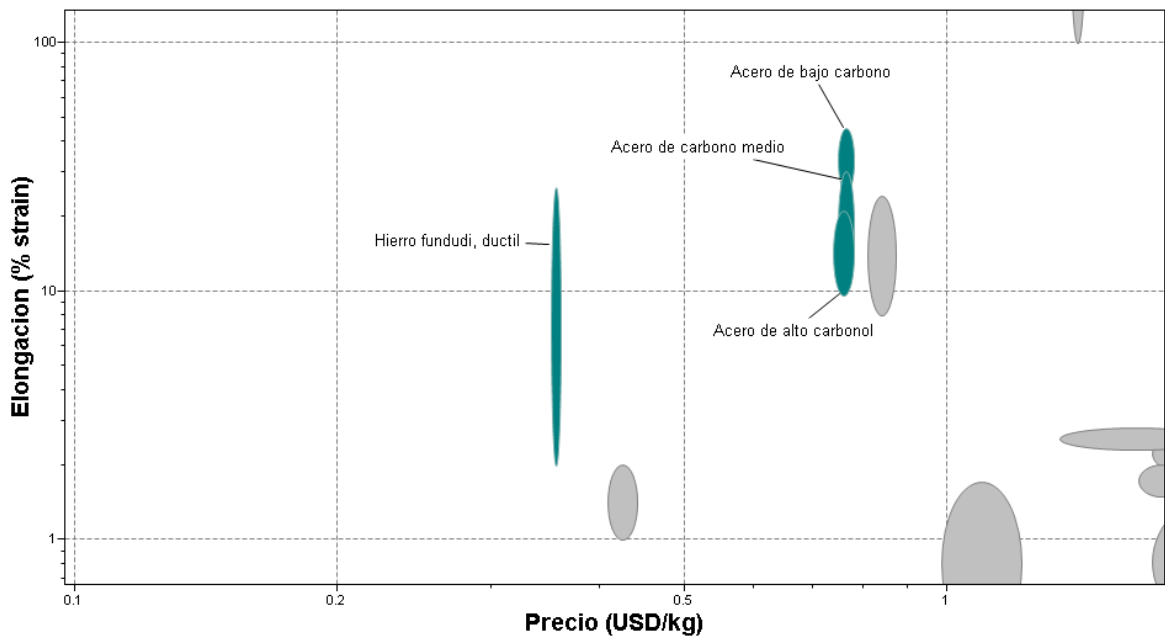


Ilustración 3-5: Gráfico de selección de material

Realizado por: Escobar, Oscar, 2022

Como se observa en la ilustración 9, el gráfico del software CES EduPack arrojó cuatro materiales que cumplen con los parámetros planteados y como observamos existen los aceros aleados los cuales permiten construir una mejor estructura. Al ser el acero más común en las construcciones de silla de rueda ocuparemos un material de acero, el acero es aleado al carbono, la aleación que cumple y tiene los mejores parámetros de elongación es la aleación de acero de bajo carbono. En conclusión, se seleccionó el acero de bajo carbono, el acero de bajo carbono que se utilizara por su comercialización es el acero estructural A36 que es un acero de bajo carbono.

3.4. Análisis de mecanismos conceptuales

Para el desarrollo de los mecanismos se ha optado por utilizar el método gráfico de dos posiciones el cual nos aporta, una mejor idea de la trayectoria la cual va a tomar el mecanismo. Los mecanismos para desarrollar se basan en el principio de reemplazo de un actuador lineal por un mecanismo biela manivela. Para el desarrollo de los conceptos de los movimientos se basó en software el cual permite el movimiento de los eslabones, el software es muy práctico para el desarrollo del concepto el cual se quiere realizar.

3.4.1. Mecanismo basculante

Para generar el concepto de basculación se ocupó software el cual simula los posibles movimientos de los mecanismos. En la se muestra el diseño alámbrico de una silla la cual se le acoplo un eslabón 2 el cual actúa como un actuador lineal. Para efectuar el movimiento de basculación la silla necesita de soporte el cual resista su centro de gravedad. Dado que el mecanismo realizado es netamente conceptual el cual nos da una idea del movimiento que va a tener la silla de ruedas.

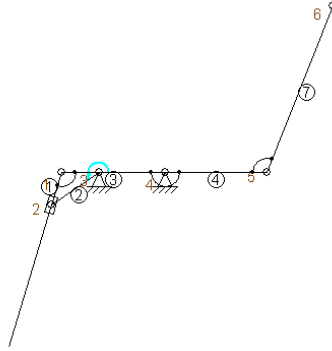


Ilustración 3-6: Mecanismo basculante conceptual (posición de inicio)

Realizado por: Escobar, Oscar, 2022

Para efectuar el movimiento de basculación se utilizó el concepto de mecanismo de cuatro barras y mecanismos biela manivela, acompañado de dos soportes fijos. El mecanismo posee una posición limite debido a que la biela que se llega a deslizar por el eslabón 1 llega a topar en un ángulo con el eslabón numero 4 lo que causa conflicto en el programa. Al ser un diseño conceptual no es problema dado que cuando se diseñe el mecanismo definitivo se puede cambiar el actuador.

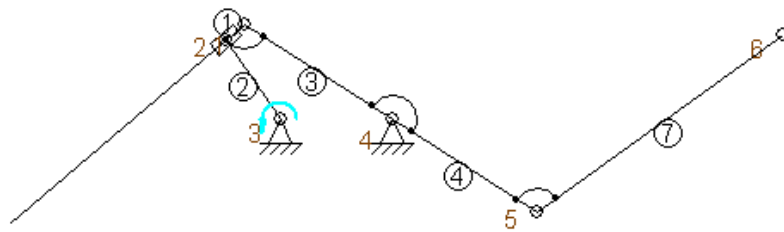


Ilustración 3-7: Mecanismo basculante conceptual (posición final)

Realizado por: Escobar, Oscar, 2022

3.4.2. Mecanismo bipedestador opción 1

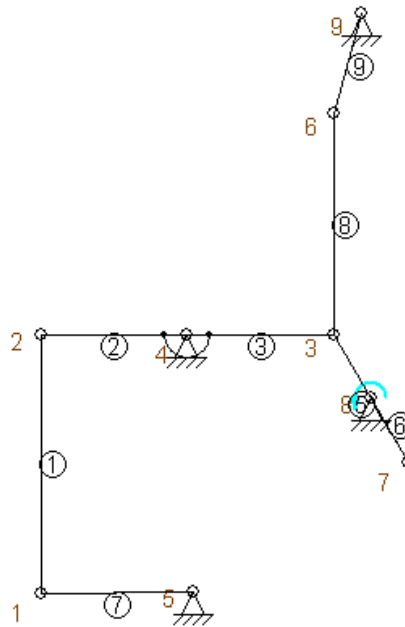


Ilustración 3-8: Mecanismo conceptual bipedestador (posición inicio).

Realizado por: Escobar, Oscar, 2022

Para el desarrollo del mecanismo bipedestador en su forma conceptual se utilizó el método de diseño de mecanismos basado en el método gráfico de dos posiciones, el método de dos posiciones consiste en ubicar el mecanismo en posiciones previamente establecidas para de esta manera ubicar los eslabones para que las trayectorias de los elementos útiles sean las adecuadas para ejecutar la función de diseño. En este caso generamos dos lazos los cuales son impulsados por un mecanismo biela manivela el cual puede ser reemplazado por un actuador lineal. El mecanismo diseñado es un mecanismo desmodrómico, lo que quiere decir, que funciona mediante un solo actuador; el mecanismo cuenta con 7 eslabones y forma 3 lazos los cuales serán analizados más adelante.

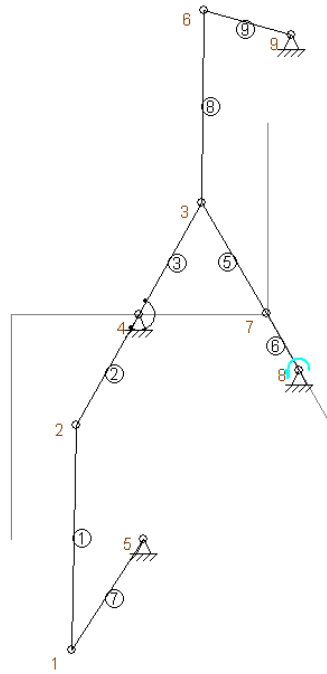


Ilustración 3-9: Mecanismo conceptual bipedestador (posición final)

Realizado por: Escobar, Oscar, 2022

El mecanismo en su posición final ubica al usuario en una posición bípeda, la posición del mecanismo es adecuada para soportar el peso del usuario de manera adecuada. La opción mostrada consiste en mover todos eslabones del mecanismo bipedestador y mantener como referencia el eje central del asiento como punto de pivote. En el mecanismo mostrado observamos que todos los elementos poseen movimiento.

3.4.3. *Mecanismo bipedestador opción 2*

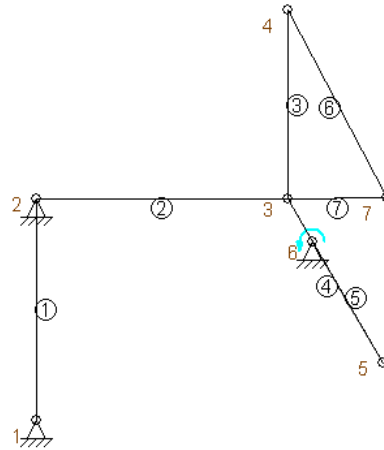


Ilustración 3-10: Mecanismo conceptual bipedestador opción 2 (posición inicial).

Realizado por: Escobar, Oscar, 2022

El mecanismo presentado de manera conceptual posee un punto de pivote diferente este punto está ubicado en el nodo numero dos que se encuentra entre los eslabones 1 y 2, el punto en donde va a pivotar el mecanismo de silla de bipedestación cambia con respecto a la opción 1. El concepto del mecanismo se mantiene y se simplifica al no tener exceso de eslabones lo que lo hace más económico y fácil de adquirir. El mecanismo conceptual descrito tiene la misma funcionalidad que la opción anterior. En donde el eslabón 1 representa el lugar de los apoya piernas el eslabón 2 representa el asiento de la silla, el eslabón 3 representa el espaldar de la silla.

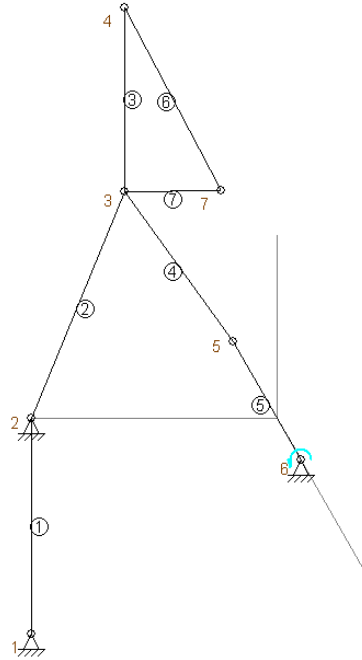


Ilustración 3-11: Mecanismo conceptual bipedestador opción 2 (posición final).

Realizado por: Escobar, Oscar, 2022

El mecanismo bipedestador el cual se nota claramente que pivota en el sistema. El mecanismo que da movimiento al sistema es tipo biela manivela el cual está conformado por los eslabones 5 y 4, el cual puede ser reemplazado tranquilamente por un actuador lineal como un cilindro pistón de doble actuación. La posición final es la misma que en la opción número, con un movimiento más ligero.

3.4.4. Combinación de mecanismo bipedestador y mecanismo basculante

Para la combinación del mecanismo bipedestador basculante se ocupó la opción 2 del mecanismo bipedestador y para el mecanismo basculante se optó por un sistema de basculación el cual se encarga de cambiar el centro de gravedad de acuerdo con la trayectoria, este mecanismo es más conocido como mecanismo de inclinación orientado en el espacio.

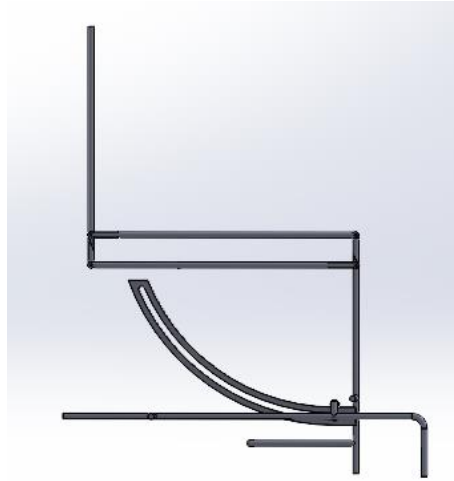


Ilustración 3-12: Mecanismo bipedestador basculante conceptual.

Realizado por: Escobar, Oscar, 2022

El mecanismo bipedestador basculante presentado este compuesto por un mecanismo de 4 barras, los elementos mecánicos tienen como objetivo poner al usuario en la posición bípeda. Los elementos están conformados por el mecanismo y el actuador que va a formar un eslabón más.

3.4.5. Accionamiento de mecanismo bipedestador.

El mecanismo de bipedestación y el mecanismo de basculación, ambos serán activados por actuadores lineales, los cuales se seleccionan por su carrera y la fuerza que ejercen para mover el cuerpo del ocupante.

3.4.5.1. Cálculo de la fuerza del actuador mecanismo.

Para el cálculo de la fuerza de impulso se toma como referencia los puntos de centro de masa de ambas posiciones, bipedestadora, y posición sentada. De esta forma se obtiene el ángulo de actuación del vector fuerza de impulso. (F_i).

Obtenido el ángulo de la fuerza de impulso procedemos con la deducción dado a que el peso del cuerpo también radica sobre el centro de gravedad se puede decir que, el peso es la componente inversa en sentido de la fuerza de impulso por lo que si conservamos su magnitud y cambiamos su sentido obtendremos la componente en y de la fuerza de impulso lo que nos permitirá calcular su componente en X pero para demostrar lo planteado es necesario desarrollar sumatoria de fuerzas.

$$\sum F_Y = 0$$

En este diagrama de fuerzas utilizaremos al peso del ocupante y la fuerza de impulso.

$$\sum F_Y = W_{ocupante} + F_{iy}$$

Donde:

- $W_{ocupante}$ representa el peso del ocupante que se va a tratar, que en el caso de la silla de bipedestación va a tener una masa de 100kg. la cual la tendremos que transformar en fuerza.
- F_{iy} será la fuerza de impulso paralela al eje Y. Para encontrarla tenemos que analizar con el triángulo de fuerzas y descomponer la fuerza con el ángulo obtenido anteriormente.

$$W_{ocupante} = 9,8 \frac{m}{s} * 100 \text{ kg}$$

$$W_{ocupante} = 980 \text{ N.}$$

$$F_{iy} = F_i * \sin \theta_i$$

$$F_{iy} = F_i * \sin 62,6249^\circ$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$F_i * \sin 67.25^\circ - 980 \text{ N} = 0$$

$$F_i = \frac{980 \text{ N}}{\sin 67.25^\circ}$$

$$F_i = 1062.68 \text{ N}$$

Una vez obtenido la magnitud y dirección de la fuerza F_i descomponemos en su magnitud en X para obtener la acción de la fuerza que ejercerá sobre el espaldar de la silla lo que será la fuerza para vencer.

$$F_{ix} = F_i * \cos \theta_i$$

$$F_{ix} = 1062.68 \text{ N} * \cos 67.25^\circ$$

$$F_{ix} = -410.95 \text{ N}$$

3.4.5.2. Cálculo de la carrera del actuador lineal.

Para el cálculo de la carrera del actuador se utilizaron las dimensiones del mecanismo, en conjunto con geometría y el análisis de triángulos se obtiene las ecuaciones para resolver las posiciones del mecanismo por el método analítico, con el fin de obtener la posición inicial y final del actuador, para con estas posiciones conseguir la carrera del actuador que nos permita dar una posición inicial y final al mecanismo y con ello poder controlar el ángulo de inclinación planteado al inicio del diseño.

Para el análisis posicional utilizamos la posición inicial del mecanismo haciendo referencia a la posición en la que se sienta la persona. De esta forma trazamos las distancias que existen entre los puntos de referencia geométricos a utilizar.

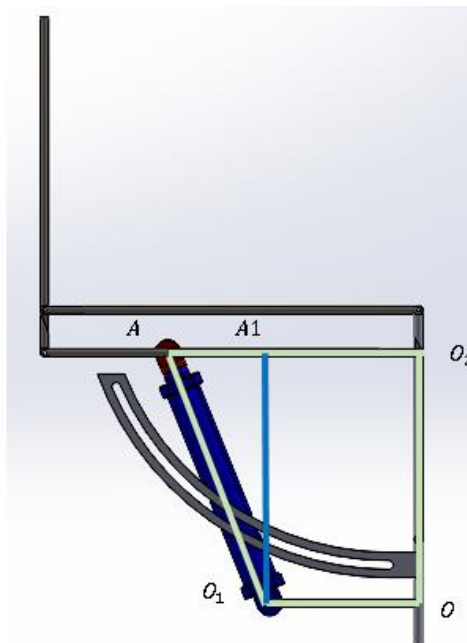


Ilustración 3-13: Puntos de referencia para el cálculo de la carrera.

Realizado por: Escobar, Oscar, 2022

Gracias a la ayuda de SolidWorks obtenemos las dimensiones de cada uno de los segmentos en donde obtenemos las dimensiones de los segmentos principales.

Tabla 3-6: Medidas entre puntos de referencia del mecanismo bipedestador basculante.

Medidas Principales	
Segmentos	Medidas mm
$\overline{OO_1}$	175
$\overline{AO_2}$	295
$\overline{OO_2}$	295

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Con las medidas de los eslabones del mecanismo obtenemos la longitud inicial del actuador lineal. Para obtener el resto de las medidas aplicamos resta de segmentos y teoremas de paralelismo entre los eslabones donde obtenemos.

$$\overline{AO_2} - \overline{OO_1} = \overline{A1A}$$

$$295 - 175 = \overline{A1A}$$

$$\overline{A1A} = 120$$

En este caso formaríamos el triángulo con el que obtendremos la carrera inicial. Para esto necesitamos la medida de $\overline{A1O_1}$. Mediante el paralelismo de segmentos obtenemos que:

$$\overline{A1O_1} = \overline{OO_2}$$

$$\overline{A1O_1} = 295$$

Una vez obtenido la medida del triángulo $O_1A A1$ resolvemos el segmento faltante que sería el de la carrera $\overline{AO_1}$.

$$\overline{AO_1} = \sqrt{\overline{A1O_1}^2 + \overline{A1A}^2}$$

$$\overline{AO_1} = \sqrt{295^2 + 120^2}$$

$$C_o = \overline{AO_1} = 318.47 \text{ mm}$$

Validamos las distancias obtenidas con el software CAD mencionado.

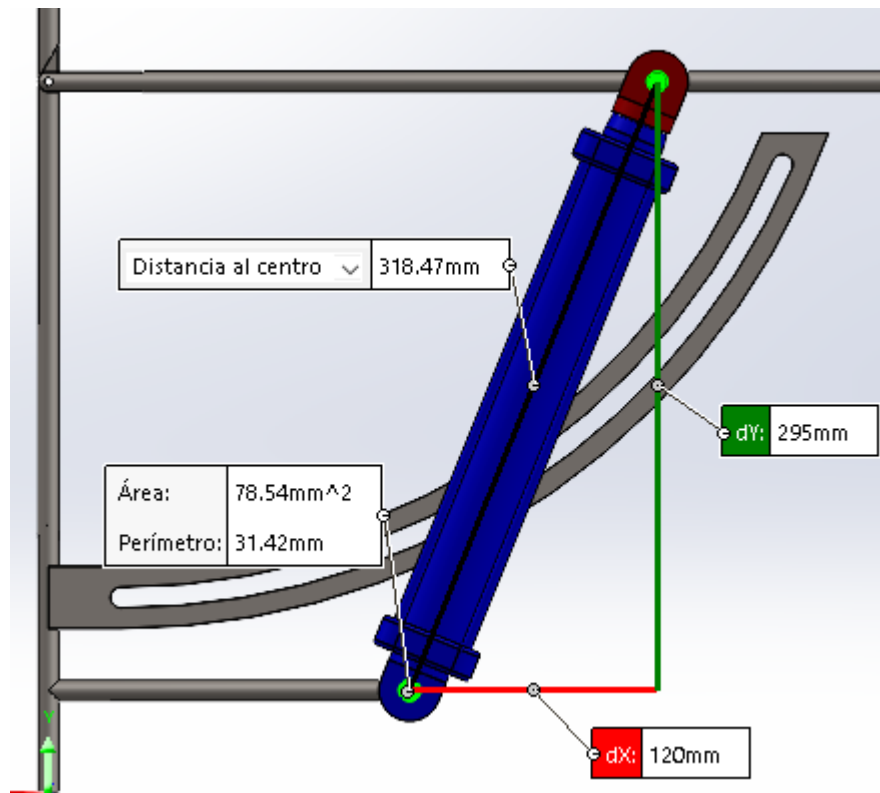


Ilustración 3-14: Verificación de la ubicación de las dimensiones del actuador.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Para la position final ubicamos al mecanismo en la posición final con 60 grados en donde obtendremos la carrera final aplicando geometría y trigonometría.

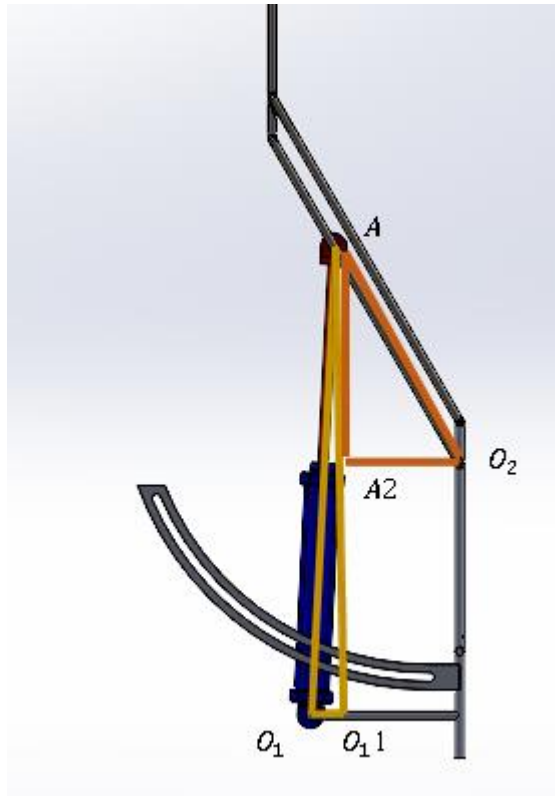


Ilustración 3-15: Trazos para el cálculo de la distancia final del actuador lineal.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Mediante los triángulos formados en el esquema analizamos que la carrera final de nuestro actuador lineal corresponde al segmento $\overline{AO_1'}$, donde se sabe que el ángulo de inclinación entre el asiento y la horizontal imaginaria trazada. Para ello resolveremos el triángulo formado por los puntos $\overline{AA_2O_2}$ de donde se obtiene la medida de los catetos, con el fin de aumentar distancias de los segmentos que se obtuvieron en la etapa anterior para de esta forma obtener mediante suma y resta de segmentos los catetos del triángulo formado por el actuador lineal.

$$\overline{O_1O_1'} = \overline{O_1O} - \overline{A_2O_2}$$

$$\overline{A_2O_2} = \overline{AO_2} * \cos \theta$$

En donde el ángulo del coseno es igual al ángulo de la posición de bipedestación planteada de sesenta grados sexagesimales.

$$\overline{A_2O_2} = 295 * \cos 60$$

$$\overline{A2O_2} = 147.5 \text{ mm}$$

$$\overline{O_1O_11} = 175 - 147.5$$

$$\overline{O_1O_11} = 27.5 \text{ mm}$$

Para obtener el cateto restante se aplicará la siguiente fórmula en la que podremos observar suma de segmentos.

$$\overline{O_11A} = \overline{O_2O} - \overline{A2A}$$

$$\overline{A2A} = \overline{AO_2} * \sin \theta$$

$$\overline{A2A} = 295 * \cos 60$$

$$\overline{A2A} = 255.48 \text{ mm}$$

$$\overline{O_11A} = 295 - 255.48$$

$$\overline{O_11A} = 550.48 \text{ mm}$$

Una vez realizado los cálculos matemáticos correspondientes para el cálculo de los catetos del actuador lineal es posible obtener la longitud del actuador lineal cuando este se encuentra en su posición máxima.

Tabla 3-7: Medidas de la geometría formada por el actuador

Medidas de catetos del triángulo final del actuador	
Segmentos	Medidas mm
$\overline{O_1O_11}$	27.5
$\overline{O_11A}$	550.48

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Aplicamos el teorema de Pitágoras para obtener la carrera final del actuador.

$$\overline{O_1A} = \sqrt{\overline{O_1O_11}^2 + \overline{O_11A}^2}$$

$$\overline{O_1A} = \sqrt{27.5^2 + 550.48^2}$$

$$\overline{O_1A} = 551.16 \text{ mm}$$

Para verificar que la longitud sea la correcta utilizamos la herramienta de medir del software SolidWorks en donde medimos la distancia del actuador.

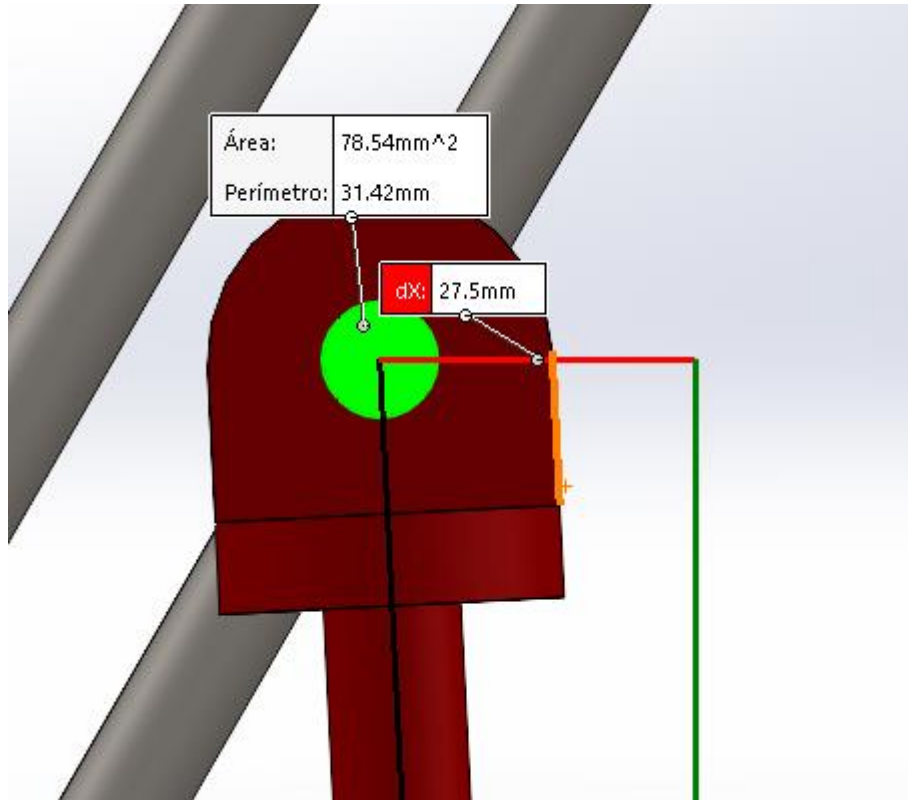


Ilustración 3-16: Dimensiones del actuador en posición bípeda

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración observamos que en la verificación del cateto $\overline{O_1O_1\bar{1}}$ en donde la distancia del cateto es igual a la distancia dx.

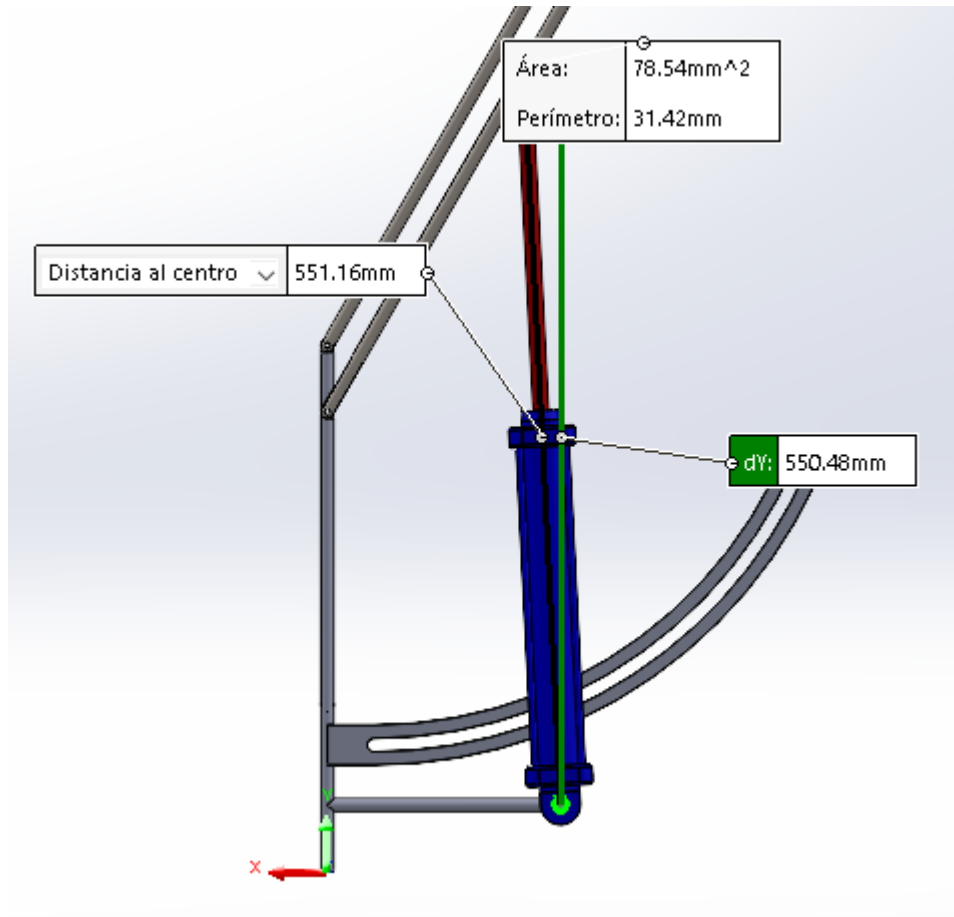


Ilustración 3-17: Dimensiones del actuador en posición bípeda.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Como observamos las distancias de los segmentos y de los catetos coinciden con las estancias de los elementos dibujados en el software CAD.

Para obtener la carrera del actuador utilizamos la distancia inicial y la distancia final del actuador lineal.

$$Carrera = C_o - C_f$$

$$C_o = 318.473 \text{ mm}$$

$$C_f = 551.16 \text{ mm}$$

$$Carrera = 551.16 - 318.47$$

$$Carrera = 232.69 \text{ mm}$$

Una vez obtenida la carrera obtenemos un parámetro más para seleccionar el actuador lineal.

3.4.5.3. Selección de tipos de actuadores lineales.

Los actuadores lineales son activados por diferentes tipos de energía ya sea hidráulica, neumática o eléctrica, que permite cada mecanismo sea controlado de manera diferente, y a su vez tienen diferentes características tanto de fuerza, distancia, carrera, controladores y entre otros los cuales permiten tener ventajas y desventajas de los actuadores lineales según la clase de energía que los alimenta. Para escoger la mejor opción de un actuador lineal es necesario considerar el nivel económico y de seguridad que brindan cada uno de estos actuadores, en este caso se tomarán en cuenta los parámetros mencionados de costos, control, y seguridad de los mecanismos por su tipo de activación.

Tabla 3-8: Tabla comparativa de actuadores lineales según su energía de funcionamiento.

Características	Actuador hidráulico	Actuador neumático	Actuador eléctrico
Precisión de posicionamiento	Medio	Bajo	Alto
Control de velocidad	Complejo, pero se puede realizar	Difícil	Fácil
Calentamiento del sistema.	Necesita tiempo previo antes de su uso.	Necesita tiempo previo antes de su uso.	No necesita tiempo previo.
Complejidad del sistema de instalación.	Alta.	Alta.	Baja.
Daños causados por contaminación.	Muy sensible al polvo y demás contaminantes.	Muy sensible al polvo y demás contaminantes.	Muy poco sensible al polvo y demás contaminantes.
Velocidad de operación.	Muy fácil obtener una alta velocidad de operación.	Difícil de obtener una alta velocidad de operación.	Fácil obtener una alta velocidad de operación.
Consumo de energía.	Alto consumo de energía.	Alto consumo de energía.	Moderado consumo de energía.

Aplicación de fuerza del actuador.	Aplica más de 500 kN de fuerza.	Se aplica más de 48 kN de fuerza.	Es posible aplicar hasta 500 kN de fuerza.
Espacio de instalación requerido.	Gran uso de espacio de instalación.	Gran uso de espacio de instalación.	Poco espacio de instalación.
Peso del actuador.	Bajo.	Bajo.	Alto.
Peso del sistema de funcionamiento completo.	Alto.	Alto.	Bajo.
Riesgo potencial.	Alto.	Medio.	Bajo.
Nivel de seguridad aplicado en operación.	Complejo.	Complejo.	Bajo.
Consumo mientras no está en operación.	Elevado consumo.	Medio consumo.	Consumo cercano a cero.
Daño ambiental producido.	Alto.	Medio.	Ningún.
Generación de calor	Alta generación de calor.	Media generación de calor,	Baja generación de calor.
Nivel de ruido del sistema.	Ruido del sistema muy elevado.	Ruido del sistema muy elevado.	Nulo.
Eficiencia eléctrica.	Media.	Baja.	Elevado.
Tiempo de diseño del sistema de instalación.	Mucho tiempo de diseño.	Mucho tiempo de diseño.	Poco tiempo de diseño.
Restricciones en la instalación del sistema.	Restricciones significantes.	Restricciones significantes.	Pocas restricciones del sistema.
Frecuencia de mantenimiento.	Alto.	Alto.	No es requerido.
Costo de mantenimiento.	Elevado.	Elevado.	Económico.
Tiempo de reemplazar el elemento	Alto.	Alto.	Muy corto.

Tiempo de ejecución de mantenimiento.	Alto.	Alto.	Muy corto.
---------------------------------------	-------	-------	------------

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Después de comparar nuestro sistema de alimentación del mecanismo bipedestador analizamos los beneficios que tiene cada uno de ellos en los siguientes factores los cuales son los que el usuario indica que es la mejor opción.

Como factor primordial tenemos la seguridad que se indicó en el análisis QFD como el factor más importante del diseño, en la tabla comparadora de características no se puede ver una característica de seguridad que nos indique directamente cual es la mejor opción, para ello seleccionaremos las características que nos asegure de forma indirecta la seguridad de nuestro usuario. Otro factor importante para mencionar fueron los costos, estos involucran una gran cantidad de características que se mencionan brevemente en el cuadro comparador de características y para ello también seleccionaremos estas características y realizaremos un análisis el cual nos permita escoger la mejor opción para que active nuestro mecanismo.

Características basadas en la seguridad del usuario:

- Precisión de posicionamiento.
- Control de velocidad
- Calentamiento del sistema.
- Riesgo potencial.
- Daño ambiental producido.
- Generación de calor
- Nivel de ruido del sistema.

Características basadas en el nivel económico:

- Complejidad del sistema de instalación.
- Daños causados por contaminación.
- Consumo de energía
- Espacio de instalación requerido.
- Peso del sistema de funcionamiento completo.
- Consumo mientras no está en operación.
- Eficiencia eléctrica.
- Tiempo de diseño del sistema de instalación.
- Frecuencia de mantenimiento.

- Costo de mantenimiento.

Una vez obtenido las características más importantes analizamos a la mejor opción por característica y analizamos el que ofrezca mayor cantidad de cualidades importantes.

Tabla 3-9: Análisis de las características de seguridad.

Cualidad	Ganador
Precisión de posicionamiento.	Actuador eléctrico
Control de velocidad	Actuador eléctrico
Calentamiento del sistema.	Actuador eléctrico
Riesgo potencial.	Actuador eléctrico
Daño ambiental producido.	Actuador eléctrico
Generación de calor	Actuador eléctrico
Nivel de ruido del sistema.	Actuador eléctrico

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En cada una de las categorías de salud el actuador el cual nos da un mejor rendimiento es el actuador eléctrico que a priori sería la mejor opción de selección de actuador en función de la seguridad del ocupante de la silla de ruedas.

Realizamos el análisis anterior con carácter económico del actuador, tomando en cuenta las características anteriormente mencionadas dentro de este ámbito.

Tabla 3-10: Análisis de las características de costos del actuador lineal.

Cualidad	Mas económico
Complejidad del sistema de instalación.	Actuador eléctrico
Daños causados por contaminación.	Actuador eléctrico
Consumo de energía	Actuador eléctrico
Espacio de instalación requerido.	Actuador eléctrico
Peso del sistema de funcionamiento completo.	Actuador eléctrico
Consumo mientras no está en operación.	Actuador eléctrico
Eficiencia eléctrica.	Actuador eléctrico
Tiempo de diseño del sistema de instalación.	Actuador eléctrico
Frecuencia de mantenimiento.	Actuador eléctrico
Costo de mantenimiento.	Actuador eléctrico

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Evaluando el aspecto económico queda claro la que la opción más económica y segura en la selección del actuador lineal es uno de tipo eléctrico.

3.5. Estudio del mecanismo.

3.5.1. Análisis cinético del mecanismo bipedestador.

El mecanismo bipedestador es un mecanismo el cual está conformado por un mecanismo de cuatro barras, accionado por un actuador lineal, que este caso es un cilindro pistón de doble acción el cual permite al mecanismo poner en posición bípeda y en la posición de sentarse.

Para evaluar el mecanismo utilizamos las componentes lagrangianas para identificar las partes móviles del mecanismo. Para obtener ecuaciones que permitan evaluar al mecanismo en todas las posiciones deseadas nombramos los elemento enumerándolos y dándoles letras para asignar su longitud.

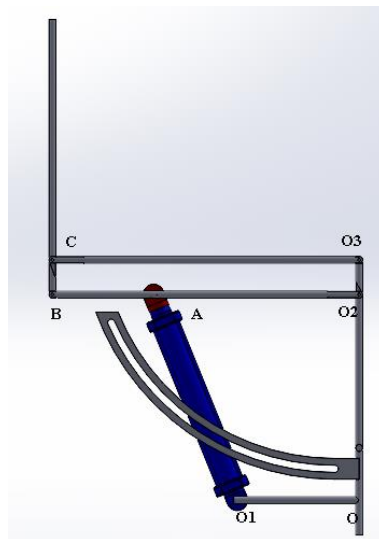


Ilustración 3-18: Puntos de referencia del mecanismo bipedestador.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Una vez nombrado los elementos del mecanismo bipedestador procedemos a formar los lazos, con los que identificaremos las coordenadas lagrangianas.

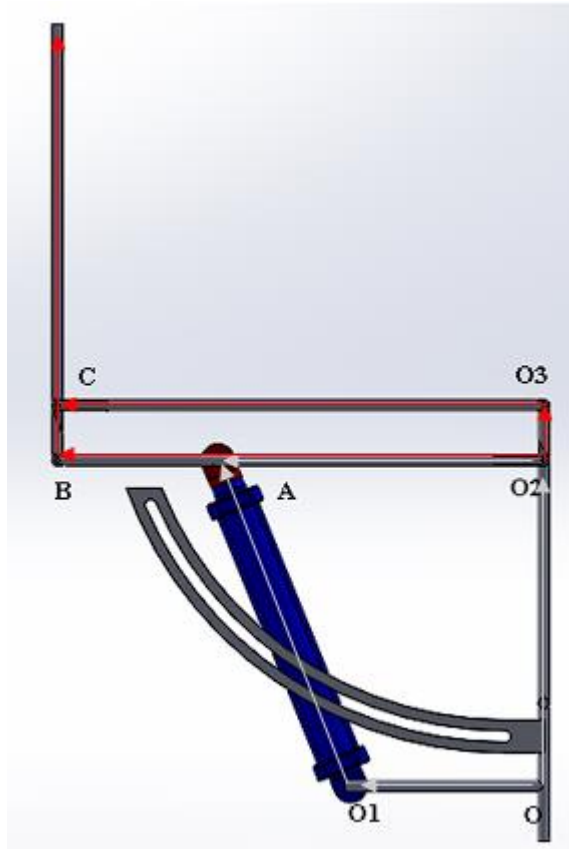


Ilustración 3-19: Lazos de mecanismo bipedestador.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

De la ilustración anterior obtenemos que se han formado 2 lazos, que permiten obtener la ecuación para revelar la cinemática de los cuerpos describir trayectorias mediante las ecuaciones que se muestran a continuación.

$$\begin{cases} O01 * e^{180} + O1A * e^{\theta_5} = O02 * e^{90} + O2A * e^{\theta_2} \\ O2B * e^{\theta_2} + BC * e^{\theta_5} = O2O3 * e^{90} + O3C * e^{\theta_4} \end{cases}$$

3.5.1.1. Análisis posicional del mecanismo.

Para el análisis posicional utilizamos la herramienta de Matlab la cual nos permite obtener el ángulo de todos los eslabones. Para verificar el movimiento este método aplicado es el método posicional utilizado para verificar el prediseño, y el diseño conceptual.

Para el análisis posicional utilizaremos ecuaciones en base al sistema de ecuaciones anterior de los dos lazos, que permite obtener el ángulo de los eslabones y la curva del acoplador lo que

permite saber el desplazamiento que posee el centro de gravedad y para ello utilizamos las siguientes ecuaciones:

$$OO_1 * \cos 180^\circ + O_1A * \cos \theta_5 - O_2A * \cos \theta_2 = 0$$

$$O_1A * \sin \theta_5 - OO_2 * \sin 90^\circ - O_2A * \sin \theta_2 = 0$$

$$O_2B * \cos \theta_2 + BC * \cos \theta_3 - O_3C * \cos \theta_4 = 0$$

$$O_2B * \sin \theta_2 + BC * \sin \theta_3 - O_2O_3 * \sin 90^\circ - O_3C * \sin \theta_4 = 0$$

Para resolver la ecuación mediante Matlab utilizamos la función `fsolve` que es una función por la cual resuelve mediante métodos numéricos e iteraciones las ecuaciones, para ello se tiene que implementar valores iniciales aproximados. Para que resuelva en diferentes posiciones es necesario conocer una coordenada fija esa coordenada que la conocemos es la coordenada del lazo 1 O_1A que la calculamos anteriormente y es la carrera del actuador. Para que se pueda tener una mayor definición de resultados es necesario seleccionar el número de pasos, o número de veces que vamos a calcular las ecuaciones en diferentes posiciones, y para ello utilizamos la distancia O_1A inicial y la distancia final del segmento en la cual aplicamos una fórmula, esta se va a encargar de ayudarnos a incluir los pasos. Mediante una variable de incremento la cual va a ser sumada a la longitud inicial de la posición anterior, en donde el incremento está ligado de forma directa al número de pasos y lo obtenemos mediante la siguiente fórmula:

$$inc = \frac{O_1A_f - O_1A_o}{n}$$

Donde:

inc Es el incremento que se va a utilizar.

n Es el número de pasos que queremos obtener mediante Matlab.

O_1A_f Es la dimensión final del actuador lineal.

O_1A_o Actuador lineal en su posición inicial.

Para obtener los diferentes pasos aplicamos una fórmula que con la ayuda del formato nos permita repetir n veces el cálculo aplicando el incremento a la distancia inicial para esto aplicamos:

$$s = O_1A + inc$$

Donde:

s Representa a la carrera del actuador lineal.

inc Es el incremento calculado anteriormente.

Una vez que introduciremos los datos y los valores correspondientes a los eslabones obtendremos las coordenadas del acoplador y los ángulos de los eslabones. Para verificarlos de una mejor manera ejecutaremos graficas que permitan evaluar los gráficos de acuerdo con la carrera del actuador.

3.5.1.2. Análisis de velocidad del mecanismo.

Para analizar las velocidades es necesario aplicar la definición física de la derivada la cual indica que la derivada de la posición es la velocidad por ende al derivar las ecuaciones anteriormente redactadas se puede decir que obtendremos las velocidades de los eslabones, cabe recalcar que las velocidades obtenidas son las velocidades angulares de los eslabones las cuales se pueden transformar en velocidades lineales.

Para calcular las velocidades utilizamos el siguiente sistema:

$$V * \cos \theta_5 - S * \omega_5 * \sin \theta_5 + O_2A * \omega_2 * \sin \theta_2 = 0$$

$$V * \sin \theta_5 + S * \omega_5 * \cos \theta_5 - O_2A * \omega_2 * \cos \theta_2 = 0$$

$$-O_2B * \omega_2 * \sin \theta_2 - BC * \omega_3 * \sin \theta_3 + O_3C * \omega_4 * \sin \theta_4 = 0$$

$$O_2B * \omega_2 * \cos \theta_2 + BC * \omega_3 * \cos \theta_3 - O_3C * \omega_4 * \cos \theta_4 = 0$$

Para que podamos resolver el sistema de ecuaciones es necesario tener en cuenta que utilizaremos el mismo software que para el sistema de posiciones ya que nuestro programa necesita tener una secuencia. Al tener las posiciones angulares obtenemos que los ángulos ya no son variables sino constantes, también debemos tener conocida la velocidad, y el desplazamiento que produce el actuador lineal. En este caso el actuador lineal se puede controlar fácilmente su velocidad lo que nos da la libertad de introducir arbitrariamente una velocidad.

Para resolver el sistema de ecuaciones por matrices mediante el software de Matlab es importante ubicar las variables en matrices para obtener su resolución. En este punto se realizarán tres

matrices una la cual contiene los valores independientes de las variables dependientes a esta matriz la llamaremos matriz jacobiana, otra matriz con las variables que deseamos obtener, y por último una matriz únicamente de constantes.

$$\begin{array}{cccc|c|c} -S * \sin \theta_5 & O_2A * \sin \theta_2 & 0 & 0 & \omega_5 & V \cos \theta_5 \\ S * \cos \theta_5 & -O_2A * \cos \theta_2 & 0 & 0 & \omega_2 & V \sin \theta_5 \\ 0 & -O_2B * \sin \theta_2 & -BC * \sin \theta_3 & O_3C * \sin \theta_4 & \omega_3 & 0 \\ 0 & O_2B * \cos \theta_2 & BC * \cos \theta_3 & -O_3C * \cos \theta_4 & \omega_4 & 0 \end{array}$$

Donde se obtiene el sistema de matrices y a la matriz 4x4 es la matriz jacobiana esta matriz es la que sirve para encontrar las variables, para ello es necesario despejar de la ecuación de matriz dado que algebraicamente se puede representar las matrices de la siguiente manera.

$$[J] * [W] = [V]$$

Donde:

[J] Representa la matriz jacobiana 4x4, esta matriz contiene todas las constantes del sistema que están en funciones de las variables de velocidad angular.

[W] Representa la matriz 4x1 la cual contiene las variables que se buscan resolver.

[V] Representan a la matriz 4x1 de las constantes no dependientes de la velocidad angular, y están dadas por la componente velocidad del actuador.

Despejando las ecuaciones matriciales se obtiene que para obtener la matriz [W] se debe aplicar la siguiente resolución de matrices.

$$[J]^{-1} * [V] = [W]$$

Donde se obtiene una matriz [W] 4x1. Cada vez que se ejecute un incremento de posición también se generara una serie de matrices 4x1 para ello es necesario descomponer las matrices en cuatro diferentes variables que son las variables de velocidad angular.

3.5.1.3. Análisis de aceleración angular del mecanismo.

En el cálculo de la aceleración angular del mecanismo utilizamos las mismas propiedades físicas de la derivada la cual señala que al derivar las ecuaciones de la velocidad es posible obtener las

ecuaciones que nos permitan obtener la aceleración angular. Siendo de esta manera procedemos a derivar las ecuaciones de velocidad que se plantearon en el punto anterior.

$$a * \cos \theta_5 - 2 * V * \omega_5 * \sin \theta_5 - S * \alpha_5 * \sin \theta_5 + S * \omega_5^2 * \sin \theta_5 + O_2A * \alpha_2 * \sin \theta_2 + O_2A * \omega_2^2 * \cos \theta_2 = 0$$

$$a * \sin \theta_5 + 2 * V * \omega_5 * \sin \theta_5 + S * \alpha_5 * \cos \theta_5 - S * \omega_5^2 * \sin \theta_5 - O_2A * \alpha_2 * \cos \theta_2 + O_2A * \omega_2^2 * \sin \theta_2 = 0$$

$$-O_2B * \alpha_2 * \sin \theta_2 - O_2B * \omega_2^2 * \cos \theta_2 - BC * \alpha_3 * \sin \theta_3 - BC * \omega_3^2 * \cos \theta_3 + O_3C * \alpha_4 * \sin \theta_4 + O_3C * \omega_4^2 * \cos \theta_4 = 0$$

$$O_2B * \alpha_2 * \cos \theta_2 - O_2B * \omega_2^2 * \sin \theta_2 - BC * \alpha_3 * \cos \theta_3 - BC * \omega_3^2 * \sin \theta_3 - O_3C * \alpha_4 * \cos \theta_4 + O_3C * \omega_4^2 * \sin \theta_4 = 0$$

De la misma forma para resolver el sistema de ecuaciones, para ello se utiliza la herramienta computacional de Matlab, la cual nos brinda la oportunidad de ejercer mediante, matrices y vectores, resolver problemas matemáticos. Al final obtendremos las variables que buscamos, estas variables son las aceleraciones angulares de cada eslabón.

Para ejecutar la resolución de este problema es necesario saber la aceleración del actuador lineal para evitar que el sistema de ecuaciones sea imposible de resolver. Para ello sabemos que el actuador lineal ya que es fácil de controlar su velocidad y por ende su aceleración la podemos definir antes de su instalación por lo que se prefiere una velocidad constante en el actuador lineal, esto quiere decir que la aceleración que vamos a obtener de dato es igual a cero.

Al igual que en velocidades necesitamos generar las matrices jacobianas, matriz de variables, y la matriz de constantes independientes, estas son:

$$\begin{vmatrix} -S * \sin \theta_5 & O_2A * \sin \theta_2 & 0 & 0 \\ S * \cos \theta_5 & -O_2A * \cos \theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & -O_2B * \sin \theta_2 & -BC * \sin \theta_3 & O_3C * \sin \theta_4 \\ 0 & O_2B * \cos \theta_2 & BC * \cos \theta_3 & -O_3C * \cos \theta_4 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \alpha_5 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \end{vmatrix}$$

Una vez obtenido la matriz jacobiana que por lo general es la misma que la matriz jacobiana de velocidad obtenemos una nueva matriz la cual la llamaremos con el nombre de matriz $[\alpha]$ la cual posee las variables de aceleraciones angulares.

$$\begin{vmatrix} -a * \cos \theta_5 + 2 * V * \omega_5 * \sin \theta_5 - S * \omega_5^2 * \sin \theta_5 + O_2A * \omega_2^2 * \cos \theta_2 \\ -a * \sin \theta_5 - 2 * V * \omega_5 * \sin \theta_5 + S * \omega_5^2 * \sin \theta_5 - O_2A * \omega_2^2 * \sin \theta_2 \\ O_2B * \omega_2^2 * \cos \theta_2 + BC * \omega_3^2 * \cos \theta_3 - O_3C * \omega_4^2 * \cos \theta_4 \\ O_2B * \omega_2^2 * \sin \theta_2 + BC * \omega_3^2 * \sin \theta_3 - O_3C * \omega_4^2 * \sin \theta_4 \end{vmatrix}$$

En este momento obtenemos la matriz de variables independientes la cual es una matriz que contiene diversas expresiones algebraicas cada una de ellas en este punto ya son definidas por lo que consideramos que son constantes independientes de la aceleración angular. Esta matriz 1x4 será conocida como matriz A .

Una vez obtenido las matrices planteamos el sistema de resolución de ecuaciones por medio de matrices la cual nos indica que:

$$[J] * [\alpha] = [A]$$

Donde:

$[J]$ Representa la matriz jacobiana 4x4, esta matriz contiene todas las constantes del sistema que están en funciones de las variables de velocidad angular.

$[\alpha]$ Representa la matriz 4x1 la cual contiene las variables que se buscan resolver, que en este caso sería las aceleraciones angulares de los eslabones.

$[A]$ Representan a la matriz 4x1 de las constantes no dependientes de la aceleración angular y contiene los datos del actuador lineal.

Despejando las ecuaciones matriciales se obtiene que para obtener resultados de la matriz $[\alpha]$ se debe aplicar la siguiente resolución de matrices.

$$[J]^{-1} * [A] = [\alpha]$$

Como se tiene varios pasos o varias posiciones se obtiene diferentes resultados dependiendo de la posición angular y para esto aplicamos un acumulador de resultados mediante el cual formamos una matriz de resultados, que permita graficar los resultados sea esto en relación del tiempo de ejecución del actuador o la distancia recorrida del actuador.

3.6. Verificación del modelo cinemático

En la verificación del modelo matemático se utilizará el software ADAMS que es un programa creado para realizar la simulación de mecanismos y realizar estudios dinámicos y cinemáticos el objetivo de la verificación del software es comprobar que el modelo cumpla la función para la cual se diseñó y de esta forma obtener una conclusión de funcionamiento. También al validar el mecanismo podemos darnos cuenta de la función de cada uno de sus eslabones.

Para ello se modela el mecanismo de la silla en perspectiva 3D de forma que se aprecie mejor los detalles de movimiento que posee la silla, y analizar la perspectiva estructural de la misma, con el objetivo de rigidizar y desarrollar una estructura sólida que no interfiera con el mecanismo y permita realizar los movimientos con facilidad. La verificación es factible si cumple con lo realizado matemáticamente en el software de Matlab.

3.6.1. Diseño del modelo 3D.

Para realizar el modelo 3D necesitaremos recurrir nuevamente a las dimensiones obtenidas del cuerpo humano con percentil de 95 obteniendo que las personas con discapacidad por lo general poseen una dimensión que se aproxima a los cuarenta centímetros, una vez conocida la dimensión de la profundidad procederemos a analizar el concepto de ergonomía en el cual necesitaremos una perfecta simbiosis y mejor movilidad del cuerpo humano y para ello daremos una holgura de profundidad con el objetivo de tener movilidad y adaptabilidad de posicionamiento de la silla.

Una vez que actuamos con las medidas del cuerpo y de la silla nuevamente recurriremos a la medida de perfiles antropométricos para definir las medidas finales de cada uno de los elementos obteniendo así los elementos definitivos que van a ser utilizados en el diseño y su posterior estudio tensional, una vez diseñado el mecanismo se construirá la silla mediante SolidWorks.

La silla que se plantea consta de las siguientes partes las cuales serán modeladas de manera diferente y estas son:

Espaldar.

Asiento.

Eslabón de bipedestación.

Elemento de basculación y apoya pies.

Base del mecanismo.

3.6.1.1. Modelado CAD espaldar.

Para realizar el modelado del espaldar tomamos en cuenta que al ya no ser una sola estructura de tubo ahora debe tener una profundidad de cuarenta y dos centímetros de profundidad. En este elemento tiene que ir un elemento adicional el cual es fabricado por el medico u ortopedista tratante para ello se optó por realizar un soporte el cual, de profundidad al elemento, lo mantenga unido, y de libertad al encargado del diseño ergonómico de la pieza para elaborar el espaldar de acuerdo a las necesidades del ocupante.

Las dimensiones de este elemento es su parte vertical tiene que satisfacer las dimensiones antropométricas que se plantean anteriormente, y a su vez cumplir con las condiciones del mecanismo ya que al ser parte del mecanismo y al mismo tiempo ser el espaldar se a optado por elaborar el elemento con una altura que tiene como dimensión cuarenta y cinco centímetros en esta medida. La medida cumple con el perfil antropométrico y le brinda cinco centímetros adicionales al elemento para que pueda cumplir la función de bipedestación.

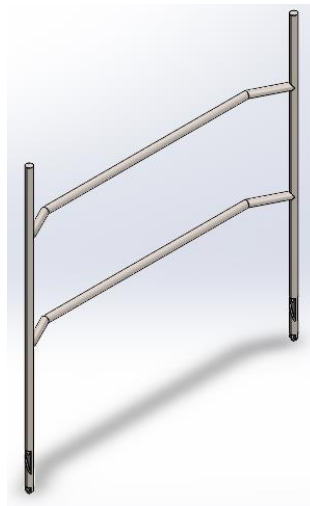


Ilustración 3-20: Modelado espaldar.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 3-24 se observa el espaldar ya modelado el cual también cuenta con elementos para realizar el acople del asiento del ocupante, y el elemento parte del mecanismo de bipedestación para que encaje de la mejor manera. El espaldar cuenta con las dimensiones mostradas y se divisa que los elementos de unión que se denotan como elementos horizontales tienen elementos inclinados que le da profundidad para después de construido el mecanismo el ortopedista pueda aplicar el espaldar adecuado para la necesidad del ocupante.

3.6.1.2. Modelado CAD asiento.

En la elaboración del modelo tridimensional del que va a conformar el asiento de la silla se lo realizo tomando en cuenta que se tiene que adaptar un asiento que va a ser diseñado de manera ergonómico por el especialista correspondiente, para que de esta forma favorezca al usuario. Las dimensiones que se utilizaron fueron tomadas en cuenta por la antropometría ya mencionada en el trabajo en donde se destaca como dimensión principal el asiento debe poseer un largo de cuarenta centímetros considerando, que para una correcta manipulación del cuerpo humano se recomienda una holgura de tres dedos de la persona que va a manipular al usuario de la silla es por ello por lo que utilizar medidas de holgura para brindar una mejor manipulación.

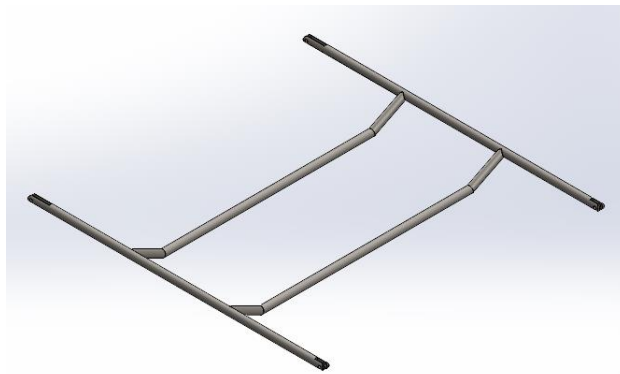


Ilustración 3-21: Modelado asiento de la silla.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 3-21 podemos observar que se realizaron elementos que rigidizan y mantienen unido a la estructura, y observamos detalles en las puntas de los elementos horizontales con el objetivo de que formen parte del mecanismo y logren realizar el movimiento. Los elementos rigidizadores se ubican de tal forma que estén equidistantes al centro de gravedad del usuario.

3.6.1.3. Modelado CAD eslabón de bipedestación.

El modelado de esta parte tiene que coincidir con el modelado del mecanismo de asiento en sus dimensiones geométricas, para de esta manera lograr realizar el movimiento. En esta parte se va a encontrar el actuador lineal el cual de movimiento al mecanismo y de esta forma lograr la posición de bipedestación, para ello se desarrolló una estructura rígida la cual logre soportar el esfuerzo producido por el actuador lineal y logre la funcionalidad del mecanismo.

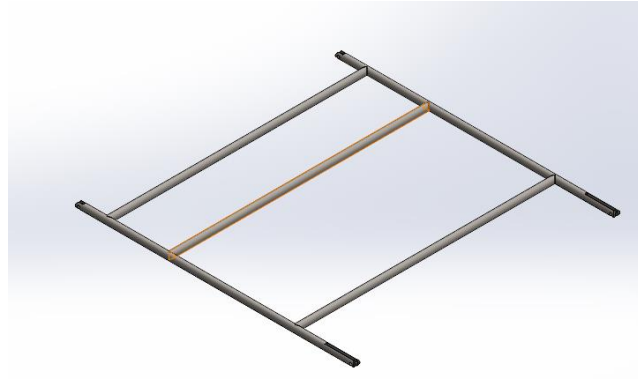


Ilustración 3-22: Modelado del eslabón para el mecanismo cuatro barras.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 3-22 se puede divisar tres tubos solidos los cuales sirven para mantener unido y dar profundidad al mecanismo en el elemento resaltado es el elemento que actúa como rigidizador y sobre el cual va a actuar el elemento motriz del mecanismo de bipedestación.

3.6.1.4. Modelado CAD elemento basculación y apoya pies.

Es la pieza más importante en el diseño debido a que esta soporta todas las fuerzas del sistema, el sistema de basculación tiene como eje principal y única parte móvil al apoya pies ya que en este también se encuentran los cimientos del actuador lineal utilizado en la bipedestación, pero también actúan los elementos lineales de movimiento que efectúan la basculación y es la parte en donde va a resistir tanto el peso del mecanismo de bipedestación como el peso del usuario. En el diseño de la pieza se toma en cuenta las dimensiones antropométricas de la persona, esta medida va desde la rodilla hasta el pie y se reemplaza como en dimensión de la silla que se la llama altura del elemento. Este elemento tiene una altura de cuarenta y cinco centímetros y cuenta con la parte en donde se va a ver apoyado el elemento que ejerce la fuerza conocida como actuador lineal.

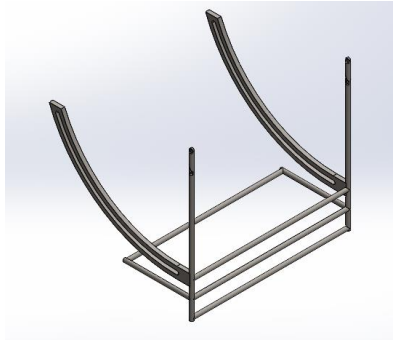


Ilustración 3-23: Pieza de basculación.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 3-23 que corresponde al elemento posee 3 rigidizadores en las zonas donde se van a producir mayor cantidad de fuerzas, lo que mantiene unido al elemento y le brinda una dimensión de profundidad. El elemento está diseñado para obtener un acople efectivo con el mecanismo bipedestador de manera que exista una buena relación entre mecanismos.

3.6.1.5. Modelado CAD base mecanismo.

Es la parte que más rígida del sistema y en la cual usamos menos elementos de transversales, esto se debe a que la interferencia de los elementos móviles afecta al desempeño del elemento de soporte, el elemento de soporte de ruedas está diseñado para soportar ruedas en su parte trasera una rueda grande y en su parte frontal ruedas tipo garruchas las cuales darán la dirección al mecanismo. En la parte superior cuenta con dos guías y un sistema de bloqueo de movimiento el cual se encarga de evitar un movimiento del mecanismo de basculación cuando el mecanismo de bipedestación esté funcionando, este movimiento es causado producto de la fuerza que ejerce el actuador lineal en el mecanismo de bipedestación.

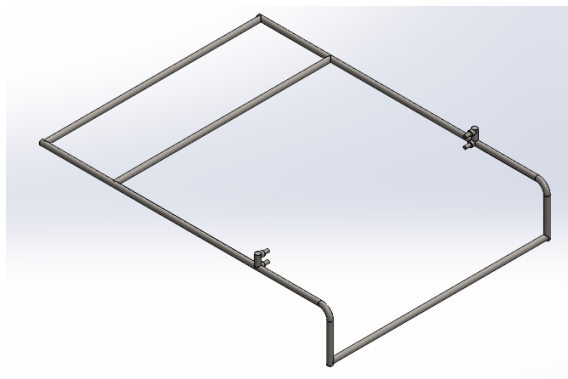


Ilustración 3-24: Pieza base del mecanismo.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

La ilustración 23-24 se observa un elemento que cuenta con un elemento transversal intermedio el cual va a actuar como base de los dos actuadores lineales electricos en este caso tenemos 2 actuadores debido a que estos actuadores coinciden con el actuador lineal en posición bípeda y causa un conflicto entre sólidos.

3.6.2. Creación del ensamble de silla.

Para la creación del ensamble es necesario tener las piezas en una carpeta definida, luego extraemos la parte de la base en donde se ban a ubicar las ruedas en esta parte se ubicara en el punto de origen, luego se insertaran el resto de elementos que componen la silla se ubicara los elementos en el software SolidWorks en donde se utilizara la herramienta de relación de posición para situar a los elementos en el sitio correspondiente, De esta manera es como se obtiene el modelo de la silla en tres dimensiones.

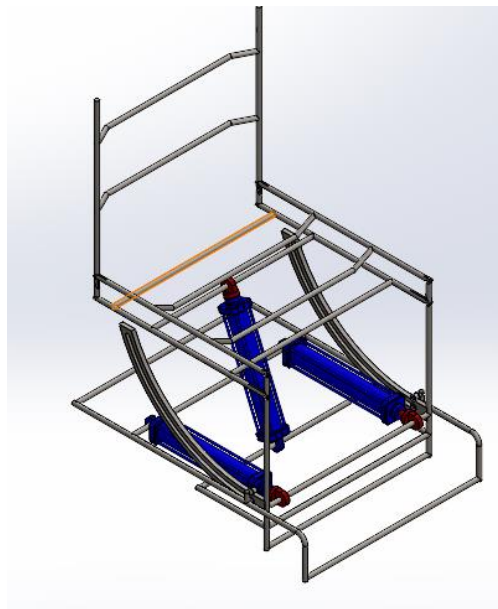


Ilustración 3-25: Ensamble mecanismo bipedestador basculante.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 29 se puede observar que el mecanismo sólido que está formado por todas las partes antes mencionadas que coinciden de forma armoniosa. El mecanismo este accionado por tres actuadores lineales los cuales son eléctricos, su fuente de alimentación se sitúa en la parte trasera de la silla.

3.6.3. Verificación cinemática MSC ADAMS

Para verificar el modelo dinámico ocupamos el elemento computacional de la compañía MSC el cual tiene el nombre de Adams el cual nos ayuda a obtener las velocidades angulares posiciones y demás que fueron calculados mediante la herramienta de Matlab y podemos extraer resultados.

Cuando se haya creado el mecanismo bipedestador basculante se tiene que separar en dos mecanismos ya que el software al tener 2 o más actuadores no detecta ni calcula de forma correcta el movimiento destinado, aparte otra manera de disminuir la memoria computacional de la simulación de movimiento es realizar con el mecanismo conceptual el cual tenía las medidas correspondientes. Debido a estos motivos se procede a verificar y simular en ADAMS el mecanismo conceptual de la silla de ruedas, este mecanismo se compone de dos mecanismos que se evalúan de manera independiente.

3.6.3.1. Evaluación del mecanismo bipedestador.

Para evaluar el mecanismo de bipedestación se extrajo el modelo del mecanismo de SolidWorks, una vez obtenido el modelo del mecanismo se procede a adecuar los elementos las partes dándole el material correspondiente al mecanismo, poniendo juntas y uniones de elementos los cuales van a ser evaluados, una vez modelado en ADAMS el mecanismo de bipedestación obtendremos un modelo el cual se verá representado por símbolos de verde como elementos propios del mecanismo y estos elementos son los elementos móviles y de unión que forman parte del mecanismo.

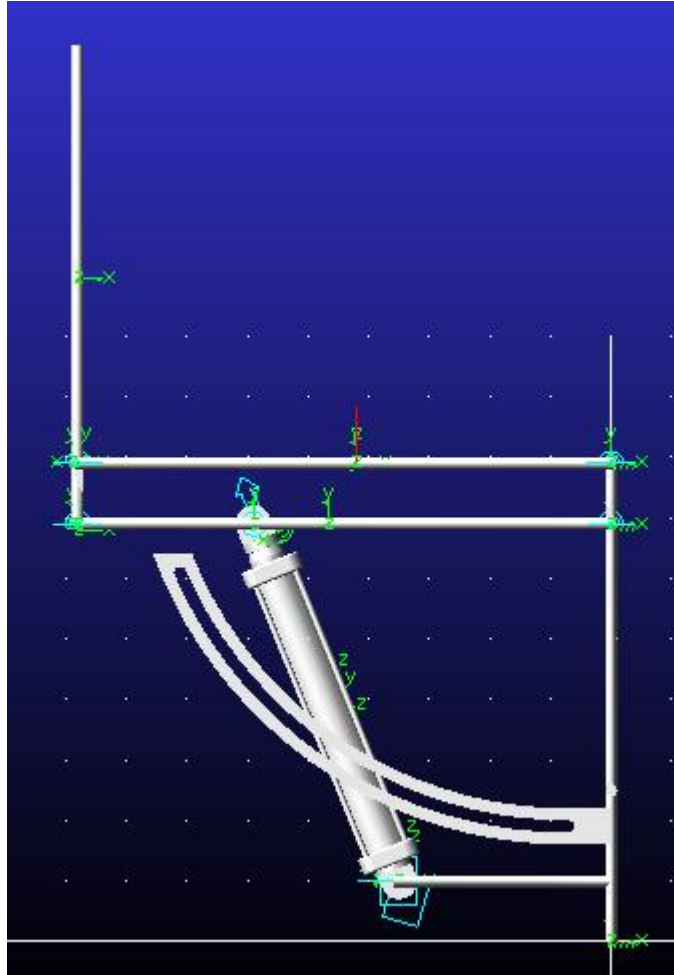


Ilustración 3-26: Modelo importado en ADAMS

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Una vez creado y editado los parámetros que dan movimiento al mecanismo se analizará las gráficas y curvas que resulten de la simulación de los elementos.

3.6.3.2. Evaluación del mecanismo basculante.

Para evaluar el mecanismo de basculación se extrajo el modelo del mecanismo de SolidWorks, una vez obtenido el modelo del mecanismo se procede a adecuar los elementos las partes dándole el material correspondiente al mecanismo, poniendo juntas y uniones de elementos los cuales van a ser evaluados, una vez modelado en ADAMS el mecanismo de bipedestación obtendremos un modelo el cual se verá representado por símbolos de verde como elementos propios del mecanismo y estos elementos son los elementos móviles y de unión que forman parte del mecanismo.

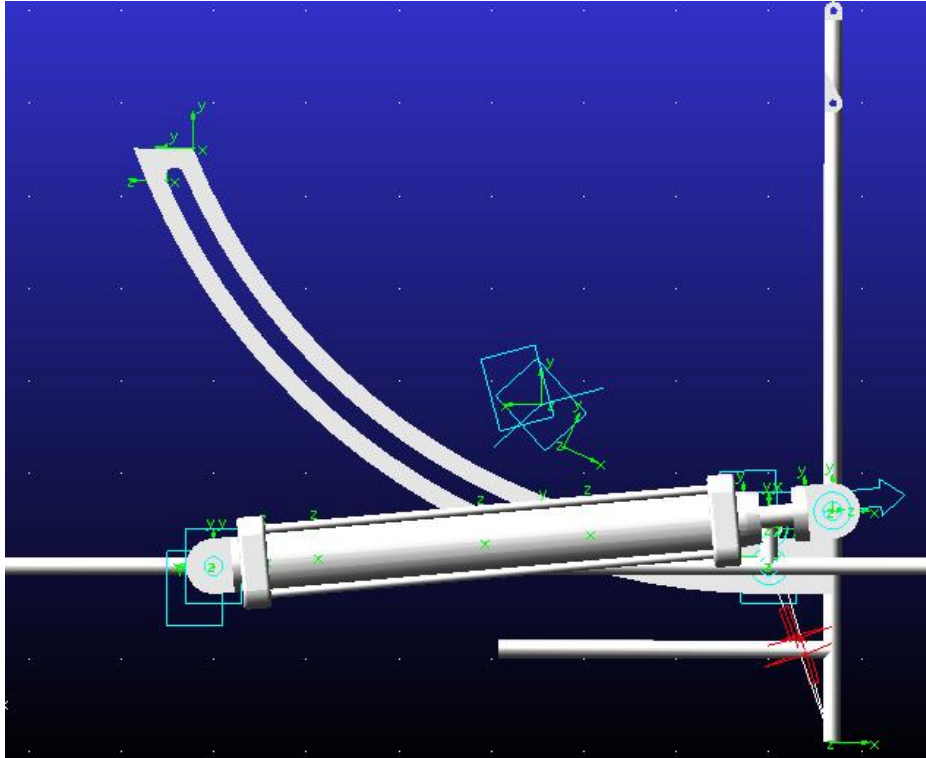


Ilustración 3-27: Mecanismo basculante importado a ADAMS

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 31 se observa el mecanismo de basculación que no puede ser simulado dado que no es posible simular guías curvas en el software ADAMS.

3.6.4. Análisis de movimiento.

Para analizar el movimiento producido utilizaremos las herramientas de SolidWorks en donde analizaremos las posiciones de la silla a la cual se quiere llegar con ella obtendremos 3 posiciones adicionales a la posición tradicional o posición de sujeto sentado para ello utilizaremos el modelo 3D creado.

Asignaremos los actuadores lineales a cada uno de sus elementos en conjunto con las características que posee el actuador como velocidad, y demás características de dirección. Simularemos paso por paso en la herramienta de estudio de movimiento de SolidWorks y damos un tiempo para efectuar la simulación y la efectuamos de manera que el tiempo concuerde con la carrera y la posición de bipedestación requerida.

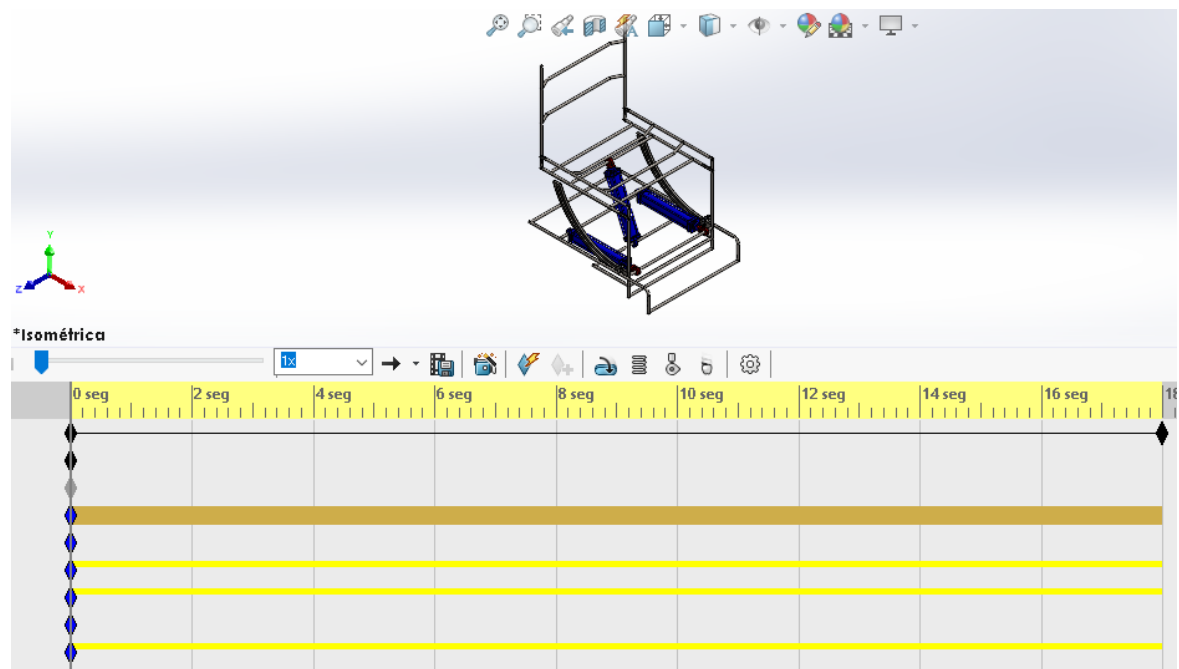


Ilustración 3-28: Mecanismo bipedestador basculante en la posición base.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En el primer análisis mostrado en la ilustración 32 se extiende la animación durante dieciocho segundos en el cual se efectúa el análisis posicional y en el segundo o instante cero no efectuará ninguna acción el actuador lineal, mientras que en sistema de basculación los actuadores lineales están en posición de bloqueo lo que evita un movimiento no deseado.

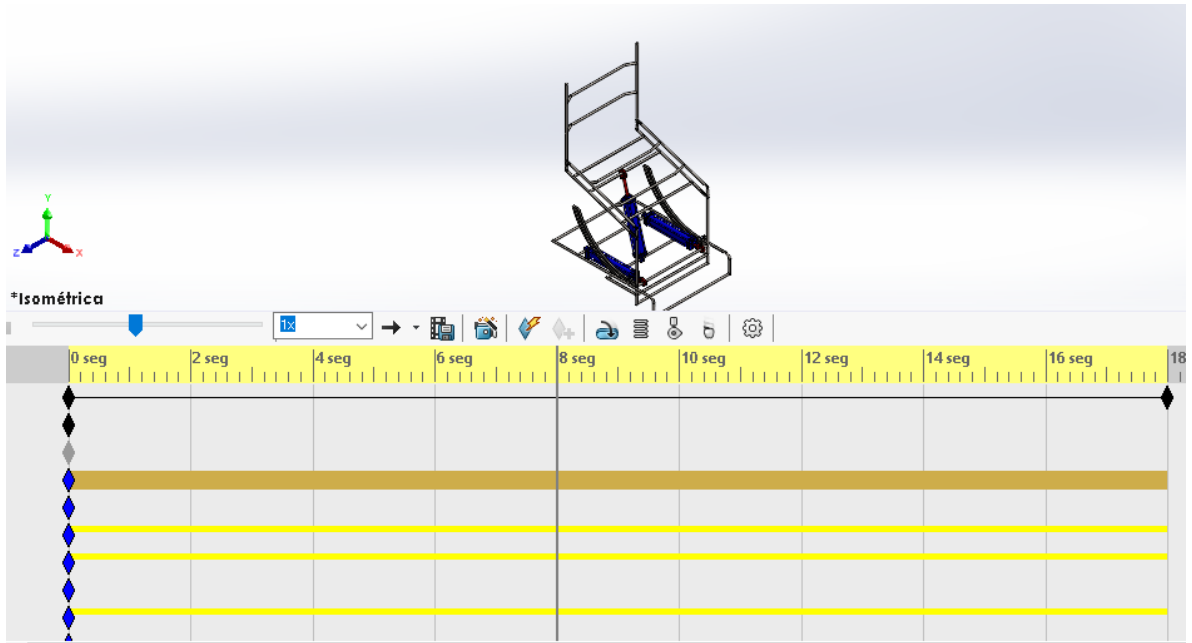


Ilustración 3-29: Mecanismo bipedestador en 8 seg. de simulación.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 33 se puede observar cómo cambia el ángulo del asiento y el ángulo del actuador lineal también, a la vez que el actuador lineal se expande y va tomando la forma a la cual queremos llegar a obtener.

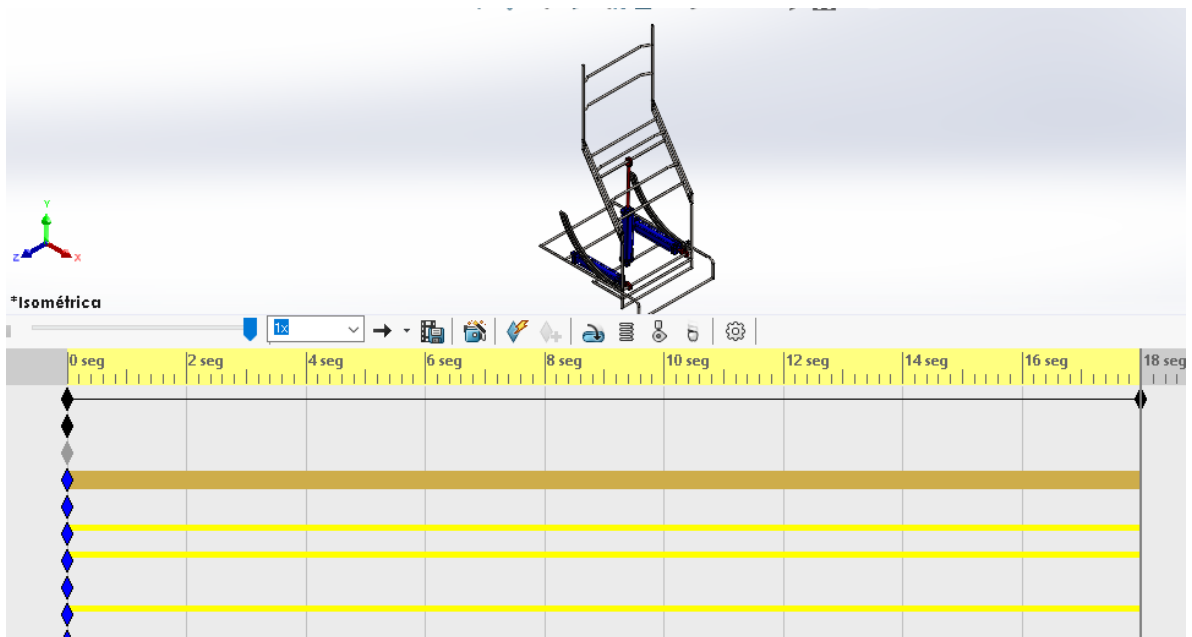


Ilustración 3-30: Mecanismo bipedestador simulación en 18 seg.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 34 se observa que una vez transcurrido 18 segundos el mecanismo adquiere la posición bípeda la cual se puede diferenciar claramente en el plano isométrico obteniendo de esta manera la primera posición adicional del mecanismo.

Para realizar el segundo movimiento el cual será un movimiento de basculación mantendremos fijo al mecanismo bipedestador evitando que este produzca algún movimiento para ello el actuador lineal el cual ejecuto la función anterior tiene que ubicar en una fase de control de bloqueo.

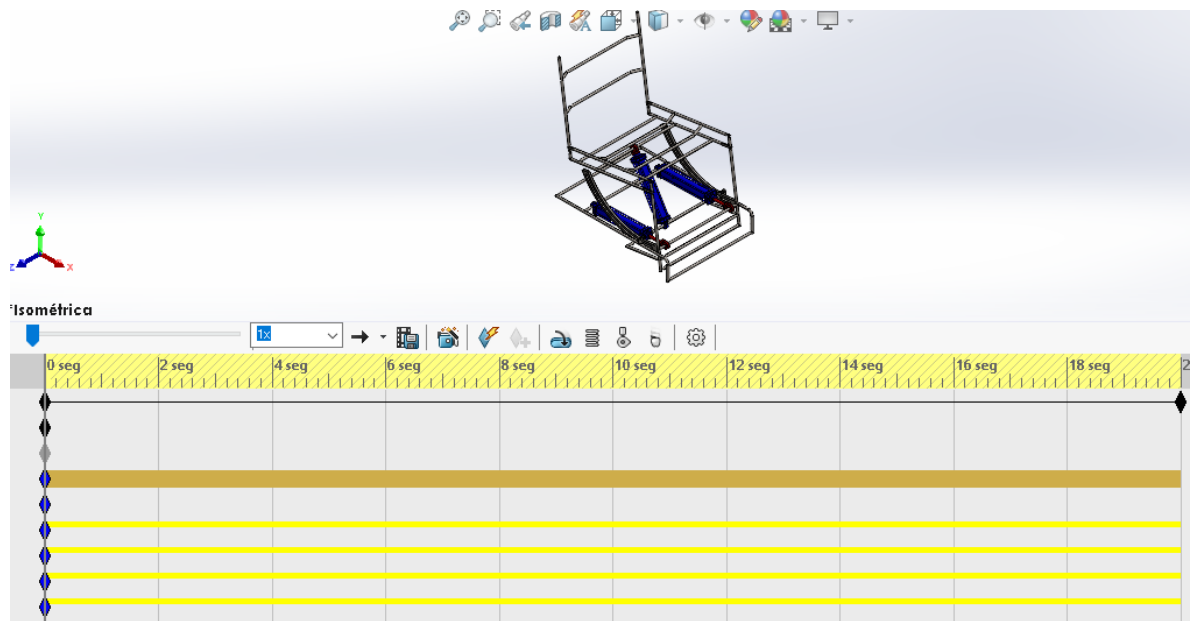


Ilustración 3-31: Mecanismo bipedestador basculante en la posición base

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 35 se observa que una vez ejecutada la simulación de movimiento se obtiene el siguiente resultado en la posición inicial, cuando está bloqueado el actuador lineal solo se obtiene un movimiento de basculación el cual desplaza el centro de gravedad para mantener estable el sistema de bipedestación y basculación.

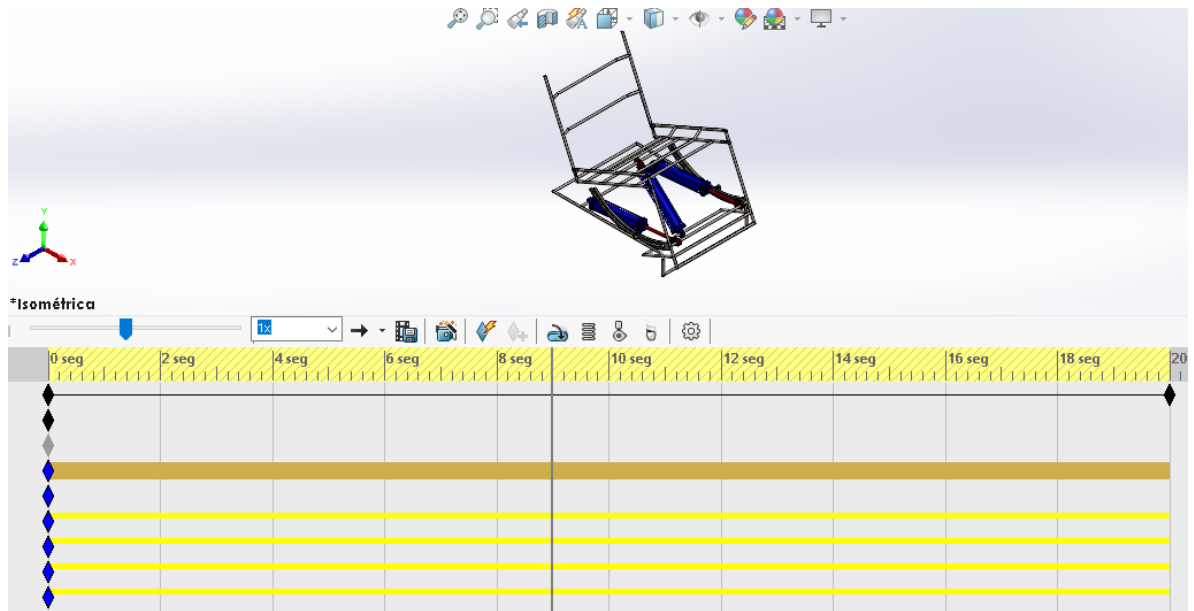


Ilustración 3-32: Mecanismo bipedestador basculante simulación de movimiento en 9seg.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 36 se observa que efectuado el movimiento en los 9 segundos obtenemos que la basculación ya se está aplicando dado a que esta se define como la inclinación del cuerpo manteniendo el ángulo entre el muslo y el tronco del ocupante una vez obtenido la bipedestación y basculación se podría decir que se ha logrado el objetivo del diseño.

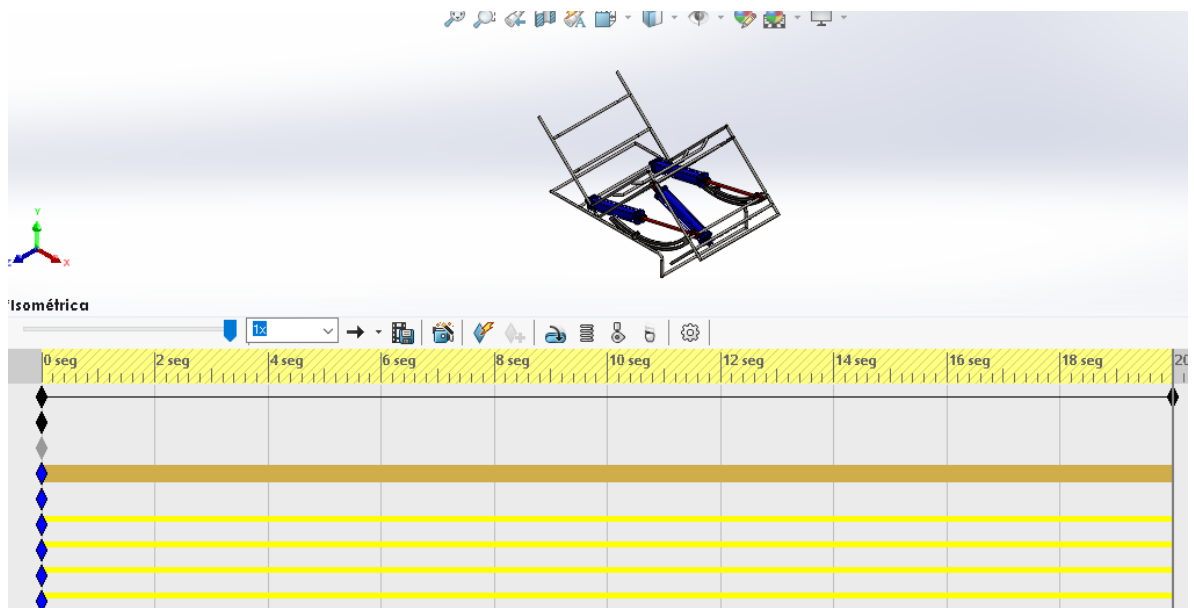


Ilustración 3-33: Mecanismo bipedestador basculante simulación de movimiento en 20seg.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En esta parte en la ilustración 37 al paso de 20 segundos el actuador lineal tiene un mayor recorrido y produce una mayor inclinación manteniendo el centro de gravedad abajo y haciéndolo más estable evitando que existan momentos que puedan causar el volcamiento por movimientos del usuario.

Para elaborar la tercera posición se ejecuta los dos actuadores de ambos mecanismos en el un actuador de bipedestación en este proceso va a cumplir la función de estabilizar al estabón asiento para que este quede en un ángulo adecuado y de la misma forma se encarga de reclinar al espaldar como se observa en la Ilustración.

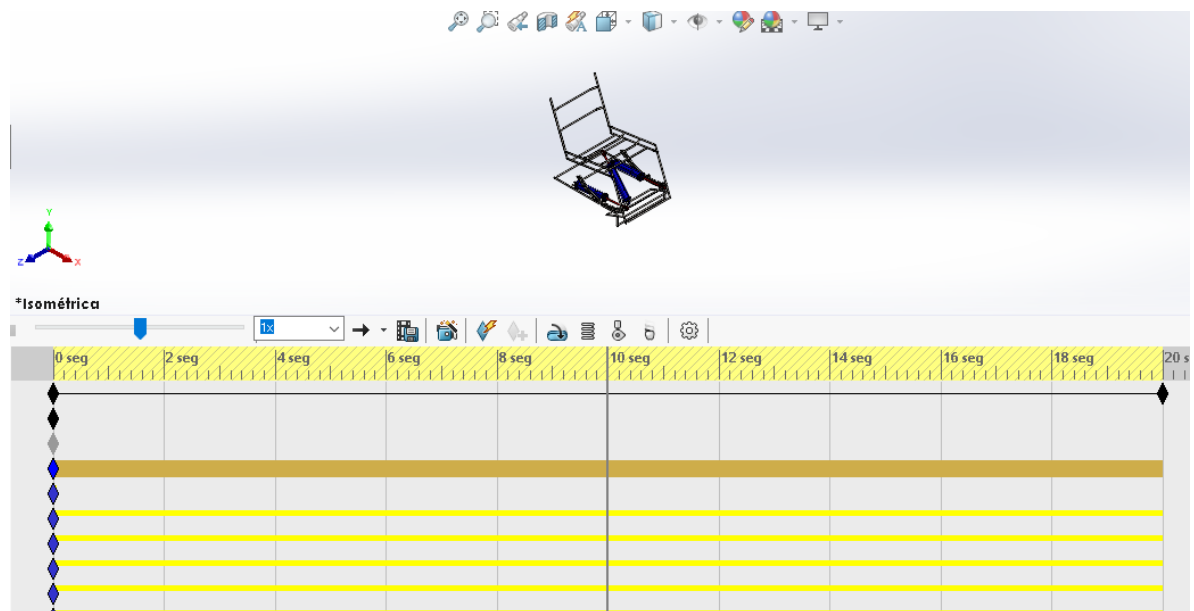


Ilustración 3-34: Mecanismo basculante simulación de movimiento en 10 seg.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 38 se observa que en el segundo 10 se puede observar un levantamiento del apoya pies y una reclinación del eslabón que en donde se apoya la espalda del usuario, pero estos son muy poco perceptibles, pero se pueden distinguir el cambio de ángulo entre todos los eslabone.

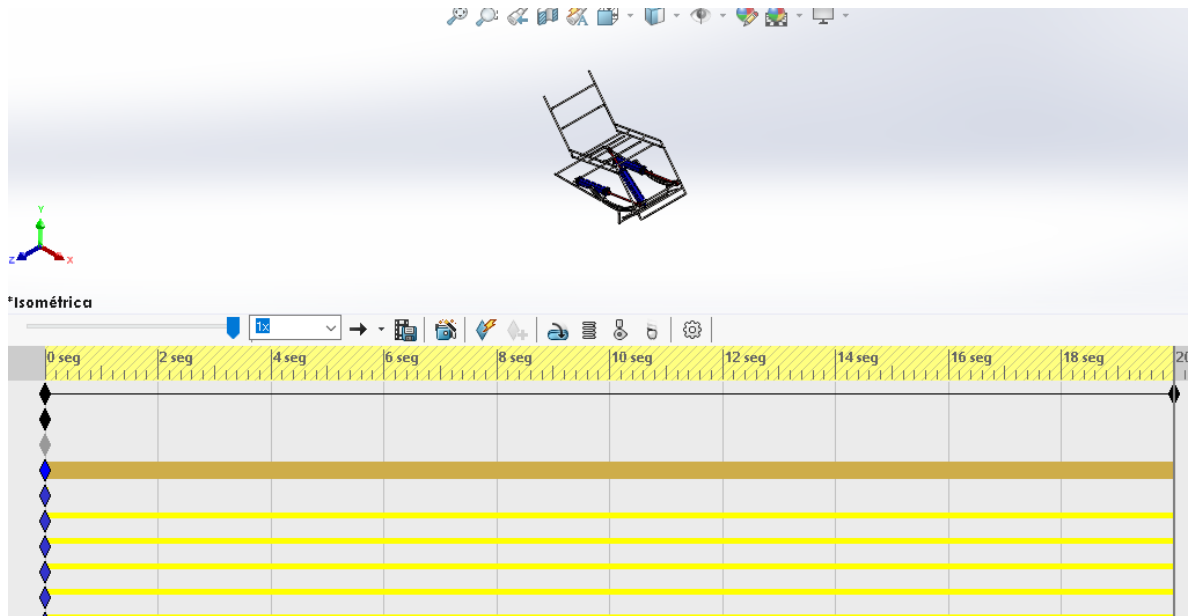


Ilustración 3-35: Mecanismo basculante simulación de movimiento en 20 seg.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 34 se observa que el mecanismo a los 20 segundos se observa que ya su inclinación es mucho mayor, el ángulo del eslabón en donde va a ir él apoya pies es mucho más pronunciado respecto al asiento del mecanismo. Para distinguir mejor se mostrará solo el mecanismo en la siguiente Ilustración.

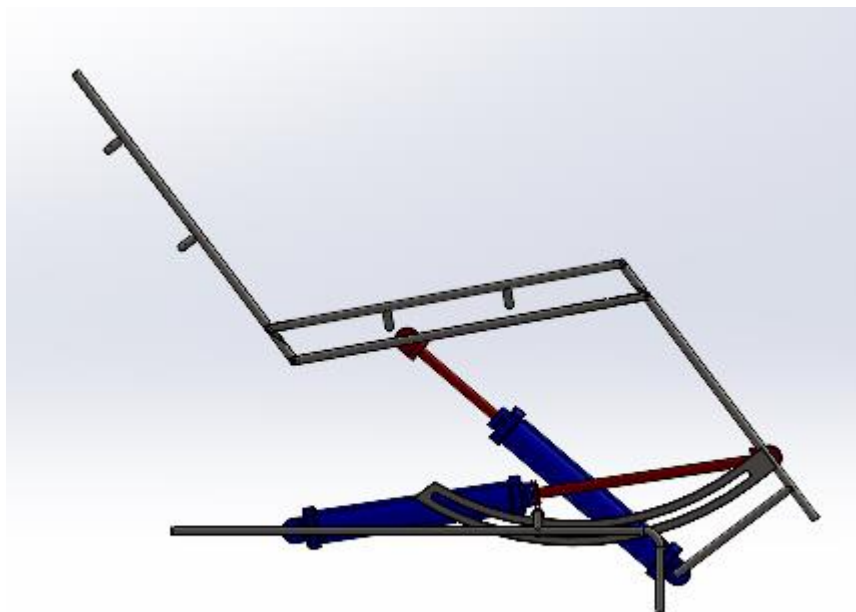


Ilustración 3-36: Mecanismo bipedestador basculante posición final.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 34 se observa que como se observa en la Ilustración se observa que se llega a una posición reclinable que llega casi a una posición anatómica acostado.

3.7. Análisis tensional

3.7.1. Cálculo de la fuerza del mecanismo.

Para calcular el accionamiento de mecanismo bipedestador utilizaremos el software Matlab en el cual se calcularán las fuerzas actuantes vs las distintas posiciones.

Para calcular las fuerzas del mecanismo es necesario separarlo en diferentes cuerpos y obtener un despiece para obtener el diagrama de cuerpo libre de todas sus piezas y formar un sistema de ecuaciones el cual nos permita generar una matriz de fuerzas, para resolverla mediante el software Matlab. Es así como se ha desarrollado el diagrama de cuerpo libre de las partes principales del mecanismo móvil.

Análisis de cuerpo libre del espaldar que conforma la silla de ruedas

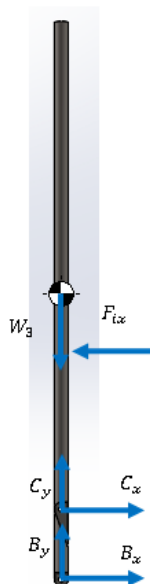


Ilustración 3-37: Diagrama de cuerpo libre del espaldar.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 41 se observa que en el análisis de cuerpo libre en el espaldar actúa la fuerza de impulso en el eje x que es una fuerza externa causada por la resistencia del ocupante, actúan las reacciones en los puntos C y B, también hay que tomar en consideración el peso del eslabón W_3 . Y analizamos las fuerzas en estado estático del mecanismo en diferentes posiciones.

$$\sum F_y = 0$$

Obteniendo así la primera ecuación

$$C_y + B_y - W_3 = 0$$

De la misma forma aplicando las ecuaciones de equilibrio estático en el elemento obtenemos otras 2 ecuaciones estas ecuaciones corresponden al equilibrio estático de fuerzas en el eje de las X y al equilibrio estático de momentos en cualquier punto del eslabón del mecanismo haciendo referencia en este caso como punto de pivote el punto B del mecanismo.

$$\sum F_x = 0$$

$$C_x + B_x - F_{ix} = 0$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-C_y * \overline{CB} * \cos \theta_3 - C_x * \overline{CB} * \sin \theta_3 + F_{ix} * \overline{OC_3} * \sin \theta_3 + W_3 * \overline{OC_{m3}} * \cos \theta_3 = 0$$

Donde los segmentos \overline{CB} , $\overline{OC_3}$, y $\overline{OC_{m3}}$ corresponden a lugar de aplicación de las fuerzas y estos tienen un valor determinado.

El valor de $\overline{OC_{m3}}$ es el correspondiente al centro de masa del elemento a analizar.

El valor de $\overline{OC_3}$ corresponde a la distancia de aplicación de la fuerza F_{ix} .

El valor de \overline{CB} corresponde a la distancia entre el apoyo B y el apoyo C.

Para obtener los valores del centro de masa de las piezas utilizamos la herramienta de cálculo de SolidWorks con el fin de obtener la masa del elemento y su centro de gravedad. Para obtener los datos en el software tenemos que modelar el elemento, una vez modelado asignamos el material

que en este caso se encuentra en la biblioteca del programa, recalcar que el material se lo selecciono anteriormente y se trata de hacer ASTM A36 acero estructural de bajo carbono.

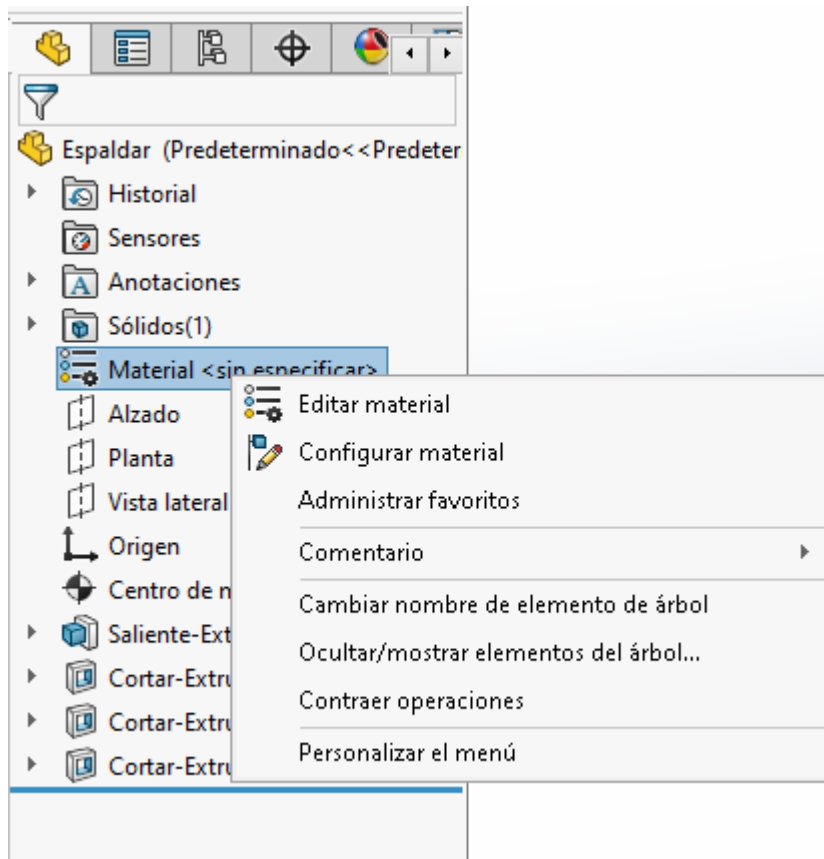


Ilustración 3-38: Asignación de material SolidWorks.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Una vez modelado se selecciona el material dentro de la lista de materiales que posee el software de SolidWorks.

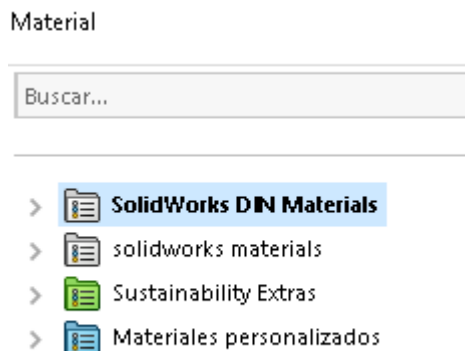


Ilustración 3-39: Biblioteca de materiales SolidWorks.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Donde aparece las siguientes listas de materiales y seleccionaremos los materiales de SolidWorks y donde encontraremos los materiales de diferentes tipos, y seleccionaremos el acero donde existen muchas variaciones y aleaciones de acero.

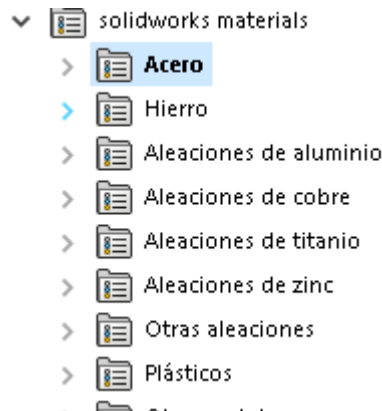


Ilustración 3-40: Aceros de la biblioteca de SolidWorks.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Una vez visto los diferentes tipos de acero seleccionamos el acero ASTM A36 que es el escogido para realizar el mecanismo bipedestador basculante. En donde se dan las propiedades del acero a este elemento lo que nos va a permitir calcular su masa.

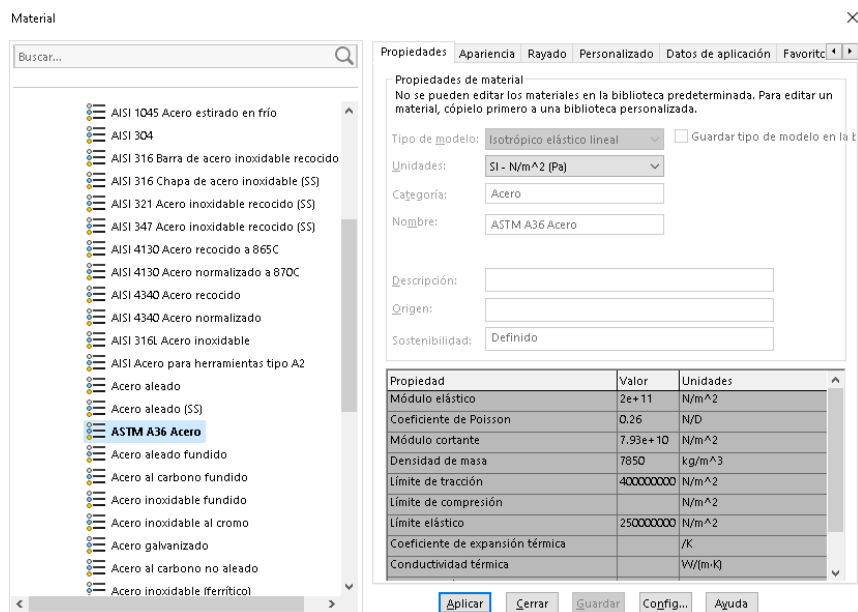


Ilustración 3-41: Material asignado en SolidWorks.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Una vez seleccionado el material en el espacio de trabajo de SolidWorks nos dirigimos a la pestaña calcular para usar la herramienta de cálculo del software y obtener la masa del eslabón.

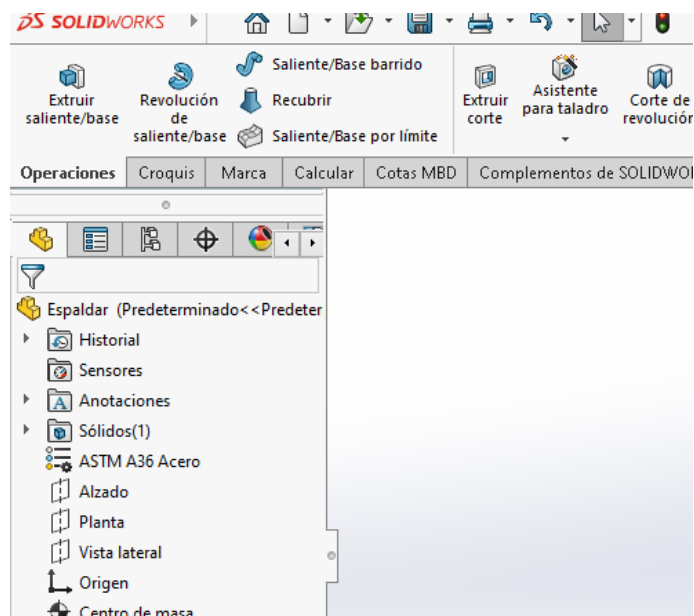


Ilustración 3-42: Espacio de trabajo de SolidWorks.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En el menú de calcular seleccionamos la opción de propiedades físicas que antes mencionamos para obtener los datos faltantes del elemento espaldar.

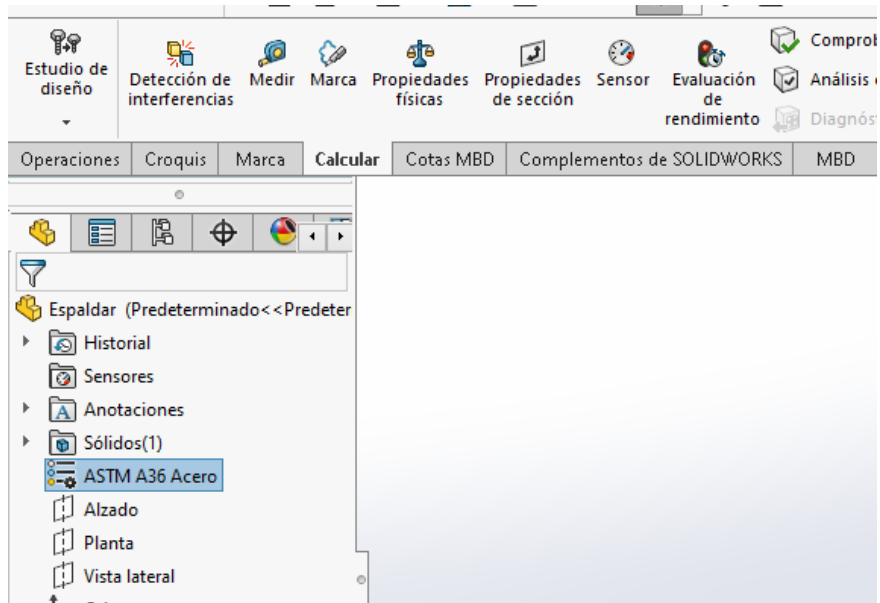


Ilustración 3-43: Pestaña de cálculo de SolidWorks.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Una vez que le demos clic en las propiedades físicas obtenemos datos de masa y centro de gravedad.

```

Propiedades de masa de Espaldar
Configuración: Predeterminado
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico

Masa = 236.36 gramos

Volumen = 30108.98 milímetros cúbicos

Área de superficie = 12758.25 milímetros cuadrados

Centro de masa: ( milímetros )
X = -0.02
Y = 207.23
Z = 0.00
    
```

Ilustración 3-44: Propiedades físicas espaldar.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Tabla 3-11: Resumen de datos espaldar.

Masa del cuerpo 3	0.2363 kg
Fuerza de impulso en X	506.9837 N
Distancia \overline{CB}	50 mm
Distancia $\overline{OC_3}$	149.475 mm
Distancia $\overline{OC_{m3}}$	207.23 mm

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Análisis de cuerpo libre del asiento que conforma la silla de ruedas

Para calcular las ecuaciones restantes aplicaremos los mismos pasos que aplicamos para el cálculo anterior por lo que omitiremos las explicaciones.

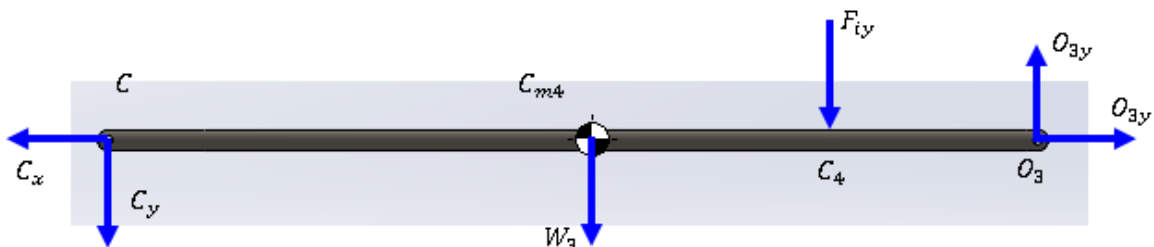


Ilustración 3-45: Diagrama de cuerpo libre eslabon mecanismo

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

$$\sum F_y = 0$$

$$O_{3y} - C_y + W_4 - F_{iy} = 0$$

$$\sum F_x = 0$$

$$-C_x + O_{3x} = 0$$

$$\sum M_{O_3} = 0$$

$$C_y * \overline{O_3C} * \cos \theta_4 + C_x * \overline{O_3C} * \sin \theta_4 + F_{iy} * \overline{O_3C_4} * \cos \theta_4 + W_4 * \overline{OC_{m4}} * \cos \theta_4 = 0$$

Donde los segmentos $\overline{O_3C}$, $\overline{O_3C_4}$ y $\overline{OC_{m4}}$ corresponden a lugar de aplicación de las fuerzas y estos tienen un valor determinado.

El valor de $\overline{OC_{m4}}$ es el correspondiente al centro de masa del elemento a analizar.

El valor de $\overline{O_3C_4}$ corresponde a la distancia de aplicación de la fuerza F_{iy} .

El valor de $\overline{O_3C}$ corresponde a la distancia entre el apoyo C y el apoyo O_3

Propiedades físicas del elemento:

Propiedades de masa de Asiento	
Configuración: Predeterminado	
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --	
Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico	
Masa = 257.65 gramos	
Volumen = 32821.38 milímetros cúbicos	
Área de superficie = 14871.31 milímetros cuadrados	
Centro de masa: (milímetros)	
X = 234.25	
Y = 0.00	
Z = 0.00	

Ilustración 3-46: Propiedades físicas asiento.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Tabla 3-12. Resumen de datos asiento.

Masa del cuerpo 4	0.2577 kg
Fuerza de impulso en y	980 N
Distancia $\overline{O_3C}$	440 mm
Distancia $\overline{O_3C_4}$	218.675 mm
Distancia $\overline{OC_{m4}}$	234.25 mm

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Análisis de cuerpo libre del asiento que conforma la silla de ruedas

Para calcular las ecuaciones restantes aplicaremos los mismos pasos que aplicamos para el cálculo anterior por lo que omitiremos las explicaciones.

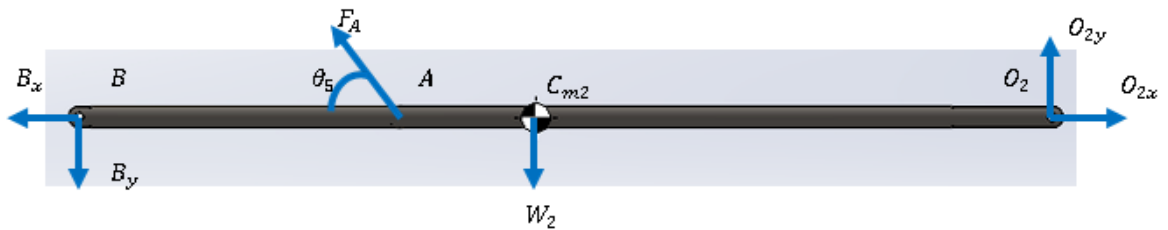


Ilustración 3-47: Diagrama de cuerpo libre mecanismo de asiento.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

$$\sum F_y = 0$$

$$O_{2y} - B_y - W_2 + F_A * \sin \theta_5 = 0$$

$$\sum F_x = 0$$

$$O_{2x} - B_x - F_A * \cos \theta_5 = 0$$

$$\sum M_{O_2} = 0$$

$$B_y * \overline{O_2B} * \cos \theta_2 + B_x * \overline{O_2B} * \sin \theta_2 - F_A * \sin \theta_5 * \overline{O_2A} * \cos \theta_2 + F_A * \cos \theta_5 * \overline{O_2A} * \sin \theta_2 + W_2 * \overline{OC_{m2}} * \cos \theta_2 = 0$$

Donde los segmentos $\overline{O_2A}$, $\overline{O_2B}$ y $\overline{OC_{m2}}$ corresponden a lugar de aplicación de las fuerzas y estos tienen un valor determinado.

El valor de $\overline{OC_{m2}}$ es el correspondiente al centro de masa del elemento a analizar.

El valor de $\overline{O_2A}$ corresponde a la distancia de aplicación de la fuerza F_A que corresponde a la fuerza del actuador.

El valor de $\overline{O_2B}$ corresponde a la distancia entre el apoyo B y el apoyo O_2

Propiedades físicas del elemento:

```

Propiedades de masa de Asientoymecanismo
Configuración: Predeterminado
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico

Masa = 276.61 gramos

Volumen = 35236.99 milímetros cúbicos

Área de superficie = 15849.40 milímetros cuadrados

Centro de masa: ( milímetros )
X = 211.25
Y = 0.00
Z = -1.34
    
```

Ilustración 3-48: Propiedades físicas del eslabón de mecanismo bipedastador.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Tabla 3-13: Resumen de datos eslabón mecanismo bipedestador.

Masa del cuerpo 2	0.277 kg
Distancia $\overline{O_2B}$	440 mm
Distancia $\overline{O_2A}$	295 mm
Distancia $\overline{O_3C}$	211.25 mm

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Una vez obtenida las ecuaciones procedemos a resolver el sistema de nueve ecuaciones por el método matricial con ayuda del software Matlab en donde introduciremos las ecuaciones en forma de matrices. A esta matriz la nombraremos matriz F.

C_y	C_x	B_y	B_x	O_{3y}	O_{3x}	O_{2y}	O_{2x}	F_A
1	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0
$-\overline{CB}$	$-\overline{CB}$	0	0	0	0	0	0	0
$* \cos \theta_3$	$* \sin \theta_3$	0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0	0	1	0	0	0	0
0	-1	0	0	0	0	0	0	0
$\overline{O_3C}$	$\overline{O_3C}$	0	0	0	0	0	0	0
$* \cos \theta_4$	$* \sin \theta_4$	0	0	0	0	0	0	0
0	0	-1	0	0	0	1	0	$\sin \theta_5$
0	0	0	-1	0	0	0	1	$-\cos \theta_5$
0	0	$\overline{O_2B}$	$\overline{O_2B}$	0	0	0	0	$\cos \theta_5 * \overline{O_2A}$
0	0	$* \cos \theta_2$	$* \sin \theta_2$	0	0	0	0	$* \sin \theta_2$
								$-\sin \theta_5$
								$* \overline{O_2A} * \cos \theta_2$

Una vez obtenido la matriz de variables utilizamos la matriz de constantes para aplicar la resolución de matrices. Esta matriz tendrá el nombre de matriz R.

$$\begin{array}{c}
 W_3 \\
 F_{ix} \\
 -F_{ix} * \overline{OC_3} * \sin \theta_3 - W_3 * \overline{OC_{m3}} * \cos \theta_3 \\
 F_{iy} + W_4 \\
 0 \\
 -F_{iy} * \overline{O_3C_4} * \cos \theta_4 - W_4 * \overline{OC_{m4}} * \cos \theta_4 \\
 W_2 \\
 0 \\
 -W_2 * \overline{OC_{m2}} * \cos \theta_2
 \end{array}$$

3.7.2. Análisis de estructural estático

Para realizar el análisis estructural estático utilizamos la herramienta de ANSYS y SolidWorks en donde cada herramienta computacional sirve para identificar el estado estático de los cuerpos dependiendo de las fuerzas y la sujeción el análisis estático del cuerpo nace a partir de un modelado previo realizado en SolidWorks en donde se analiza los esfuerzos producidos y el factor de seguridad en conjunto con las posibles deformaciones que pueda o no llegar a tener el mecanismo.

El análisis más importante para este diseño de estructura es el análisis que se lo realiza en el mecanismo bipedestador ya que este alberga una gran cantidad de conexiones y fuerzas y para ello vamos a analizar de la siguiente manera usando el software de elementos finitos.

El primer paso para evaluar un mecanismo de elementos a finitos es el modelo y la importación del modelo al espacio de trabajo de ANSYS, esto conlleva que el archivo tiene que estar en un formato compatible con el formato de trabajo de ANSYS que por lo general los ensambles se los realiza con el formato IGES que es un formato compatible con el software.

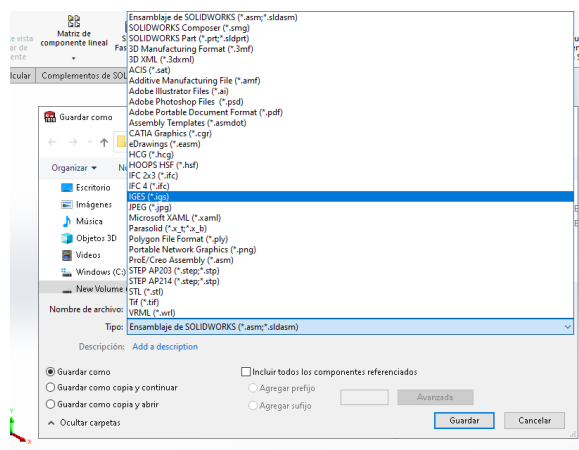


Ilustración 3-49: Formato de importación ANSYS.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Como segundo paso es la importación del archivo al espacio de trabajo de ANSYS en donde se importara la geometría se puede realizar desde el árbol estructural, pero para mantener un mejor orden e intentar diferentes simulaciones para comparar resultados se ha creado un apartado aparte solo para generar el modelo y otro apartado para generar el análisis estructural.

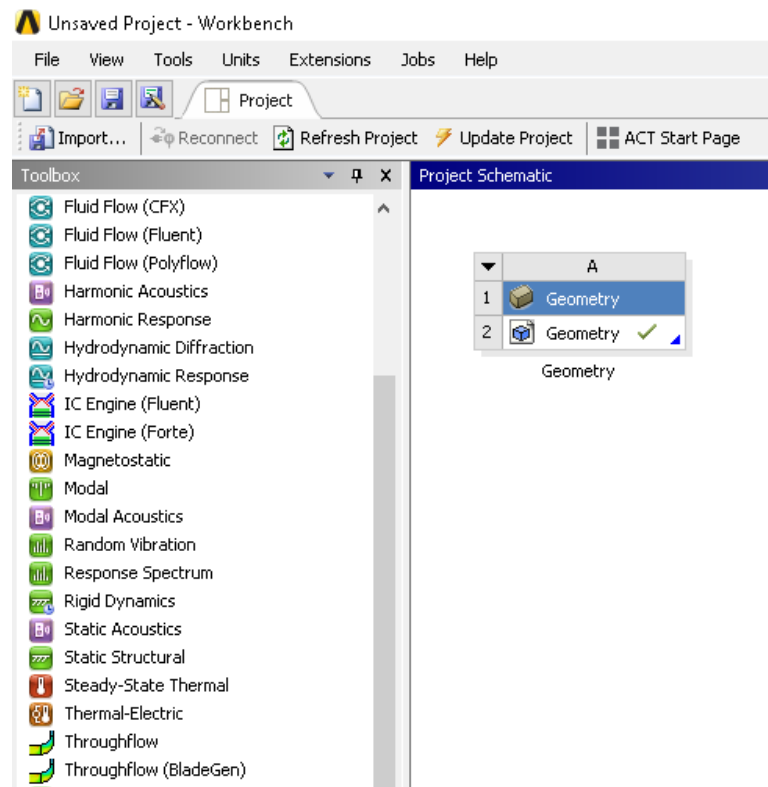


Ilustración 3-50: Importación de geometría en espacio de trabajo de ANSYS.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Una vez ubicada e importada la geometría la cual se va a compartir a diferentes análisis estructurales formaremos un árbol de análisis con el objetivo de valorar y comparar diferentes resultados bajo diferentes criterios de análisis que nos da la oportunidad de realizar el software por ello se comparten datos tanto ingenieriles de materiales como modelos obteniendo una serie de análisis concatenados con el modelo y geometría inicial, permitiendo conservar los datos comunes de los diferentes análisis.

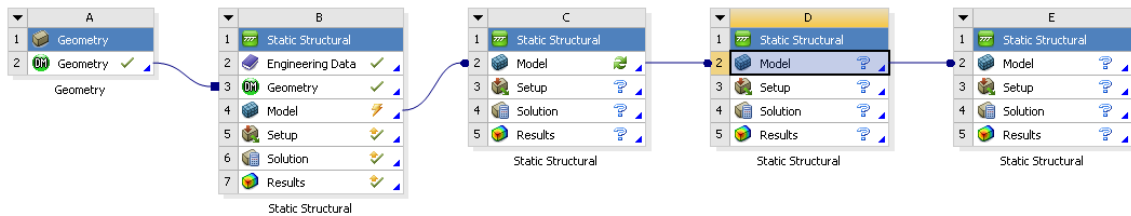


Ilustración 3-51: Árbol de estudio estático ANSYS.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Para obtener buenos resultados en el análisis estructural es necesario conocer el material el cual vamos a simular en este caso fue seleccionado como una de las etapas principales de diseño del mecanismo por lo que conocemos que se trata de un acero estructural con normalización ASTM A36, el cual posee las siguientes propiedades que van a ser ingresadas en el software.

Tabla 3-14: Propiedades mecánicas del acero ASTM A36.

Módulo de Young	200000 MPa
Densidad	7850kg/m ³
Módulo de Poisson	0.3
Resistencia ultima a la tracción	400 MPa
Resistencia a la compresión	250 MPa

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Los cuales se ingresarán mediante data añadiendo otro material, y luego se asigna a cada parte de nuestro ensamble el material creado conocido como acero AISI A36.

Outline of Schematic B2: Engineering Data					
	A	B	C	D	E
1	Contents of Engineering Data				Description
2	Material				
3	AISI A36				
4	Structural Steel				Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
*	Click here to add a new material				

Properties of Outline Row 3: AISI A36					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7850	kg m ⁻³		
4	Isotropic Elasticity				
5	Derive from	Young's Mo...			
6	Young's Modulus	2E+05	MPa		
7	Poisson's Ratio	0.3			
8	Bulk Modulus	1.6667E+11	Pa		
9	Shear Modulus	7.6923E+10	Pa		
10	Tensile Ultimate Strength	400	MPa		
11	Compressive Ultimate Strength	250	MPa		

Ilustración 3-52: Asignación de propiedades mecánicas del material en ANSYS.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Una vez creado el material se le asigna a cada parte del elemento en la parte inferior con el objetivo de tener el material de cada elemento ya más realista para ello entramos al espacio de trabajo de ANSYS en donde asignamos a los materiales, posterior a ello definimos las conexiones de los elementos que conforman el mecanismo bipedestador basculante.

A la hora de definir las conexiones importantes analizar que los elementos los cuales poseen elementos de unión son elementos a los cuales se les tiene que añadir un elemento extra un elemento tipo viga el cual se ubica en cada uno de los elementos de unión afectados y este actúa de pasador y soporta los esfuerzos de los pasadores que serán ubicados en el sitio.

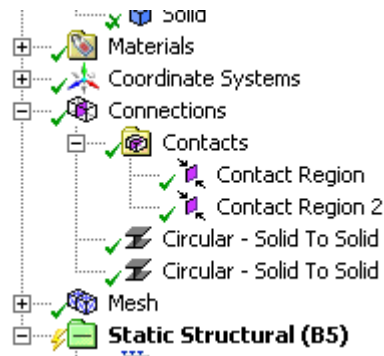


Ilustración 3-53. Asignación de contactos ANSYS.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Luego procedemos a generar la malla la cual en el caso se generó por defecto para ello aplicamos condiciones de mallado en el cual aplicamos refinamiento a las caras que contienen los detalles de acople del mecanismo ya que son secciones en donde a simple vista la generación por defecto del mallado no se vea buenos resultados como se verá a continuación la herramienta de generación de malla por defecto por el cual se obtiene un mal acabado en las zonas de unión del mecanismo es por ello que se usa herramientas para mejorar la calidad de malla

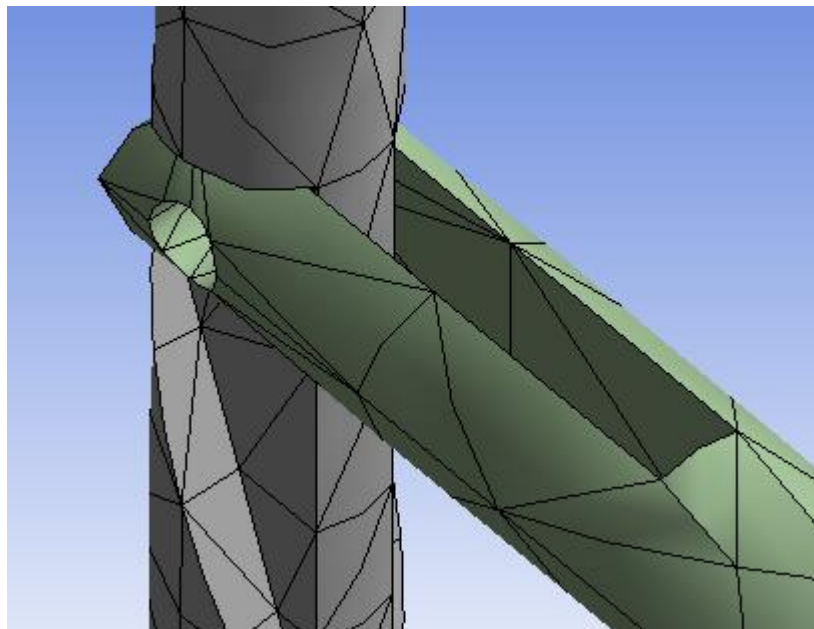


Ilustración 3-54: Mallado automático en zona de conflicto.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Una manera de evaluar la calidad de malla es utilizando la misma herramienta de Matlab en el cual nos da de manera cuantitativa en intervalos de 0 a 1 los valores en un coeficiente de la calidad de malla es así como analizaremos mediante este coeficiente la malla producida por el mecanismo,

el objetivo de este valor en análisis de cuerpos tridimensionales es llegar a un aproximado de un valor promedio cercano a los 0.75 aproximadamente si llegamos a este punto en el indicador de calidad de malla se puede decir que la malla realizada es una buena malla y nos entregara resultados muy aproximados a la realidad. Siendo de esta forma analizaremos la calidad de malla que nos arroja por defecto el software.

Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Standard Mechanical
<input type="checkbox"/> Target Quality	Default (0.050000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Element Quality
<input type="checkbox"/> Min	3.5848e-002
<input type="checkbox"/> Max	0.99995
<input checked="" type="checkbox"/> Average	0.67791
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0.22428

Ilustración 3-55: Análisis de la calidad de malla.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Siendo como resultado una buena malla inicial con un promedio cercano a los 0.7 es por esta razón que aplicaremos métodos para reducir el error de la malla empezando por un refinamiento en las ya mencionadas caras de unión del mecanismo. Luego variaremos el tamaño de la malla utilizando la herramienta de mallado de tamaño y se tomara nota de cada uno de ellos, esto será representado en la siguiente tabla.

Tabla 3-15: Evaluación de calidad de malla.

Tipo de malla	Element Quality
Malla por defecto	0.67791
Tamaño de malla	
mm	Element Quality
10	0.50282
9	0.53816
8	0.63128
7	0.65518
6	0.67418
5	0.73551
4	0.77337
3	0.81443
2	0.82463
1	0.84314

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Una vez analizado el mallado de cada aplicando el tamaño de malla, por motivos computacionales la mejor medida a escoger es la medida más próxima al 0.75 y por ende escogemos un tamaño de malla de 4 mm que nos da un coeficiente de calidad de malla de 0.77.

Cuando se le añadió la malla procedemos a evaluar las fuerzas que intervienen en el mecanismo y a utilizar los soportes fijos del mismo obteniendo de esta forma las cargas aplicadas y el análisis estático completo, para evaluar y verificar el análisis utilizamos evaluadores de esfuerzos y probetas para verificar el estado de la aplicación de carga de la silla.

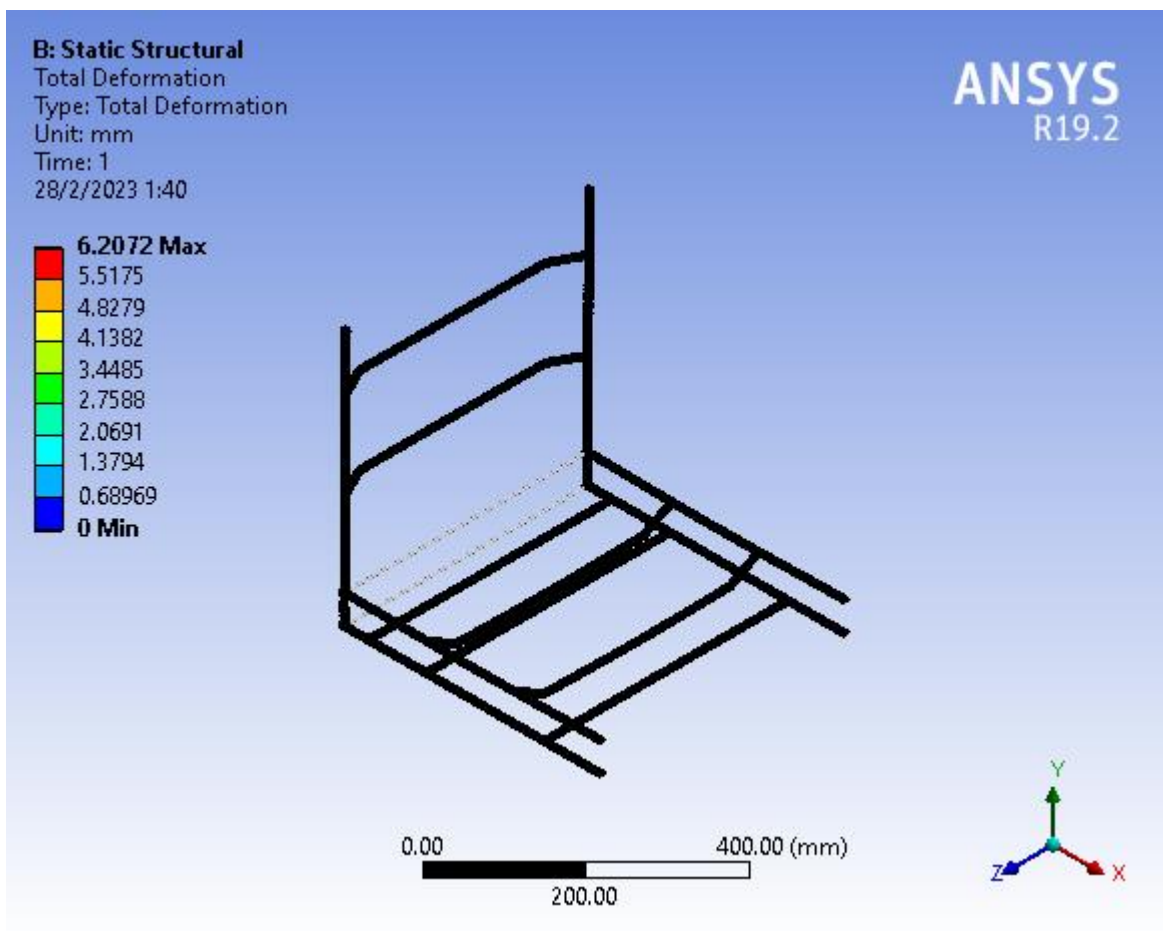


Ilustración 3-56: Análisis de deformación del mecanismo bipedestador.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

3.8. Estimación de costos

3.8.1. Costos directos

Tabla 3-16: Descripción de costos directos.

Costos directos	
Materia prima	Tubo solido de acero ASTM A36
	Actuador lineal eléctrico LA40 Std 24V DC
	Alimentador para el actuador lineal PWR-40-24 24V, 40W Din-Rail Power Supply (MDR-40-24) – slim type
Mano de obra	Tiempo de trabajo

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Es así como de esta manera es posible determinar los costos de una manera determinada.

Tabla 3-17: Detalles de costos directos

Insumos	Cantidad	Costo en dólares por unidad (\$)	Costo total (\$)
Varilla lisa D15mm A36	4	35	140
Actuador lineal eléctrico LA40 Std 24V DC	3	175	525
Alimentador para el actuador lineal PWR-40-24 24V, 40W Din-Rail Power Supply (MDR-40-24) – slim type	3	36	108
Insumos no detallados	100	1	100
Total			873

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En los costos directos tomamos la materia prima y la mano de obra ya que van relacionados con la producción del producto.

Tabla 3-18: Costos de mano de obra

Operación	Tiempo(horas)	Costo (\$/hora)	Total (\$)
Corte de materia prima	20	3	60
Mecanización de materia prima	25	4	100
Soldadura	8	5	40
Total			200

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Los costos totales estimados se realizaron en base a las estimaciones realizadas en diferentes locales y en páginas web en donde se encontraba disponibilidad de los productos presentados.

3.8.2. *Costos indirectos*

Los costos directos se han tomado en cuenta costos que no afectan de manera directa a la producción pero incrementa el precio del producto.

Tabla 3-19: Costos indirectos

Descripción	Valor total (\$)
Costos de ingeniería	0
Otros	100
Total	100

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

3.8.3. *Costo total*

Tabla 3-20: Costos totales

Tipo de costo	Valor total (\$)
Costos directos	1073
Costos indirectos	100
Total	1173

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Resultados estudio cinemático

4.1.1. Relación carrera del actuador respecto al ángulo del actuador

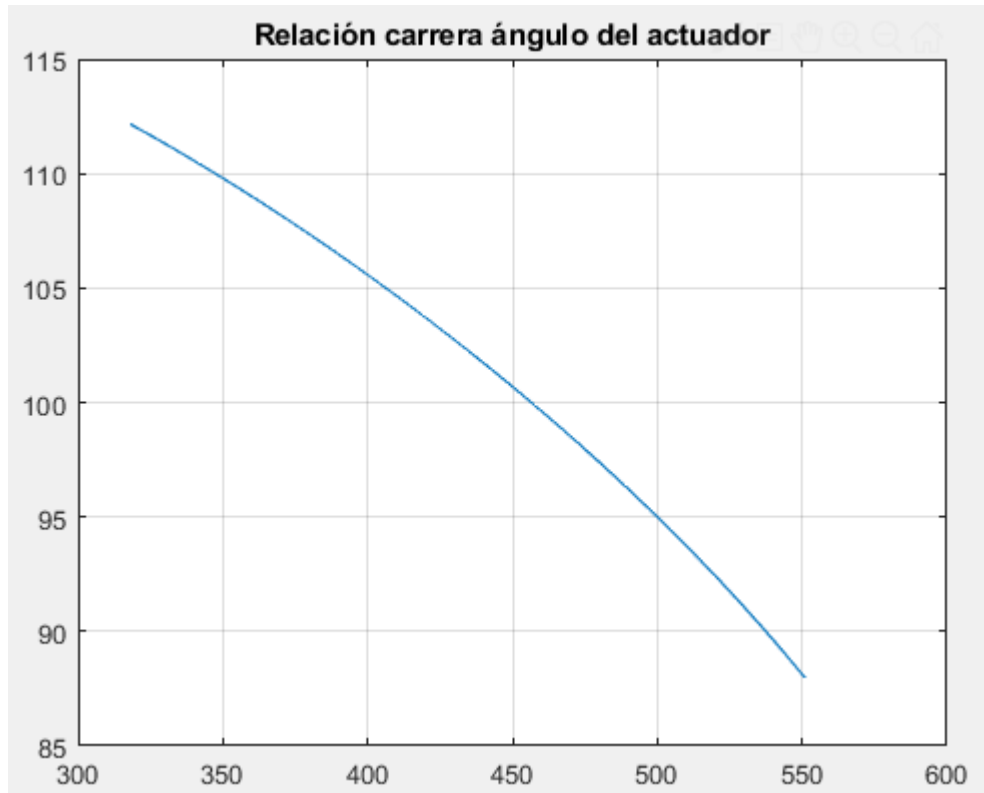


Ilustración 4-1: Carrera vs ángulo actuador

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 61 se observa el movimiento del ángulo del actuador respecto a la carrera de este, por lo que al observar los datos obtenemos que el ángulo del actuador respecto a un eje de coordenadas ubicado en el pivote va disminuyendo si tomamos en cuenta el eje fijo del cilindro eléctrico.

4.1.2. Relación carrera del actuador ángulo del eslabón de mecanismo de cuatro barras

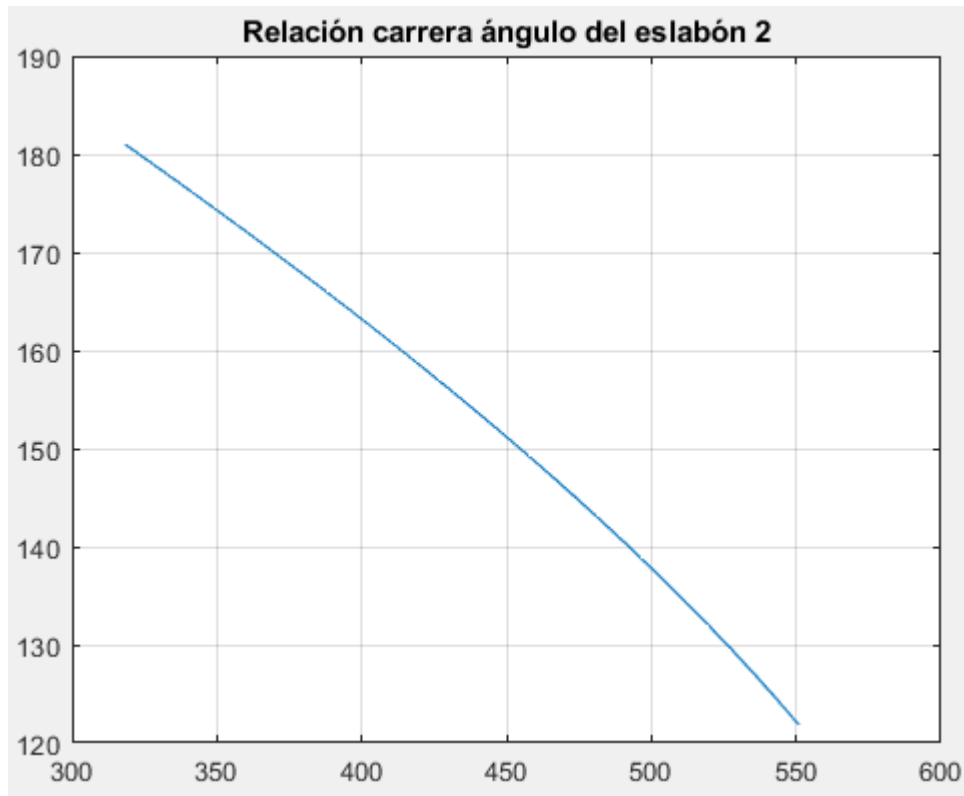


Ilustración 4-2: Carrera vs ángulo eslabón 2

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Mediante los datos matemáticos obtenidos mediante software MATLAB se obtiene la ilustración 62 en donde se observa la variación del ángulo del eslabón 2 situada en el eje vertical que se encuentra en grados sexagesimales, y en el eje horizontal se ve representada la distancia inicial y final del actuador lineal.

4.1.3. Relación carrera del actuador ángulo del espaldar

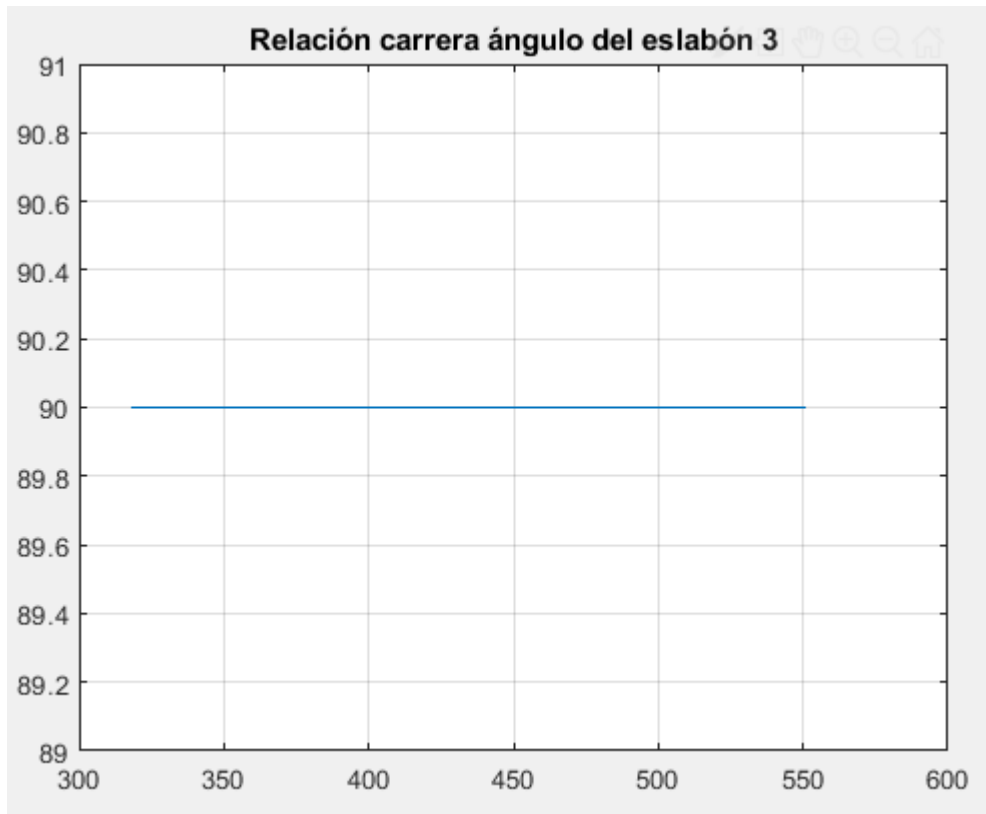


Ilustración 4-3: Carrera vs ángulo eslabón 3

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Mediante los datos matemáticos obtenidos mediante software MATLAB se obtiene la ilustración 63 en donde se observa la variación del ángulo del espaldar situada en el eje vertical que se encuentra en grados sexagesimales, y en el eje horizontal se ve representada la distancia inicial y final del actuador lineal.

4.1.4. Relación carrera del actuador ángulo del asiento

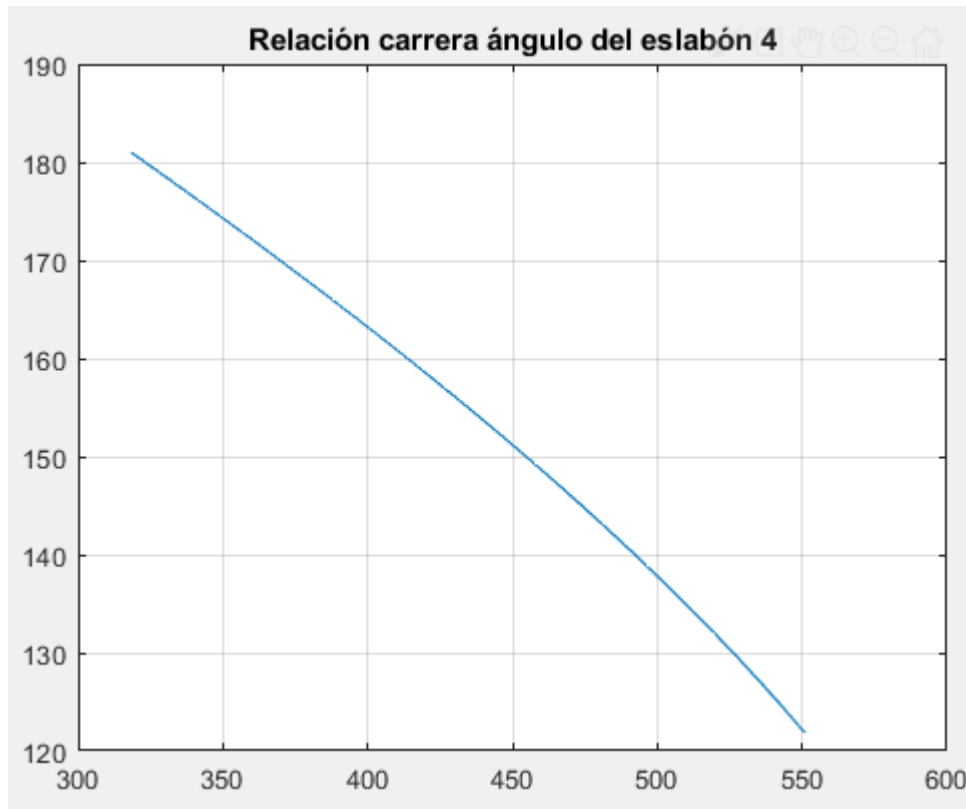


Ilustración 4-4: Carrera vs ángulo eslabón 4.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Mediante los datos matemáticos obtenidos mediante software MATLAB se obtiene la ilustración 64 en donde se observa la variación del ángulo del asiento situada en el eje vertical que se encuentra en grados sexagesimales, y en el eje horizontal se ve representada la distancia inicial y final del actuador lineal.

4.1.5. Trayectoria del espaldar

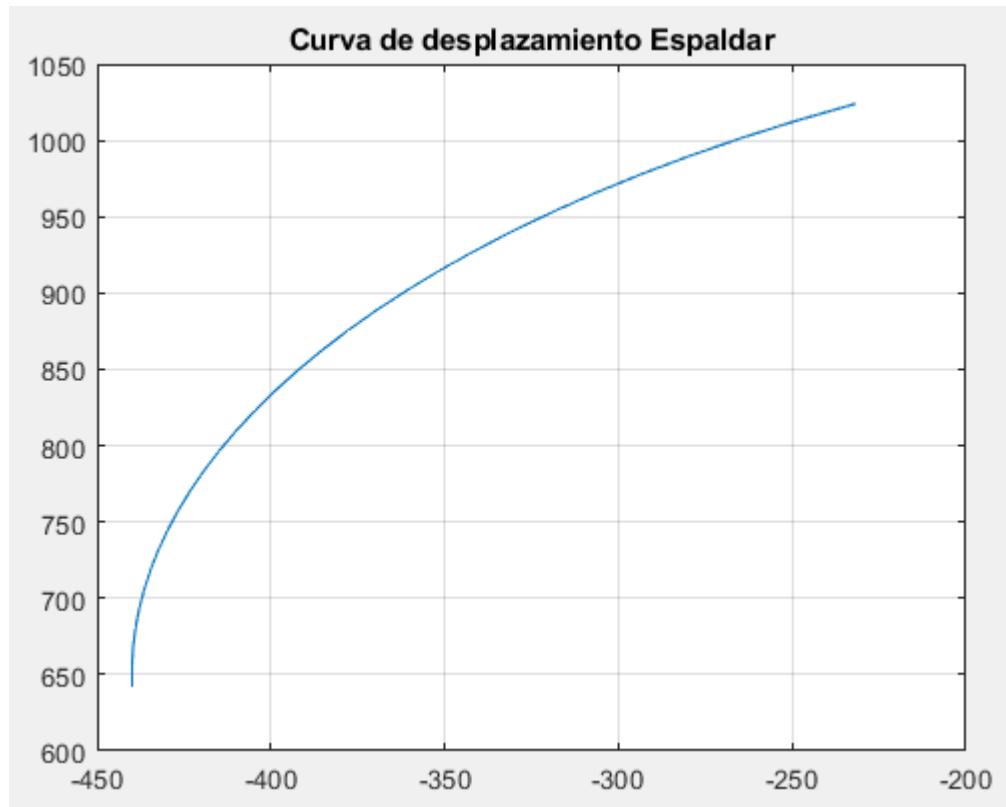


Ilustración 4-5: Desplazamiento espaldar.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 65 se observa la trayectoria descrita por el espaldar en el eje de las x se ubica la posición a desplazarse de manera horizontal, y en el eje de las y se obtiene la trayectoria del espaldar en un plano vertical, obteniendo una curva que describe la trayectoria del espaldar.

4.1.6. Relación carrera del actuador velocidad angular del actuador

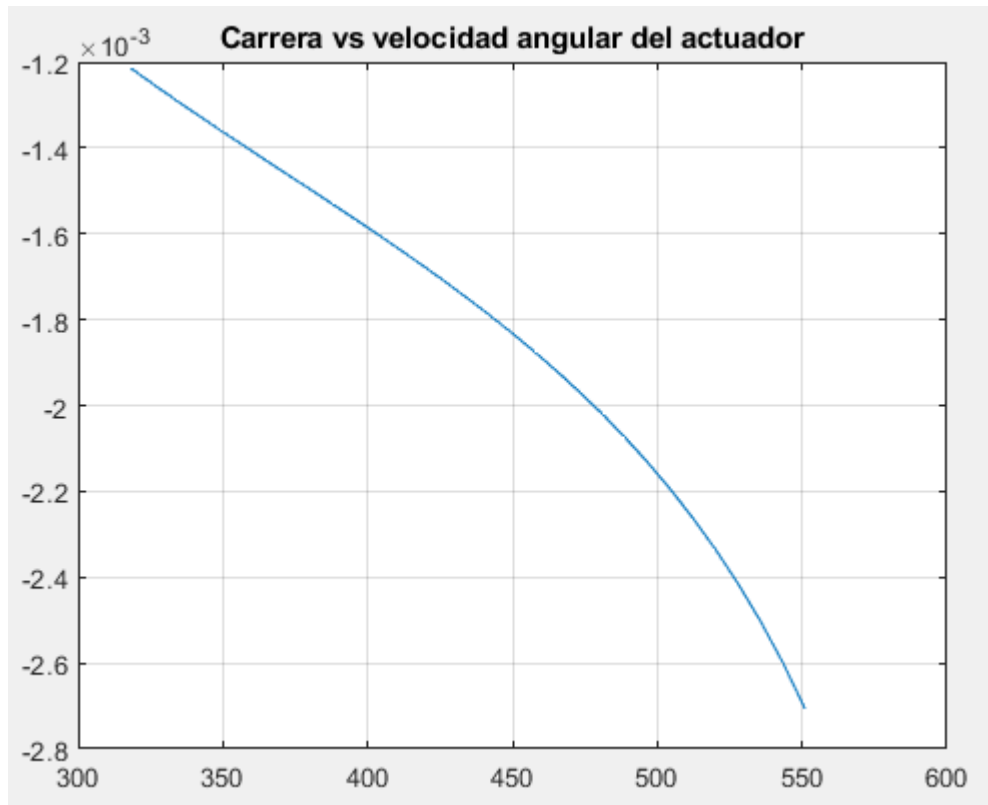


Ilustración 4-6: Carrera actuador vs W actuador.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Mediante los datos matemáticos obtenidos mediante software MATLAB se obtiene la ilustración 65 en donde se observa la variación de la velocidad angular del actuador lineal situada en el eje vertical de la ilustración, la que se encuentra en grados sexagesimales sobre segundos; y en el eje horizontal se ve representada la distancia inicial, y final del actuador lineal.

4.1.7. Relación carrera del actuador velocidad angular del mecanismo

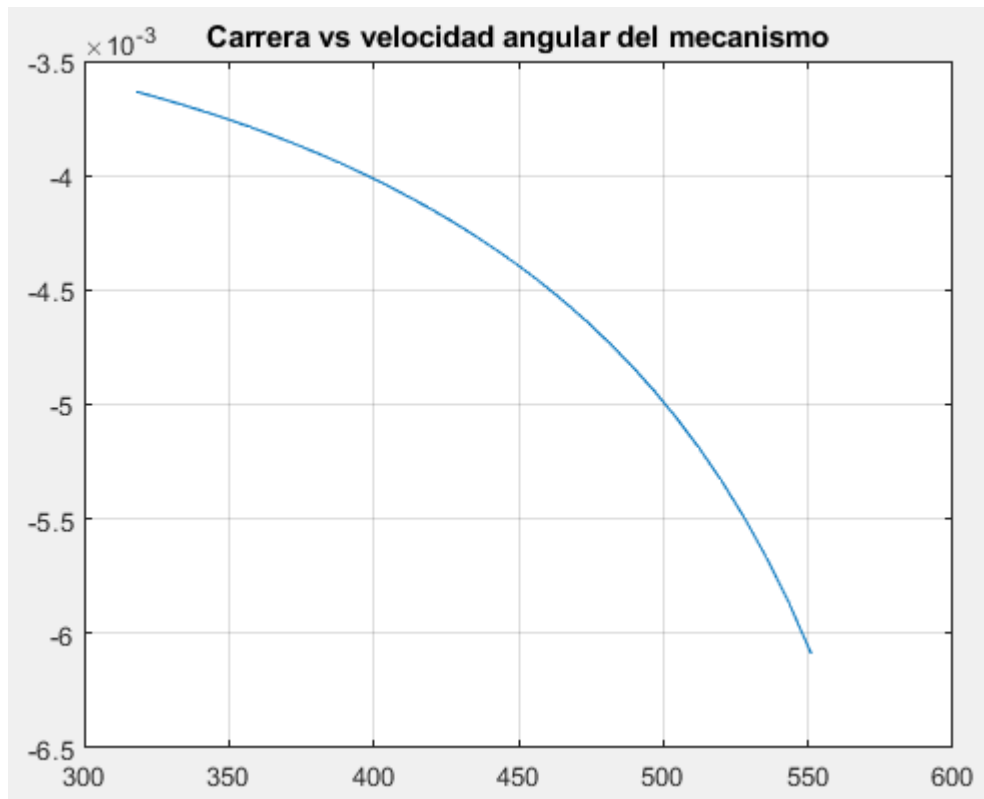


Ilustración 4-7: Carrera actuador vs W mecanismo.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Utilizando los datos matemáticos obtenidos mediante software MATLAB se obtiene la ilustración 65, en donde se observa la variación de la velocidad angular, del eslabón tanto del asiento como del eslabón de apoyo para el mecanismo, situada en el eje vertical de la ilustración, la que se encuentra en grados sexagesimales sobre segundos; y en el eje horizontal se ve representada la distancia inicial, y final del actuador lineal.

4.1.8. Relación carrera del actuador velocidad angular del espaldar

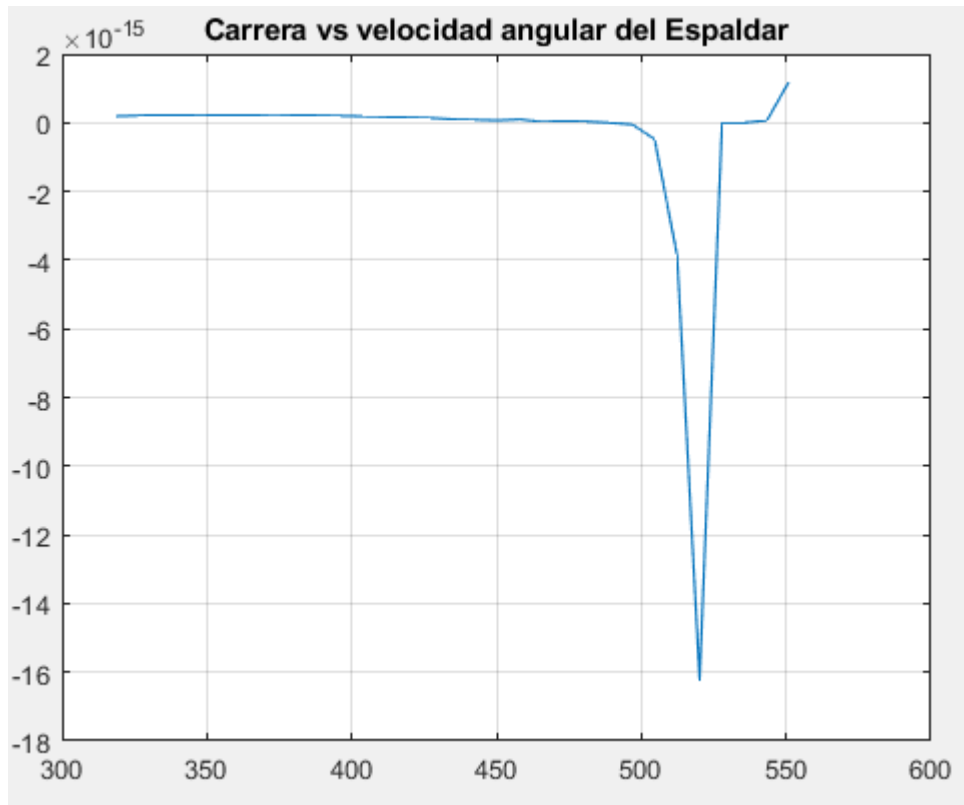


Ilustración 4-8: Carrera actuador vs W espaldar.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Mediante los datos matemáticos obtenidos mediante software MATLAB se obtiene la ilustración 68 en donde se observa la variación de la velocidad angular del espaldar situada en el eje vertical de la ilustración, la que se encuentra en grados sexagesimales sobre segundos; y en el eje horizontal se ve representada la distancia inicial, y final del actuador lineal. En donde se observa que la velocidad angular es muy pequeña tan pequeña que se puede llegar a desestimar.

4.1.9. Relación carrera del actuador aceleración angular del actuador

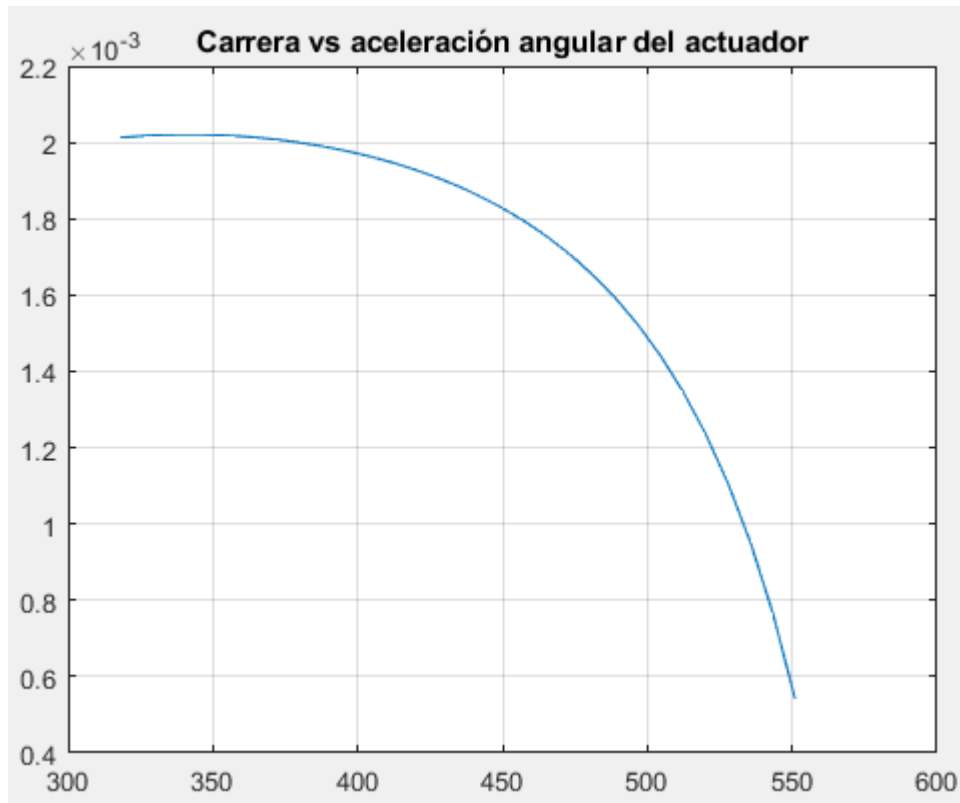


Ilustración 4-9: Carrera actuador vs α actuador

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Mediante los datos matemáticos obtenidos mediante software MATLAB se obtiene la ilustración 69 en donde se observa la variación de la aceleración angular del actuador lineal situada en el eje vertical de la ilustración, la que se encuentra en grados sexagesimales sobre segundos cuadrados; y en el eje horizontal se ve representada la distancia inicial, y final del actuador lineal. En este punto la aceleración angular del eslabón ya no es tan pequeña como para desestimarla.

4.1.10. Relación carrera del actuador aceleración angular del mecanismo

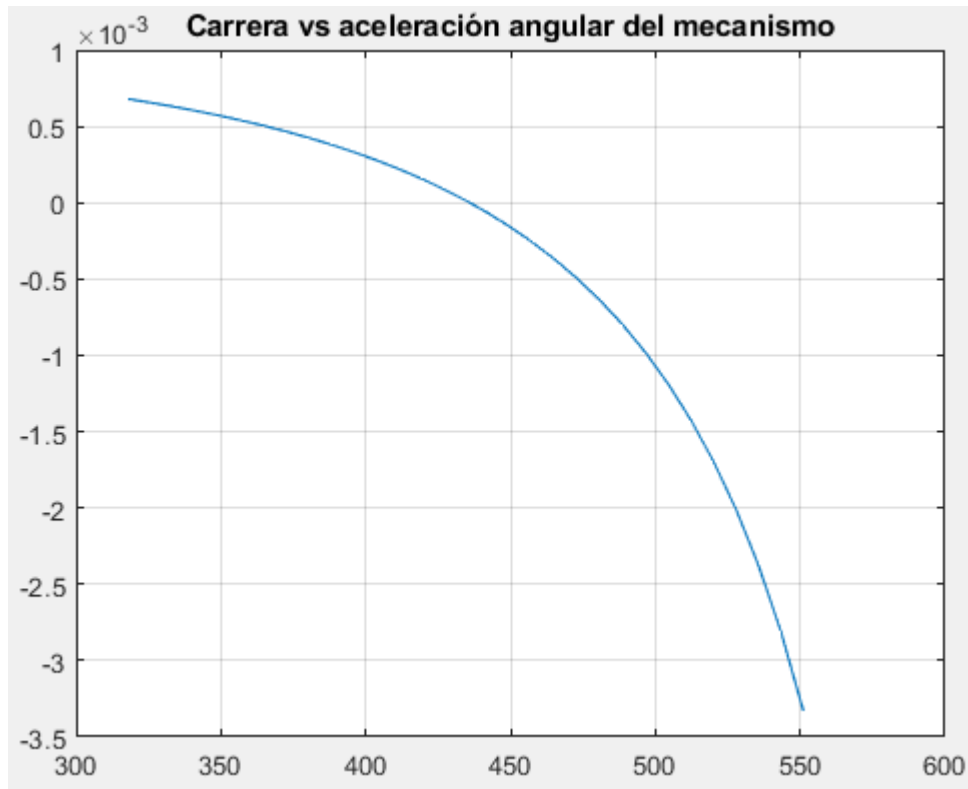


Ilustración 4-10: Carrera actuador vs α mecanismo.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Mediante los datos matemáticos obtenidos mediante software MATLAB se obtiene la ilustración 70 en donde se observa la variación de la aceleración angular del mecanismo situada en el eje vertical de la ilustración, la que se encuentra en grados sexagesimales sobre segundos cuadrados; y en el eje horizontal se ve representada la distancia inicial, y final del actuador lineal. En este punto la aceleración angular del eslabón ya no es tan pequeña como para desestimarla.

4.1.11. Relación carrera del actuador aceleración angular del espaldar

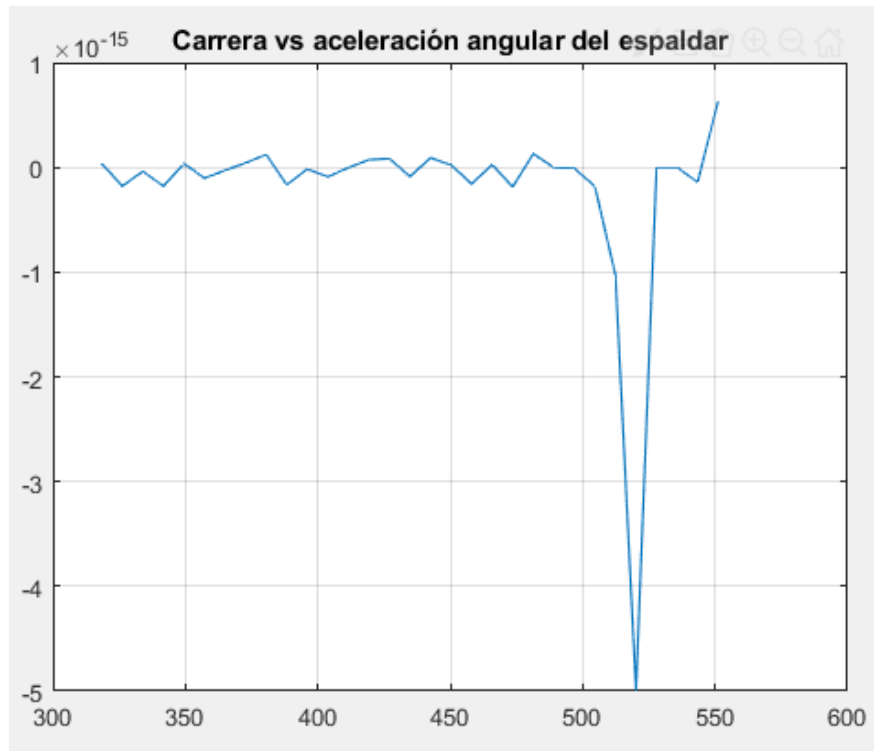


Ilustración 4-11: Carrera actuador vs α espaldar.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

Mediante los datos matemáticos obtenidos mediante software MATLAB se obtiene la ilustración 71 en donde se observa la variación de la aceleración angular del espaldar situada en el eje vertical de la ilustración, la que se encuentra en grados sexagesimales sobre segundos cuadrados; y en el eje horizontal se ve representada la distancia inicial, y final del actuador lineal. En este punto la aceleración angular del espaldar es muy pequeña por ende se desestima de los cálculos.

4.2. Resultado estudio estático de fuerzas

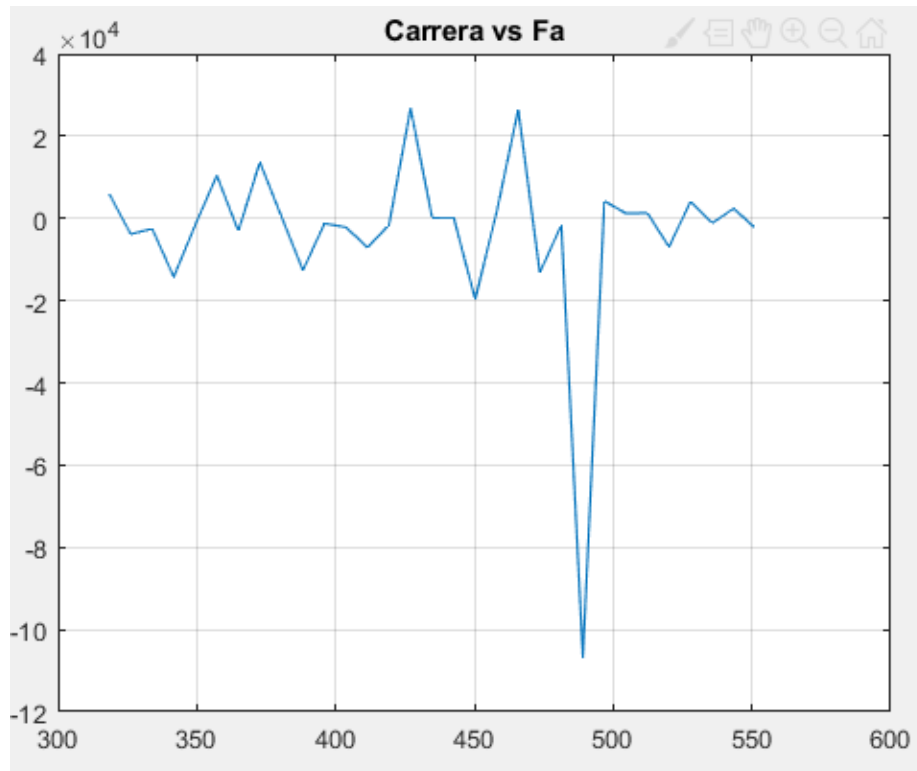


Ilustración 4-12: Carrera actuador vs Fuerza actuador.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 72, se observa la variación de fuerzas existentes en el punto A del mecanismo en donde se toma en cuenta el peso siempre se encuentra en posición vertical y dirigido hacia abajo en todo momento, que se compara con la posición final e inicial del actuador que nos da las fuerzas durante toda la ejecución del movimiento de manera que es posible seleccionar la posición mas critica de la silla de ruedas.

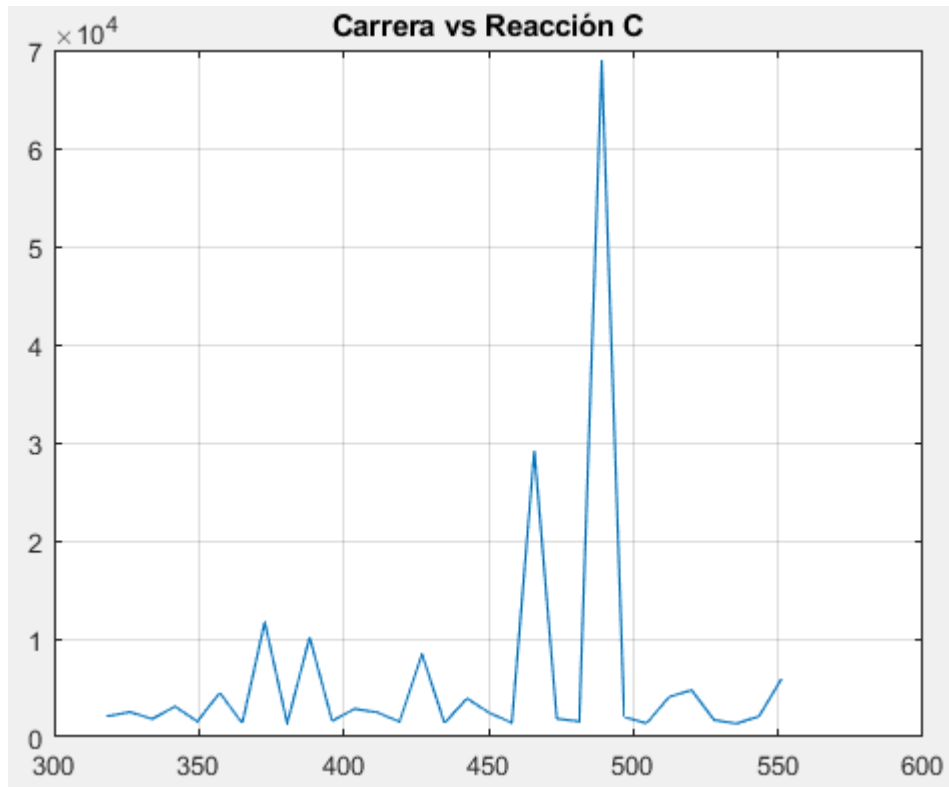


Ilustración 4-13: Carrera actuador vs reacción apoyo C.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 73, se observa la variación de fuerzas existentes en el punto C del mecanismo en donde se toma en cuenta el peso siempre se encuentra en posición vertical y dirigido hacia abajo en todo momento, que se compara con la posición final e inicial del actuador que nos da las fuerzas durante toda la ejecución del movimiento de manera que es posible seleccionar la posición más crítica de la silla de ruedas.

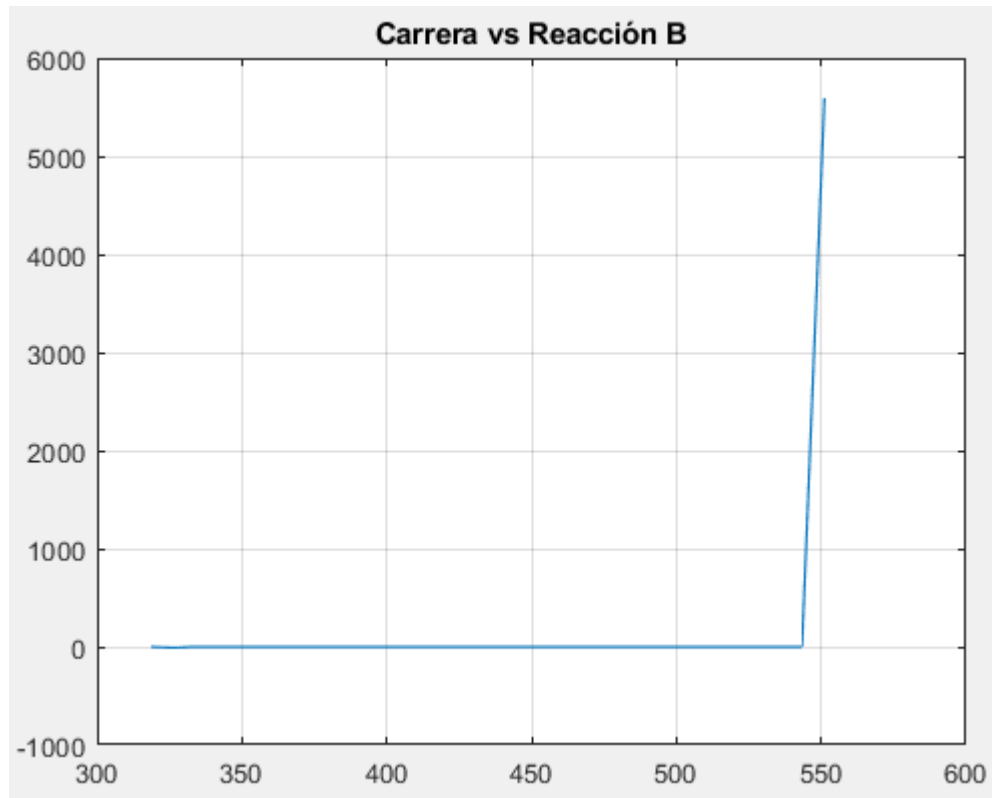


Ilustración 4-14: Carrera actuador vs reacción apoyo B.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 74, se observa la variación de fuerzas existentes en el punto B del mecanismo en donde se toma en cuenta el peso siempre se encuentra en posición vertical y dirigido hacia abajo en todo momento, que se compara con la posición final e inicial del actuador que nos da las fuerzas durante toda la ejecución del movimiento de manera que es posible seleccionar la posición más crítica de la silla de ruedas.

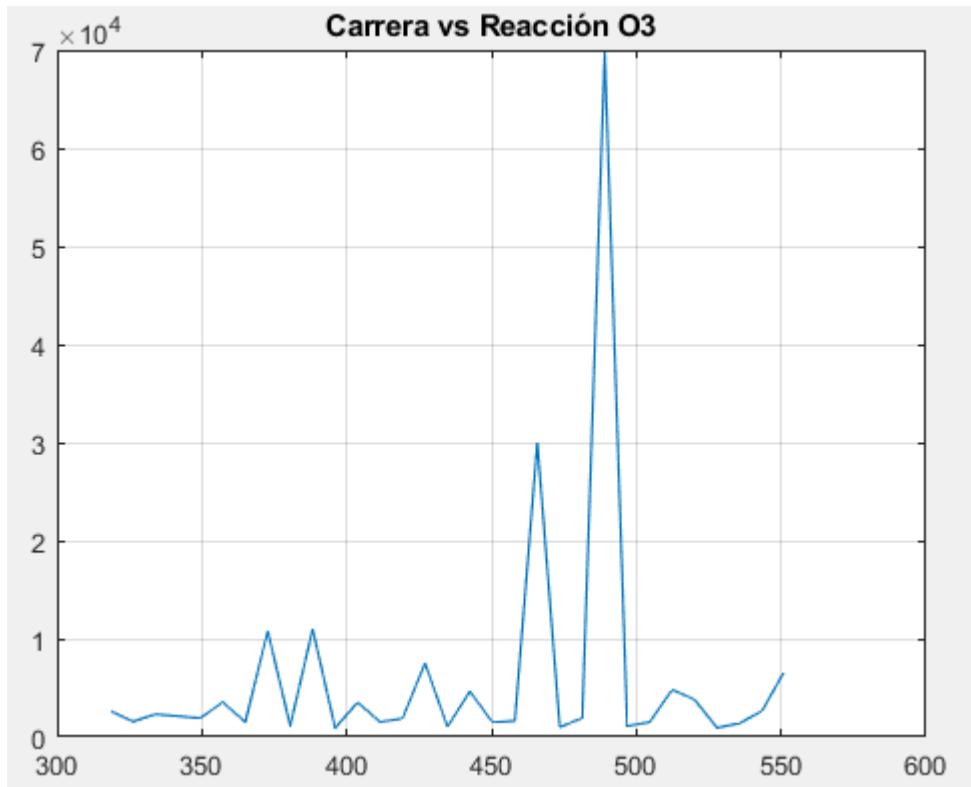


Ilustración 4-15: Carrera actuador vs reacción apoyo O3.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 75, se observa la variación de fuerzas existentes en el punto O3 del mecanismo en donde se toma en cuenta el peso siempre se encuentra en posición vertical y dirigido hacia abajo en todo momento, que se compara con la posición final e inicial del actuador que nos da las fuerzas durante toda la ejecución del movimiento de manera que es posible seleccionar la posición más crítica de la silla de ruedas.

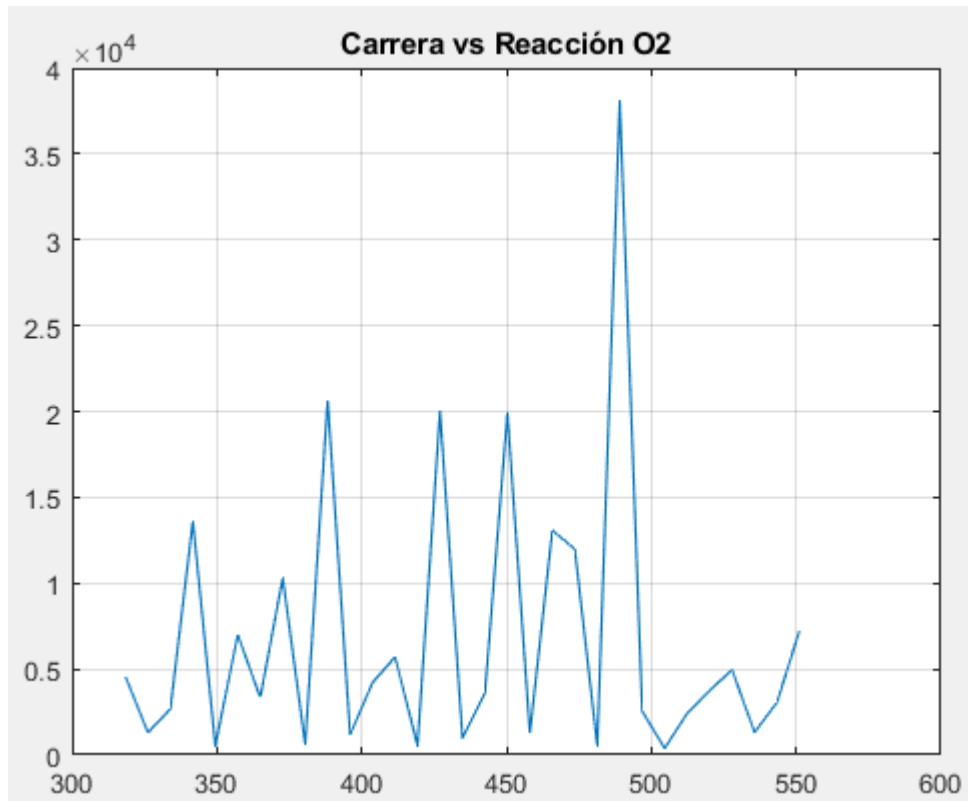


Ilustración 4-16: Carrera actuador vs reacción apoyo O2.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 76, se observa la variación de fuerzas existentes en el punto O2 del mecanismo en donde se toma en cuenta el peso siempre se encuentra en posición vertical y dirigido hacia abajo en todo momento, que se compara con la posición final e inicial del actuador que nos da las fuerzas durante toda la ejecución del movimiento de manera que es posible seleccionar la posición más crítica de la silla de ruedas.

4.3. Resultados ADAMS.

4.3.1. Resultado del eslabón del asiento.

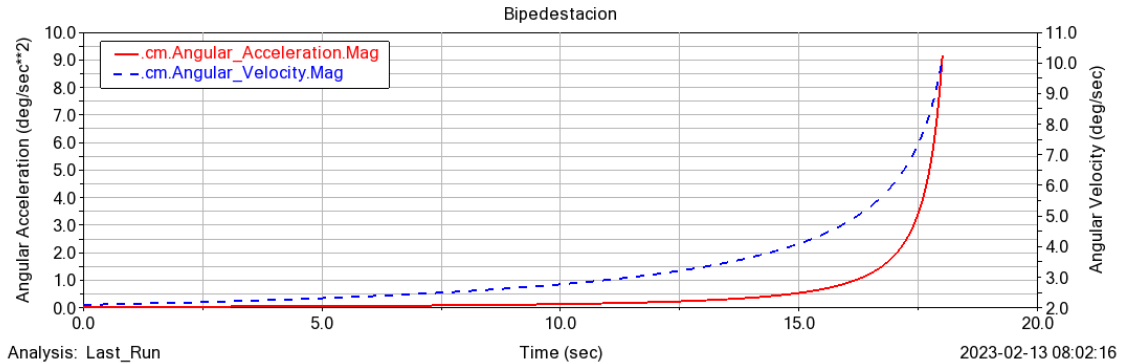


Ilustración 4-17: Velocidad y aceleración en el centro de masa del asiento del mecanismo.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 77, se distingue los resultados de aceleración angulares velocidad angular en función del tiempo que al comparar con los datos obtenidos en el software MATLAB son datos muy similares.

4.3.2. Resultado del asiento del usuario

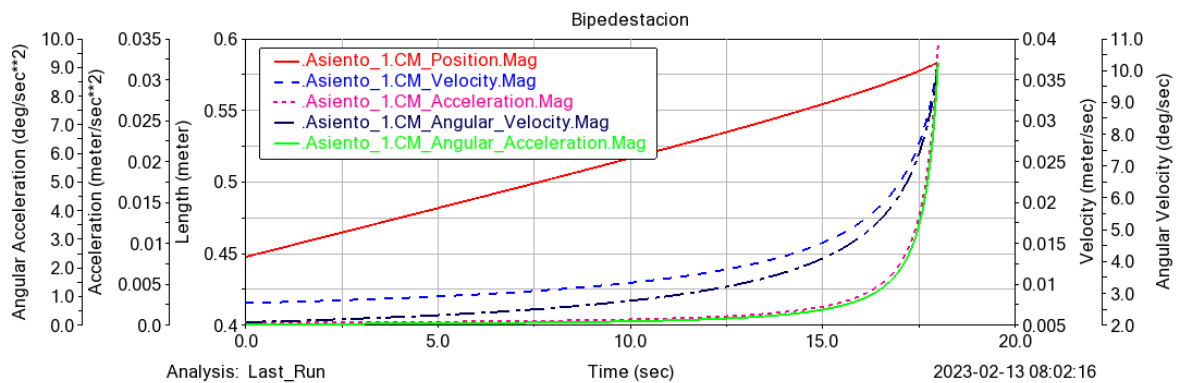


Ilustración 4-18: Datos cinéticos del asiento del usuario.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 78, se distingue los resultados de aceleración angulares velocidad angular en función del tiempo que al comparar con los datos obtenidos en el software MATLAB son datos muy similares.

4.3.3. Curvas del actuador lineal

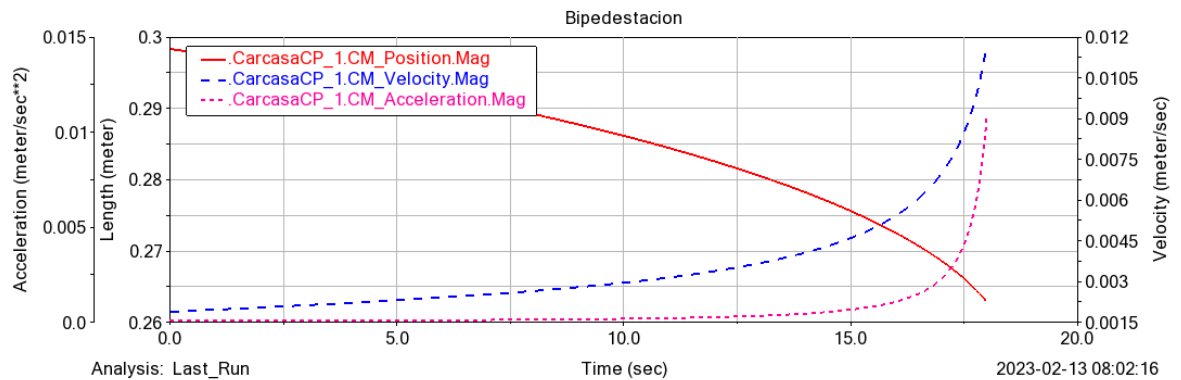


Ilustración 4-19: Datos cinéticos del actuador lineal.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 77, se distingue los resultados de aceleración angulares velocidad angular en función del tiempo que al comparar con los datos obtenidos en el software MATLAB son datos muy similares.

4.3.4. Curvas del espaldar

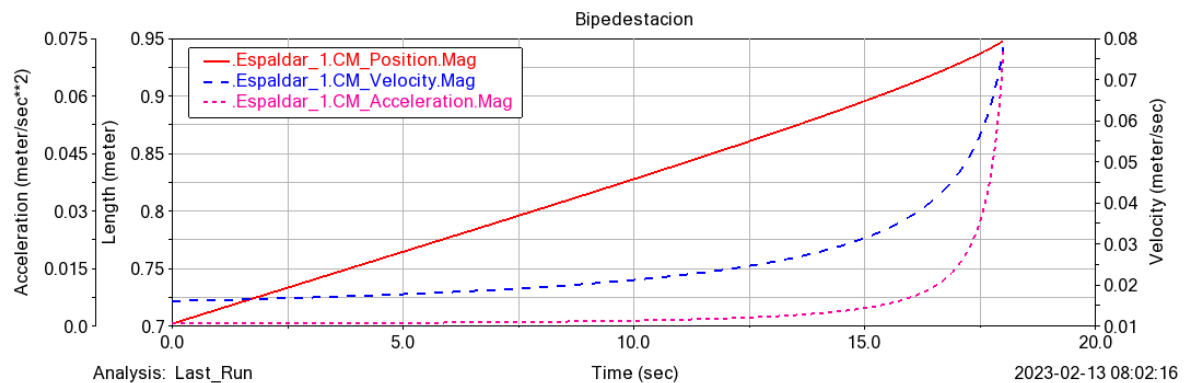


Ilustración 4-20: Datos cinéticos del espaldar.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 77, se distingue los resultados de aceleración angulares velocidad angular en función del tiempo que al comparar con los datos obtenidos en el software MATLAB son datos muy similares.

4.4. Resultados del análisis tensional ANSYS

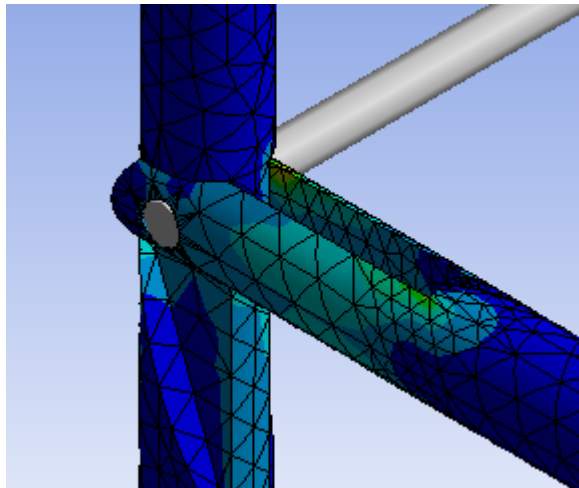


Ilustración 4-21: Análisis de esfuerzos la zona de unión.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 81 se observa los esfuerzos equivalentes son mayores en la parte donde se generan variación de geometría en la figura, y la malla se vuelve más uniforme en los puntos lejanos a los concentradores de esfuerzos.

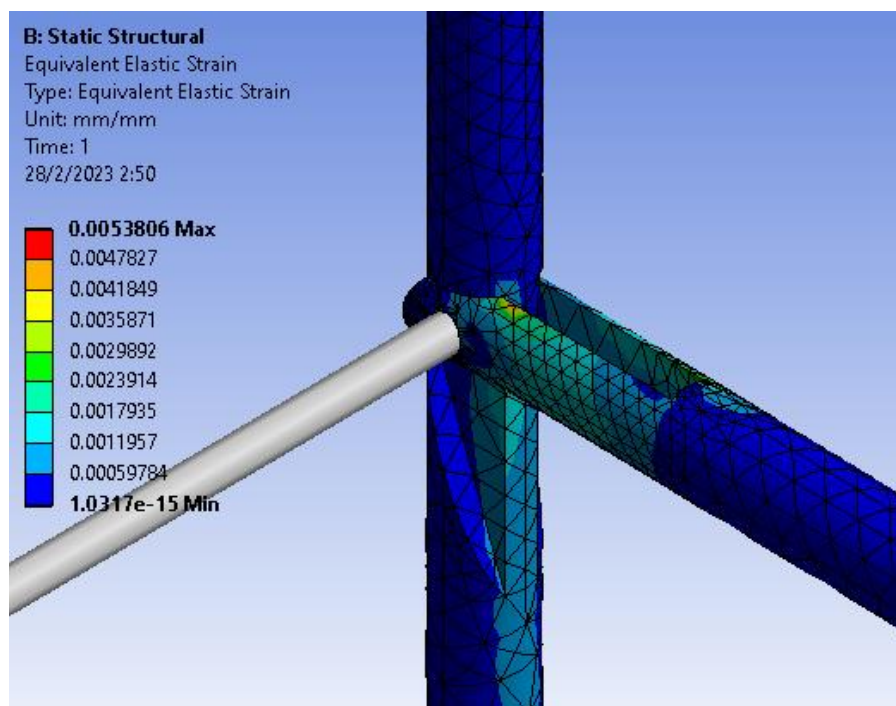


Ilustración 4-22: Deformación unitaria de la silla.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 82 se observa que la elongación unitaria máxima no supera la elongación permisible que se admite en la norma ISO.

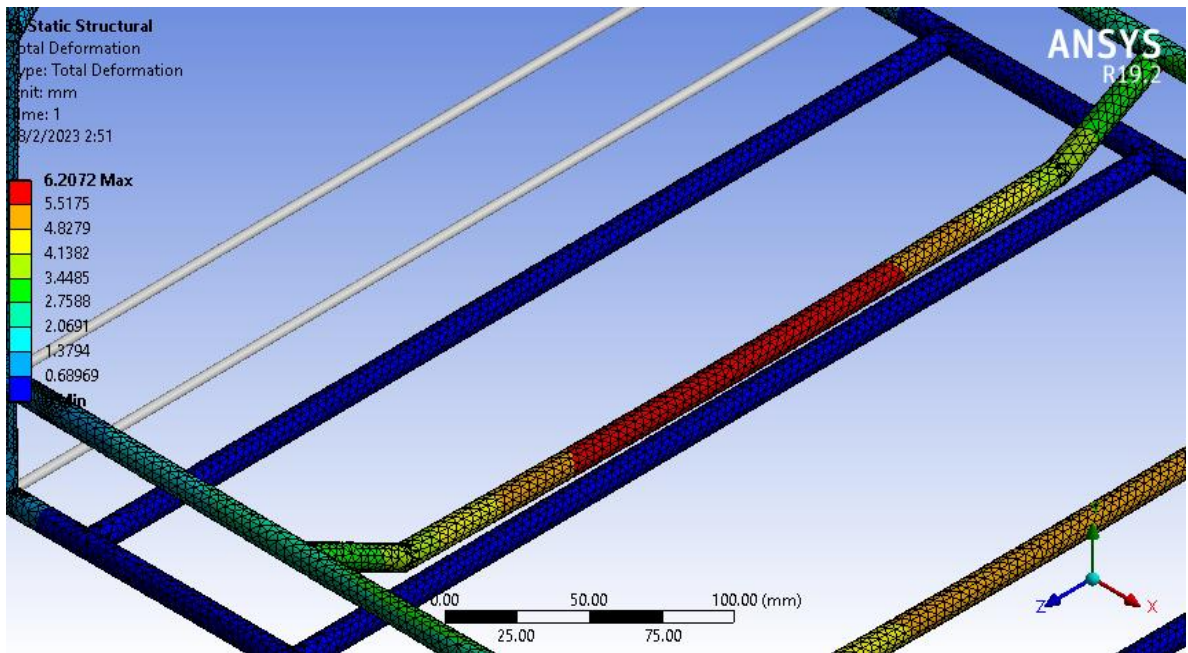


Ilustración 4-23: Deformación total.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 83 se muestra la deformación de la silla de ruedas a causa del peso de la persona ubicada, el cual se ubica en el centro de gravedad en la posición crítica.

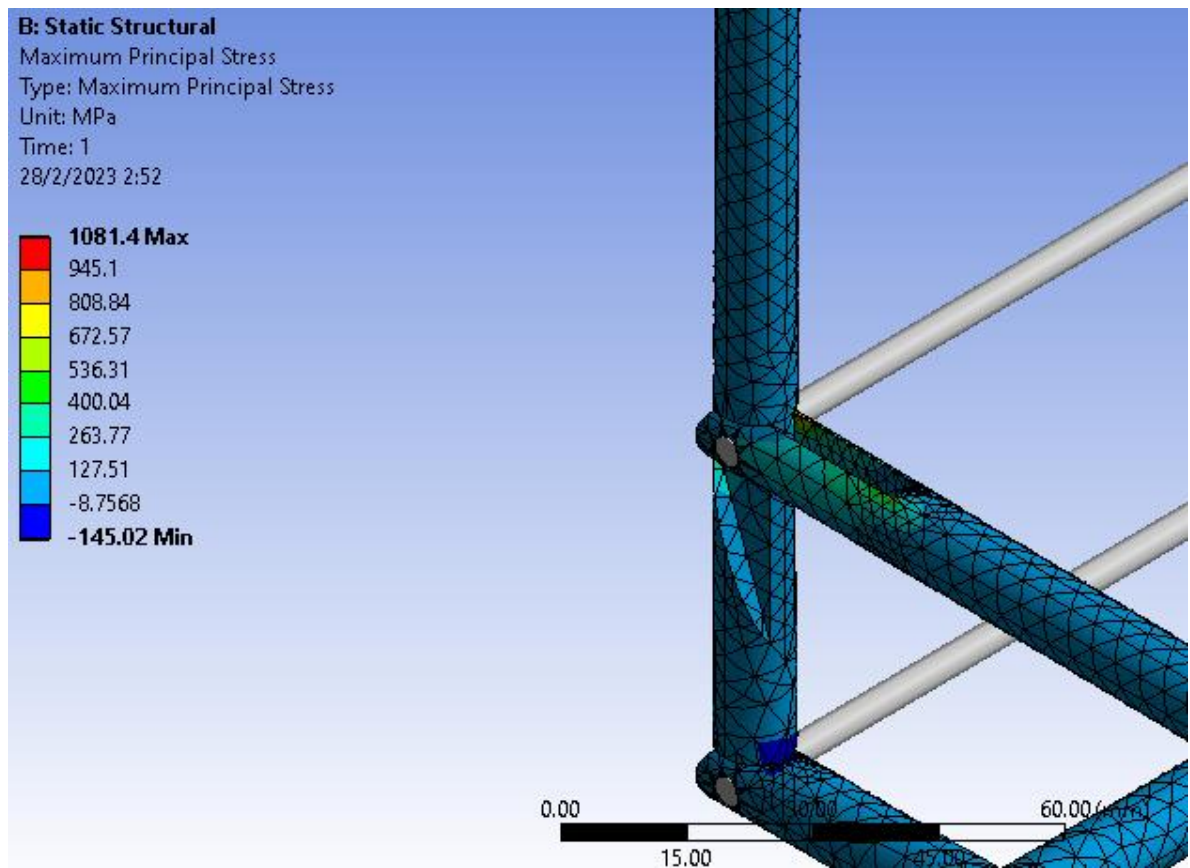


Ilustración 4-24: Esfuerzos máximos.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 84 se muestra los esfuerzos principales máximos en unidades de megapascuales de la silla de ruedas a causa del peso de la persona ubicada, el cual se ubica en el centro de gravedad en la posición crítica.

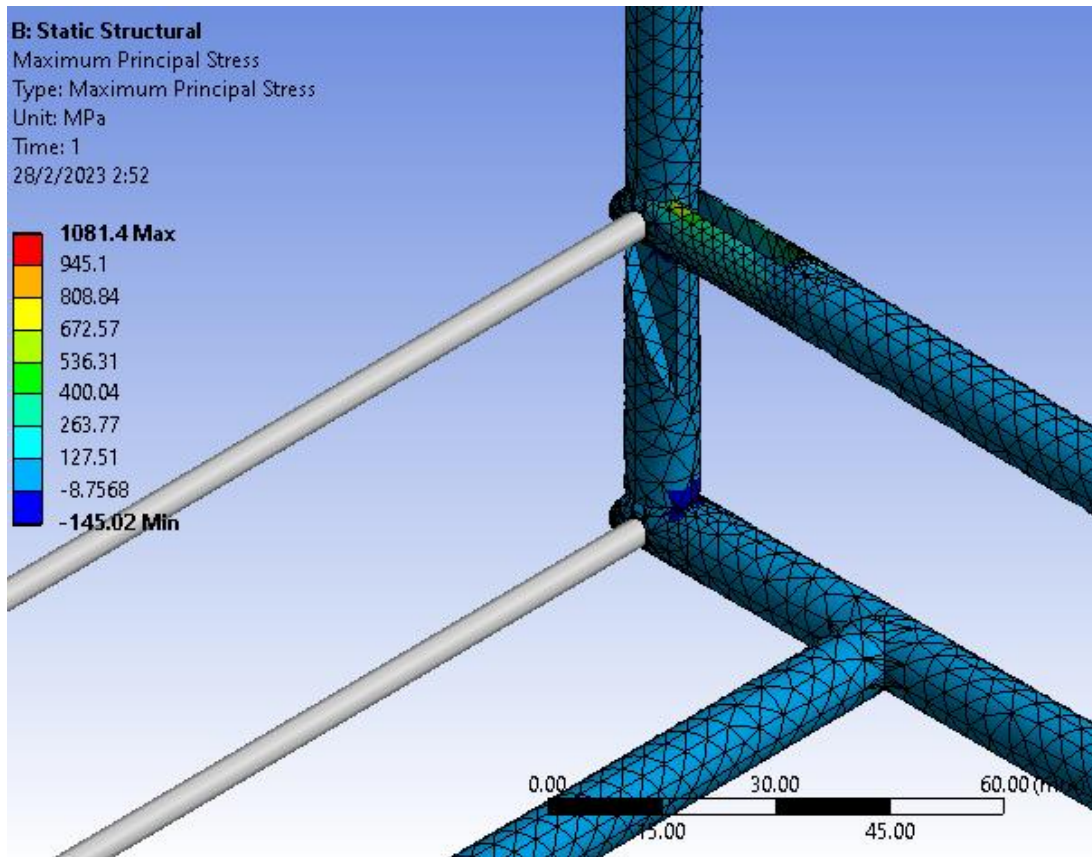


Ilustración 4-25: Análisis de esfuerzos máximos en zonas críticas.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 85 se muestra los esfuerzos principales máximos en unidades de megapascales de la silla de ruedas a causa del peso de la persona ubicada, el cual se ubica en el centro de gravedad en la posición crítica.

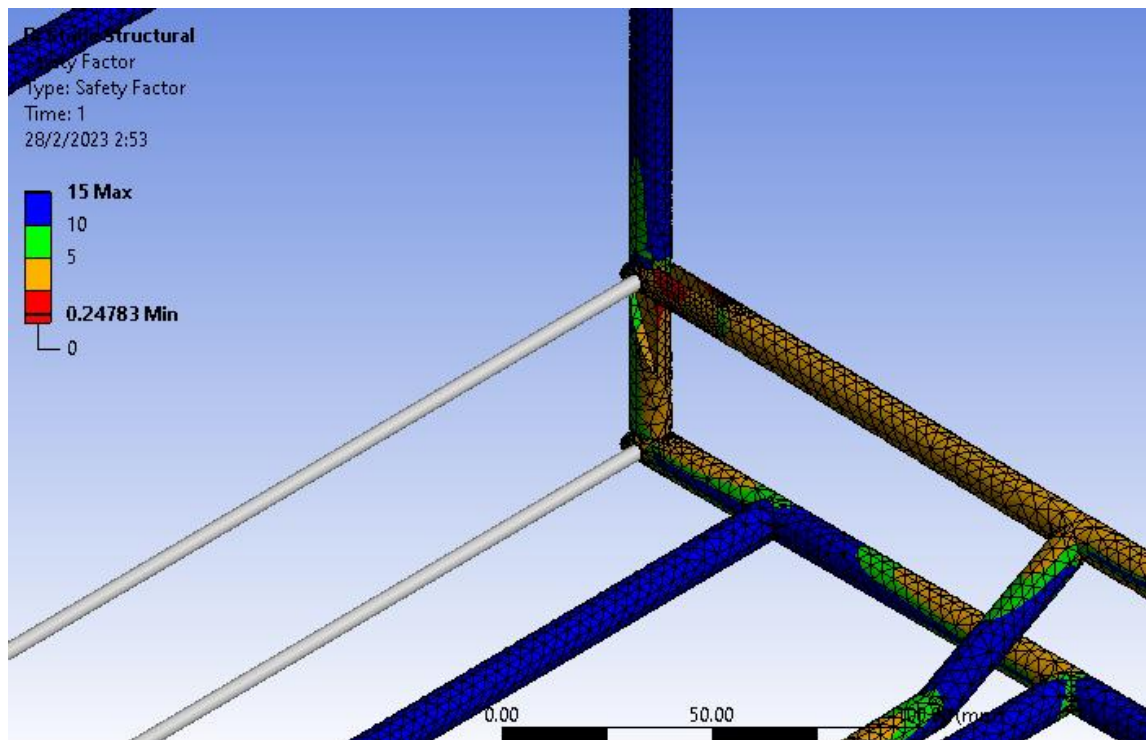


Ilustración 4-26: Factor de seguridad.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 86 se muestra el factor de seguridad de la silla de ruedas a causa del peso de la persona ubicada, el cual se ubica en el centro de gravedad en la posición crítica.

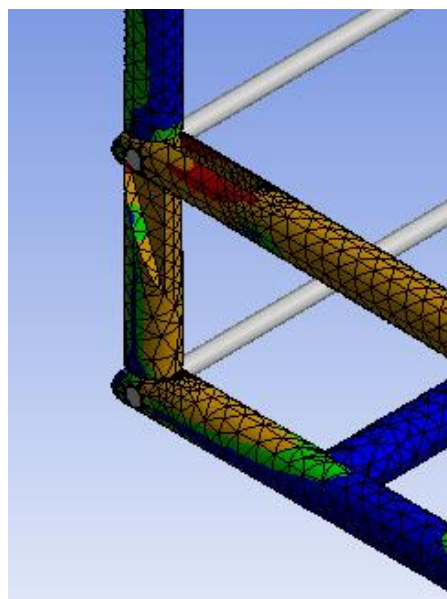


Ilustración 4-27: Análisis del factor de seguridad en zonas críticas.

Realizado por: Escobar Oscar, 2022

En la ilustración 87 se muestra el factor de seguridad de la silla de ruedas en zonas críticas a causa del peso de la persona ubicada, el cual se ubica en el centro de gravedad en la posición crítica.

CONCLUSIONES

- En la revisión bibliográfica al analizar los mecanismos de sillas bipedestadoras y sillas basculantes, en donde se determinó el mecanismo más seguro, sencillo, y que tenga una mejor adaptabilidad con los movimientos que realiza el cuerpo humano, de manera que la combinación de mecanismos sea sincrónica para llegar a lograr múltiples posiciones, el conjunto de mecanismos que es accionada por un actuador lineal eléctrico ayudara a que la persona logre alcanzar múltiples posiciones corporales siendo estas posiciones no invasivas para el cuerpo humano.
- Considerando las referencias obtenidas de la casa de la calidad se obtiene las condiciones fundamentales para desarrollar el diseño el cual se basa en la seguridad, el precio y las medidas adecuadas bajo la antropometría del cuerpo humanos, que en conjunto con el criterio ingenieril se obtiene las dimensiones adecuadas del mecanismo cuatro barras, y el mecanismo de riel, el cual componen el mecanismo bipedestador y basculante respectivamente.
- Al analizar el modelo mediante software de simulación de movimientos y con la ayuda de SolidWorks y ADAMS bajo diferentes condiciones de acción, como resultado de la bipedestación y la basculación al simular los mecanismos por separados, se llega a la conclusión que se requiere mecanismos de bloqueo para que una acción no interfiera con la otra, y para realizar un movimiento combinado y obtener múltiples posiciones es necesario que se obtenga un mecanismo de control automático que regule la velocidad de cada uno de los actuadores lineales.
- Mediante un análisis de fuerzas realizado en Matlab y verificado en ANSYS se ha determinado que el comportamiento de las fuerzas y esfuerzos en el material no causaran daños ni deterioros en el mismo que pueda llegar a fracturar desgastar el mecanismo haciéndolo obsoleto.

RECOMENDACIONES

- Continuar con el proyecto técnico para que se llegue a aplicar y favorecer a las personas de sillas de ruedas.
- Diseñar y fabricar el asiento y espaldar de la silla bipedestadora basculante para favorecer el movimiento de las personas con discapacidad

BIBLIOGRAFÍA

1. **AGOST, M.J. y VERGARA, M.** *Antropometria aplicada al diseno de producto* [en línea]. Universitat Jaume I. Servei de Comunicacio i Publicacions. ISBN 9788415444657, 2015. [Consulta: 28 octubre 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/42367>.
2. **ATARAMA DEL ÁGUILA, C.M.** *Diseño de una silla de ruedas con un mecanismo de posicionamiento bípedo*, 2021.
3. **AYALA ROJAS, L.E.** *Diseño y construcción de una silla bipedestadora para personas con discapacidad en sus miembros inferiores* [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2021. [Consulta: 24 septiembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14692>.
4. **BARRIENTOS, F., SANCHEZ, J. y GARCIA, J.** *Diseño de una silla de ruedas de cambios posturales y posiciones basicas para personas.* [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016. [Consulta: 24 septiembre 2022]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/jspui/handle/123456789/22389>.
5. **BATALLAS CONDOR, D.A.** *Diseño de una silla bipedestadora para terapias de rehabilitación y reeducación física para personas adultas con un peso máximo de 100 kg* [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2022. [Consulta: 24 septiembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16152>.
6. **CORONEY, J.** *Antropometria para diseñadores*, 1978.
7. **GALLEGO LOPEZ, A.** *Silla de ruedas con asiento basculante y sistema de bloqueo antirretorno bidireccional.* [en línea], 2021. [Consulta: 27 octubre 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/2454/40066>.
8. **GARCÍA-PORRERO, J.A., M. HURLE, J. y BENITEZ PADILLA, G.** *Anatomia humana* [en línea]. McGraw-Hill Espana. ISBN 9788448174798, 2013. [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/50188>.
9. **LUQUE BERNAL, R.M.** *Introduccion a la anatomia* [en línea]. Editorial Universidad del Rosario. ISBN 9789587848038, 2021. [Consulta: 7 septiembre 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/198503>.
10. **MARTÍNEZ SANZ, J.M. y ORTIZ MONCADA, M.** *Antropometria: Manual basico para estudios de salud publica, nutricion y epidemiologia nutricional.* [en línea], Universidad de Alicante, 2013. [Consulta: 10 octubre 2022]. Disponible en: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/28100/1/Martinez_y_Ortiz_ANTROPOMETRIA_manual_basico_SP_NC_y_Epi_2013.pdf.
11. **MIRALLES MARRERO, R. y PUIG CUNILLERA, M.** *Biomecanica clínica del*

aparato locomotor. ISBN 84-458-0728-5, 1998..

12. **NORTON, K. y OLDS, T.** *Antropometrica*, 1995.

13. **OSORIO ZAPATA, G.T.** *Guía de Orientación - Corrección postural, prevención de la inmovilidad y fomento de la actividad física*. Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO), 2014, pp. 1-42.

14. **OSUNA PEREZ, M.C.** *Fisioterapia y adulto mayor* [en línea]. Universidad de Jaen. ISBN 9788484397229, 2013. [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/54983>.

ANEXOS

ANEXO A: CODIGO DE CALCULO MANUAL DE MATLAB.

```
clc
clear all
close all

global s OO1 O2A OO2 O2B BC O3C O2O3
OO1=175
O2A=295
OO2=300
O2B=440
BC=50
O3C=440
O2O3=50
BP=350
OCm2=211.25
O3C4=218.675
OCm4=234.25
OC3=149.475
OCm3=207.23
w2=(0.277*9.8)
Fiy=980
w4=(0.258*9.8)
Fix=506.984
w3=(0.2363*9.8)
%Velocidad del actuador

V=1
%aceleracion del actuador
a=0

%Coordenadas actuador lineal

so=318.437
sf=551.16

%Posiciones a analizar

n=30
inc=(sf-so)/n

xi=[70 180 90 180]
for i=1:1:n+1
    if i==1
        s=so
    else
        s=s+inc
    end
    q=fsolve(@bipedestador,xi);

    o5(i,1)=q(1,1);
    o2(i,1)=q(1,2);
    o3(i,1)=round(q(1,3),0);
    o4(i,1)=q(1,4);
    carr(i,1)=s;

    %Posiciones
```

```

Px=O2*cosd(90)+O2B*cosd(o2(i,1))+BP*cosd(o3(i,1));
Py=O2*sind(90)+O2B*sind(o2(i,1))+BP*sind(o3(i,1));
Psx(i,1)=Px;
Psy(i,1)=Py;
P(i,1)=(Px^2+Py^2)^(1/2);

%Velocidades

%Jacobiano
%W5          W2          W3          W4
J=[-s*sind(o5(i,1))  O2A*sind(o2(i,1))  0          0;
   s*cosd(o5(i,1))  -O2A*cosd(o2(i,1))  0          0;
   0                -O2B*sind(o2(i,1))  -BC*sind(o3(i,1))
O3C*sind(o4(i,1))
   0                O2B*cosd(o2(i,1))  BC*cosd(o3(i,1)) -
O3C*cosd(o4(i,1))];

%Matriz B
B=[-V*cosd(o5(i,1));
   -V*sind(o5(i,1));
   0;
   0];

W=inv(J)*B;

W5(i,1)=W(1,1);
W2(i,1)=W(2,1);
W3(i,1)=W(3,1);
W4(i,1)=W(4,1);

%Velocidades

%Jacobiano
%alp5          alp2          alp3          alp4
Ja=[-s*sind(o5(i,1))  O2A*sind(o2(i,1))  0          0;
   s*cosd(o5(i,1))  -O2A*cosd(o2(i,1))  0          0;
   0                -O2B*sind(o2(i,1))  -BC*sind(o3(i,1))
O3C*sind(o4(i,1))
   0                O2B*cosd(o2(i,1))  BC*cosd(o3(i,1)) -
O3C*cosd(o4(i,1))];

%Matriz Ba
Ba=[-a*cosd(o5(i,1))+2*V*W5(i,1)*sind(o5(i,1))-
s*W5(i,1)^2*cosd(o5(i,1))+O2A*W2(i,1)^2*cosd(o2(i,1));
   -a*sind(o5(i,1))-
2*V*W5(i,1)*cosd(o5(i,1))+s*W5(i,1)^2*sind(o5(i,1))-
O2A*W2(i,1)^2*sind(o2(i,1));
   O2B*W2(i,1)*cosd(o2(i,1))+BC*W3(i,1)*cosd(o3(i,1))-
O3C*W4(i,1)*cosd(o4(i,1));
   O2B*W2(i,1)*sind(o2(i,1))+BC*W3(i,1)*sind(o3(i,1))-
O3C*W4(i,1)*sind(o4(i,1))];

alp=inv(Ja)*Ba;

alp5(i,1)=alp(1,1);
alp2(i,1)=alp(2,1);
alp3(i,1)=alp(3,1);
alp4(i,1)=alp(4,1);

```

```

%Fuerzas
F=[1 0 1 0
0 0 0 0 0;
0 1 0 0 0;
0 0 0 0 0;
-BC*cos(o3(i,1)) -BC*sin(o3(i,1)) 0 0
0 0 0 0 0;
-1 0 0 0 0;
1 0 0 0 0;
0 0 0 0 0;
-1 0 0 0 0;
0 1 0 0 0;
O3C*sin(o4(i,1)) O3C*cos(o4(i,1)) 0 0
0 0 0 0 0;
0 0 0 0 0;
0 0 1 0 sin(o5(i,1));
0 0 0 0 0;
0 0 0 1 -cos(o5(i,1));
0 0 0 0 0 O2B*cos(o2(i,1))
O2B*sin(o2(i,1)) 0 0 0 0 O2A*cos(o5(i,1))*sin(o2(i,1))-
O2A*sin(o5(i,1))*cos(o2(i,1))]
Vi=[w3;
Fix;
-Fix*OC3*sin(o3(i,1))-w3*OCm3*cos(o3(i,1));
Fiy+w4;
0;
-Fiy*O3C4*cos(o4(i,1))-w4*OCm4*cos(o4(i,1));
w2;
0;
-w2*OCm2*cos(o2(i,1))]
Rc=inv(F)*Vi
Cy(i,1)=Rc(1,1);
Cx(i,1)=Rc(2,1);
By(i,1)=Rc(3,1);
Bx(i,1)=Rc(4,1);
O3y(i,1)=Rc(5,1);
O3x(i,1)=Rc(6,1);
O2y(i,1)=Rc(7,1);
O2x(i,1)=Rc(8,1);
Fa(i,1)=Rc(9,1);
C(i,1)=(Cy(i,1)^2+Cx(i,1)^2)^(0.5)
B(i,1)=(By(i,1)^2+Bx(i,1)^2)^(0.5)
O3(i,1)=(O3y(i,1)^2+O3x(i,1)^2)^(0.5)
O2(i,1)=(O2y(i,1)^2+O2x(i,1)^2)^(0.5)
end
figure
plot(carr,o5)
title('Relación carrera ángulo del actuador')
grid on
figure
plot(carr,o2)
title('Relación carrera ángulo del eslabón 2')
grid on
figure
plot(carr,o3)
title('Relación carrera ángulo del eslabón 3')
grid on
figure
plot(carr,o4)
title('Relación carrera ángulo del eslabón 4')

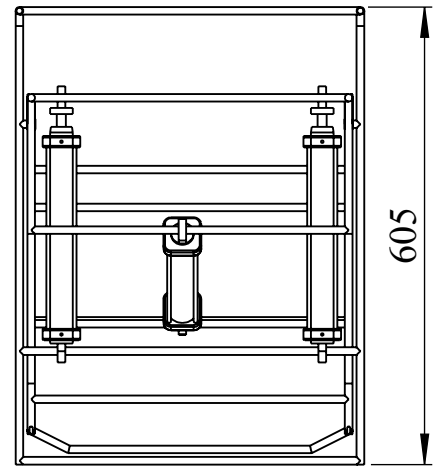
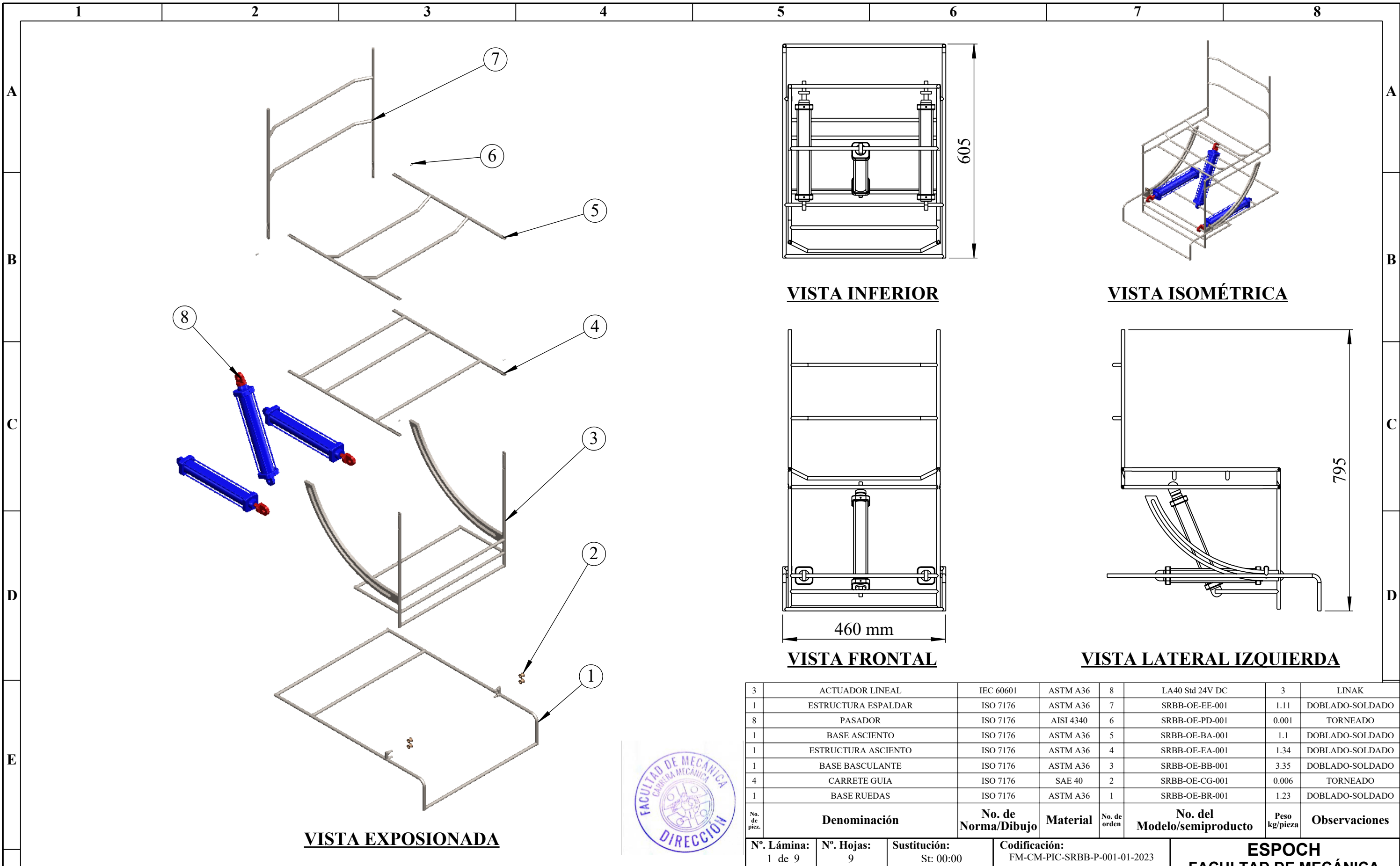
```

```

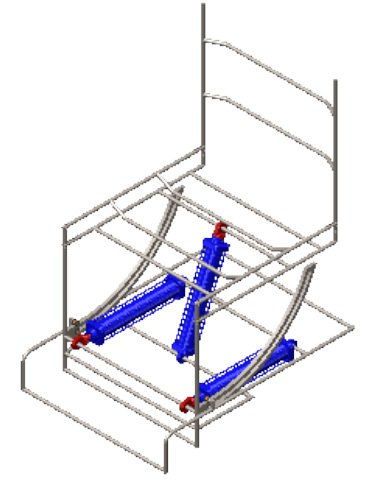
grid on
figure
plot(Psx,Psy)
title('Curva de desplazamiento Espaldar')
grid on
figure
plot(carr,W5)
title('Carrera vs velocidad angular del actuador')
grid on
figure
plot(carr,W2)
title('Carrera vs velocidad angular del mecanismo')
grid on
figure
plot(carr,W3)
title('Carrera vs velocidad angular del Espaldar')
grid on
figure
plot(carr,W4)
title('Carrera vs velocidad angular del mecanismo')
grid on
figure
plot(carr,alp5)
title('Carrera vs aceleración angular del actuador')
grid on
figure
plot(carr,alp2)
title('Carrera vs aceleración angular del mecanismo')
grid on
figure
plot(carr,alp3)
title('Carrera vs aceleración angular del Espaldar')
grid on
figure
plot(carr,alp4)
title('Carrera vs aceleración angular del mecanismo')
grid on
figure
plot(carr,Fa)
title('Carrera vs Fa')
grid on
figure
plot(carr,C)
title('Carrera vs Reacción C')
grid on
figure
plot(carr,B)
title('Carrera vs Reacción B')
grid on
figure
plot(carr,O3)
title('Carrera vs Reacción O3')
grid on
figure
plot(carr,O2)
title('Carrera vs Reacción O2')
grid on

```

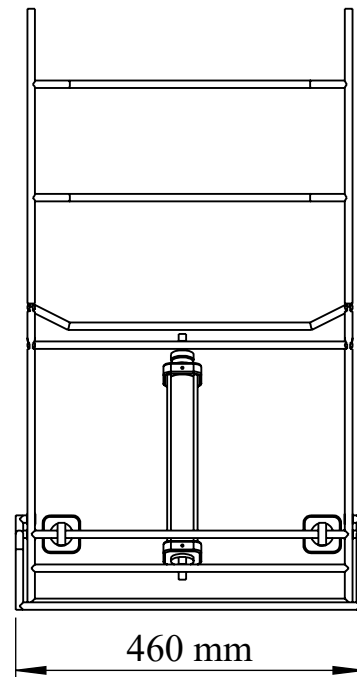

ANEXO B: PLANOS.



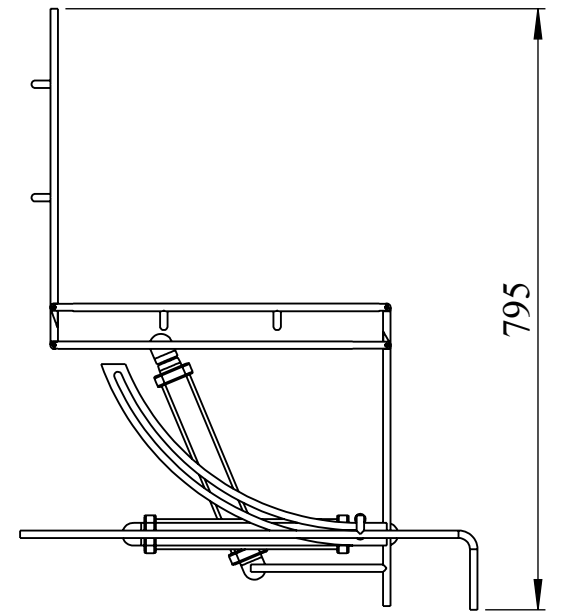
VISTA INFERIOR



VISTA ISOMÉTRICA



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL IZQUIERDA

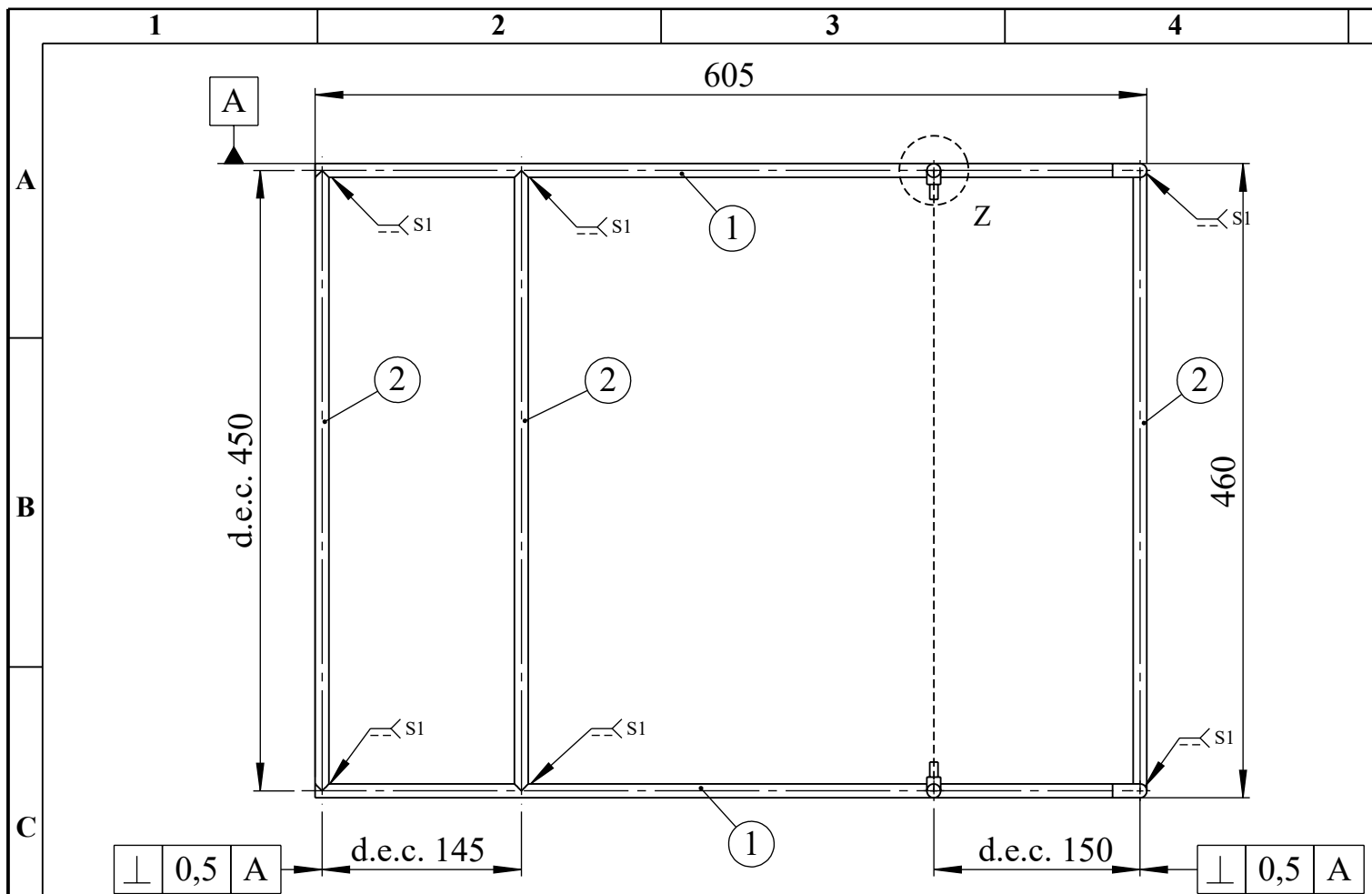
No. de pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones
3	ACTUADOR LINEAL	IEC 60601	ASTM A36	8	LA40 Std 24V DC	3	LINAK
1	ESTRUCTURA ESPALDAR	ISO 7176	ASTM A36	7	SRBB-OE-EE-001	1.11	DOBLADO-SOLDADO
8	PASADOR	ISO 7176	AISI 4340	6	SRBB-OE-PD-001	0.001	TORNEADO
1	BASE ASCIENTO	ISO 7176	ASTM A36	5	SRBB-OE-BA-001	1.1	DOBLADO-SOLDADO
1	ESTRUCTURA ASCIENTO	ISO 7176	ASTM A36	4	SRBB-OE-EA-001	1.34	DOBLADO-SOLDADO
1	BASE BASCULANTE	ISO 7176	ASTM A36	3	SRBB-OE-BB-001	3.35	DOBLADO-SOLDADO
4	CARRETE GUIA	ISO 7176	SAE 40	2	SRBB-OE-CG-001	0.006	TORNEADO
1	BASE RUEDAS	ISO 7176	ASTM A36	1	SRBB-OE-BR-001	1.23	DOBLADO-SOLDADO



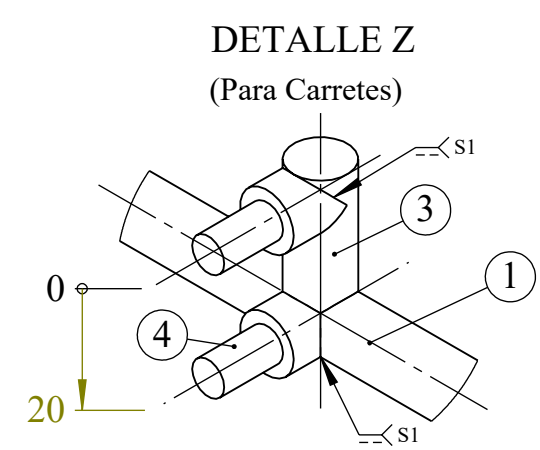
NOTAS GENERALES

1. TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS [PULGADAS], A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
2. AL MONTAR LOS PASADORES, SE RECOMIENDA LUBRICAR LA SUPERFICIE, ASI EVITAR EL CONTACTO, METAL CON METAL, GENERANDO UNA PELICULA DE LUBRICACION QUE FACILITE EL MOVIMIENTO ENTRE LAS UNIONES.
3. TODO EL EQUIPO SE DESARROLLO BAJO MECANIZACIÓN CON ES LABONES, CUMPLIENDO CON NORMAS TÉCNICAS DE ERGONOMIA ISO 9241.

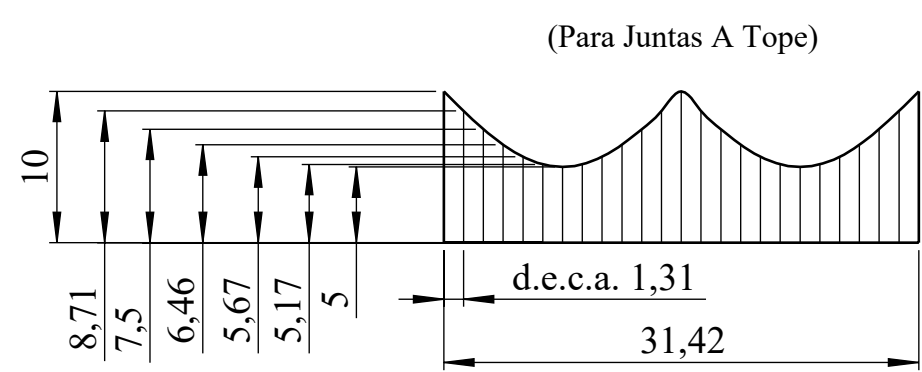
Nº. Lámina: 1 de 9	Nº. Hojas: 9	Sustitución: St: 00:00	Codificación: FM-CM-PIC-SRBB-P-001-01-2023	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA				
Email: oscarlescobar94@gmail.com/oscar.escobar@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0998292589			Denominación: SILLA BIPEDESTADORA BASCULANTE					Peso [Kg] 17.162
Datos Nombre Firma Fecha			Materiales: SEGUN DISEÑO		ESTE DOCUMENTO ES DE PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE ESCOBAR L OSCAR CUALQUIER USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Proyectó Escobar O. 20/10/2022			Nombre de archivo: SILLA BIPEDESTADORA.sldprt					
Dibujó Escobar O. 29/10/2022								
Revisó Ing. López S. 06/01/2023								
Aprobó Ing. Aquino S. 10/06/2023								



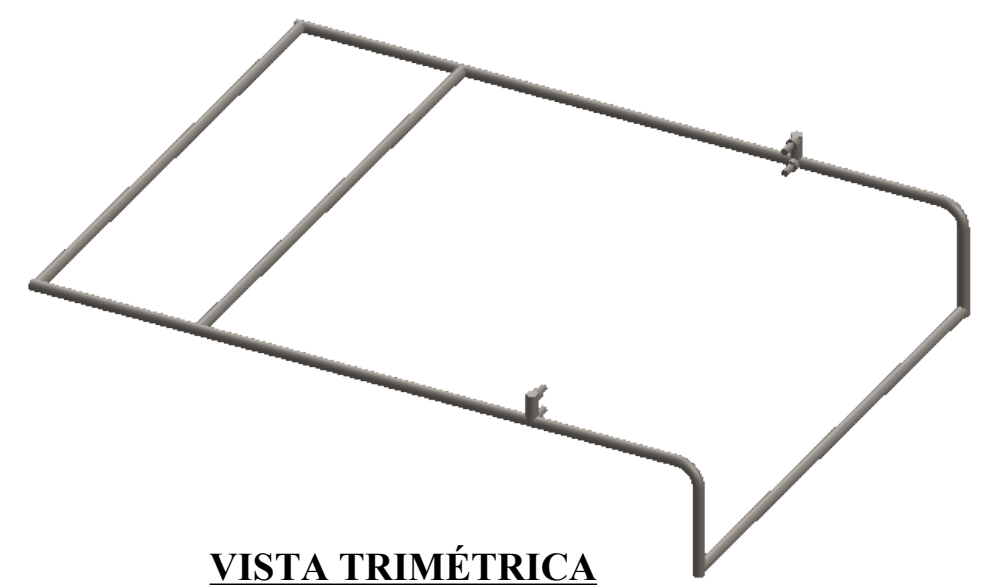
VISTA SUPERIOR



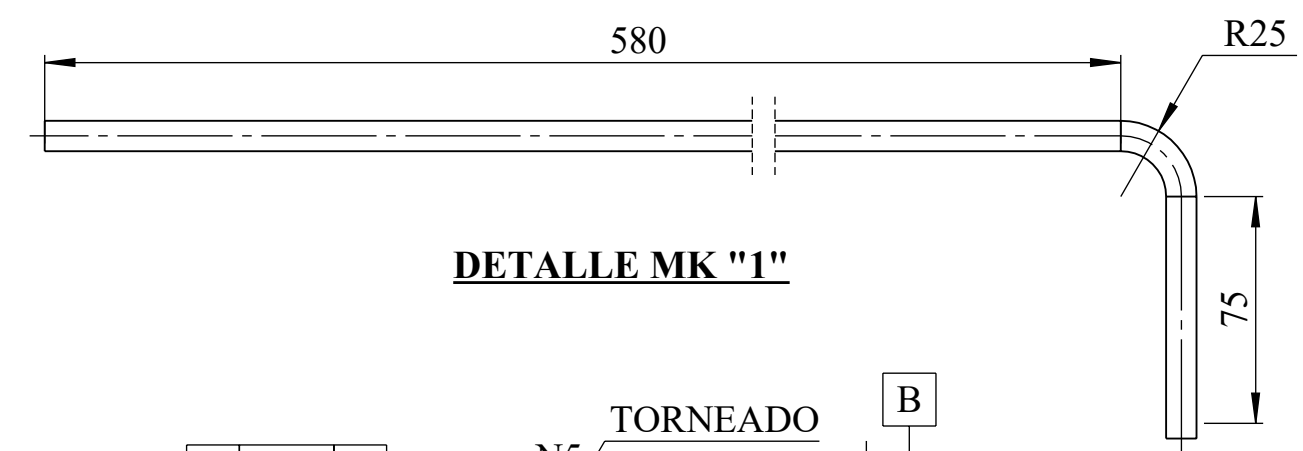
DETALLE Z
(Para Carretes)



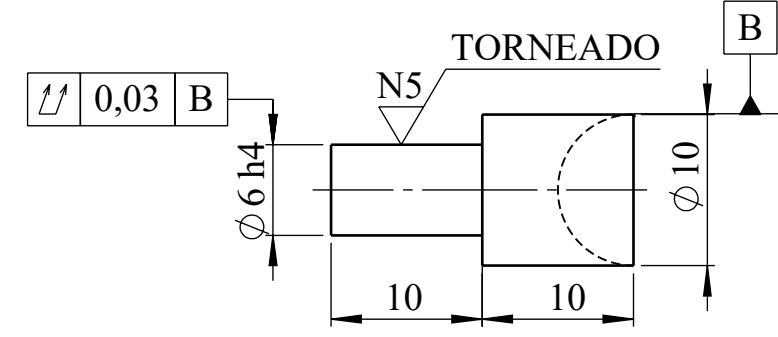
DETALLE DESARROLLO



VISTA TRIMÉTRICA



DETALLE MK "1"



DETALLE MK "4"

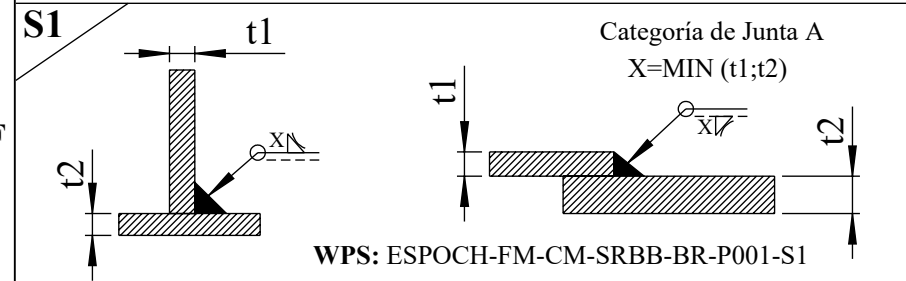


NOTAS GENERALES

1. EL DETALLE DEL DESARROLLO, PERMITE UNIR LAS JUNTAS A TOPE, MISMO DESARROLLO QUE DEBERA ESTAR DE FORMA COLINEAL A LA ARISTA MAYOR DEL CORTE (LG).

4	4	PERFIL VLR 10x20LG	ASTM A 36	0.0124	0.025	DESARROLLO
3	2	PERFIL VLR 10x25LG	ASTM A 36	0.016	0.031	DESARROLLO
2	3	PERFIL VLR 10x450LG	ASTM A 36	0.279	0.837	DESARROLLO
1	2	PERFIL VLR 10x700LG	ASTM A 36	0.434	0.868	CORTE RECTO
MK	Cant.	Descripción	Material	P. Unit. [Kg]	P. Total [Kg]	Observaciones

DETALLE DE SOLDADURA



ALINEAMIENTO Y TOLERANCIA DE SOLDADURA	
Categoría de Junta	Compensación Máxima Permitida
A	1[5/128]xt=1[5/128]
B	1[5/128]xt=10[3/8]
SOLDADURA DE FILETE	
Longitud de Pierna	Tolerancia
Menos de 1[5/128]	-0/+1[5/128]
Sobre 1[5/128] a 10[3/8]	-0/+1[5/128]
De 10[3/8] a 10[3/8]	-0/+10[3/8]

Nº. Lámina: 2 de 9	Nº. Hojas: 9	Sustitución: St: 02:00	Codificación: FM-CM-PIC-SRBB-BR-P-001-01-2023
Email: oscarescobar94@gmail.com/oscar.escobar@esPOCH.edu.ec			
Teléfonos: 0998292589			
Datos	Nombre	Firma	Fecha
Proyectó	Escobar O.		20/10/2022
Dibujó	Escobar O.		29/10/2022
Revisó	Ing. López S.		06/01/2023
Aprobó	Ing. Aquino S.		10/06/2023

Denominación:	
BASE RUEDAS	
Material:	
ASTM A 36	
Nombre de archivo:	
BASE RUEDAS.sldprt	

ESPOCH
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
1.23	±0.3 [mm]	1:5	

ESTE DOCUMENTO ES DE PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE: ESCOBAR L OSCAR CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY

1

2

3

4

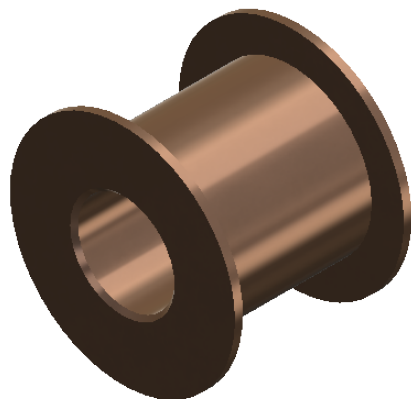
A

B

C

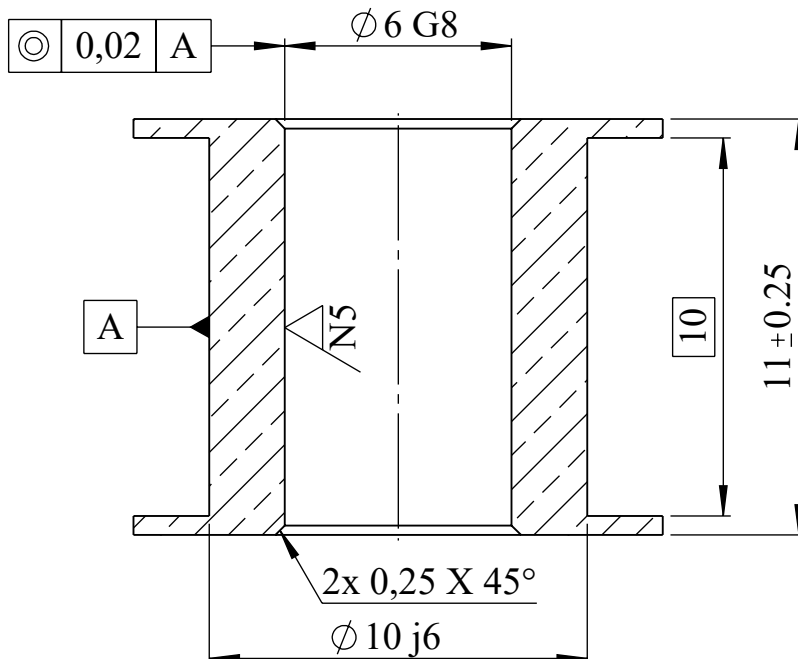
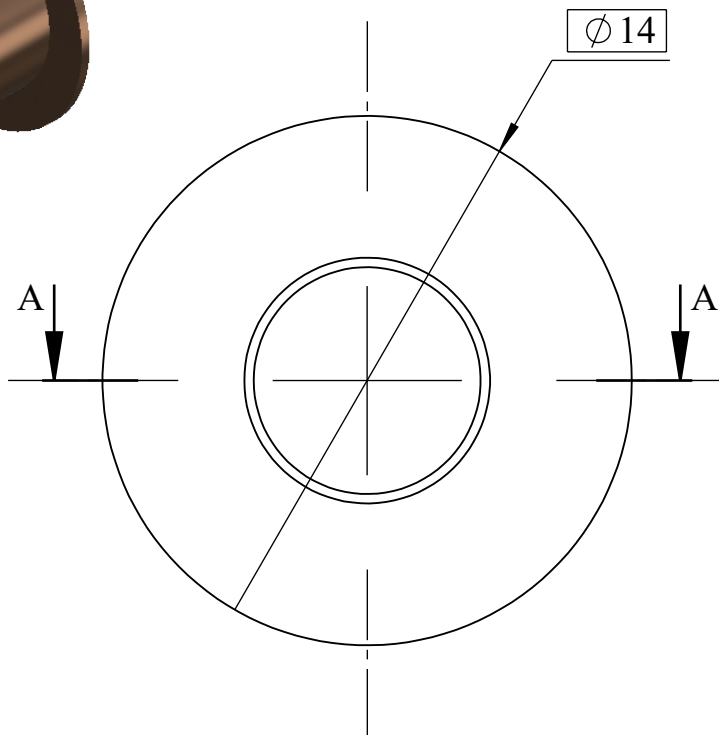
D

E



TORNEADO

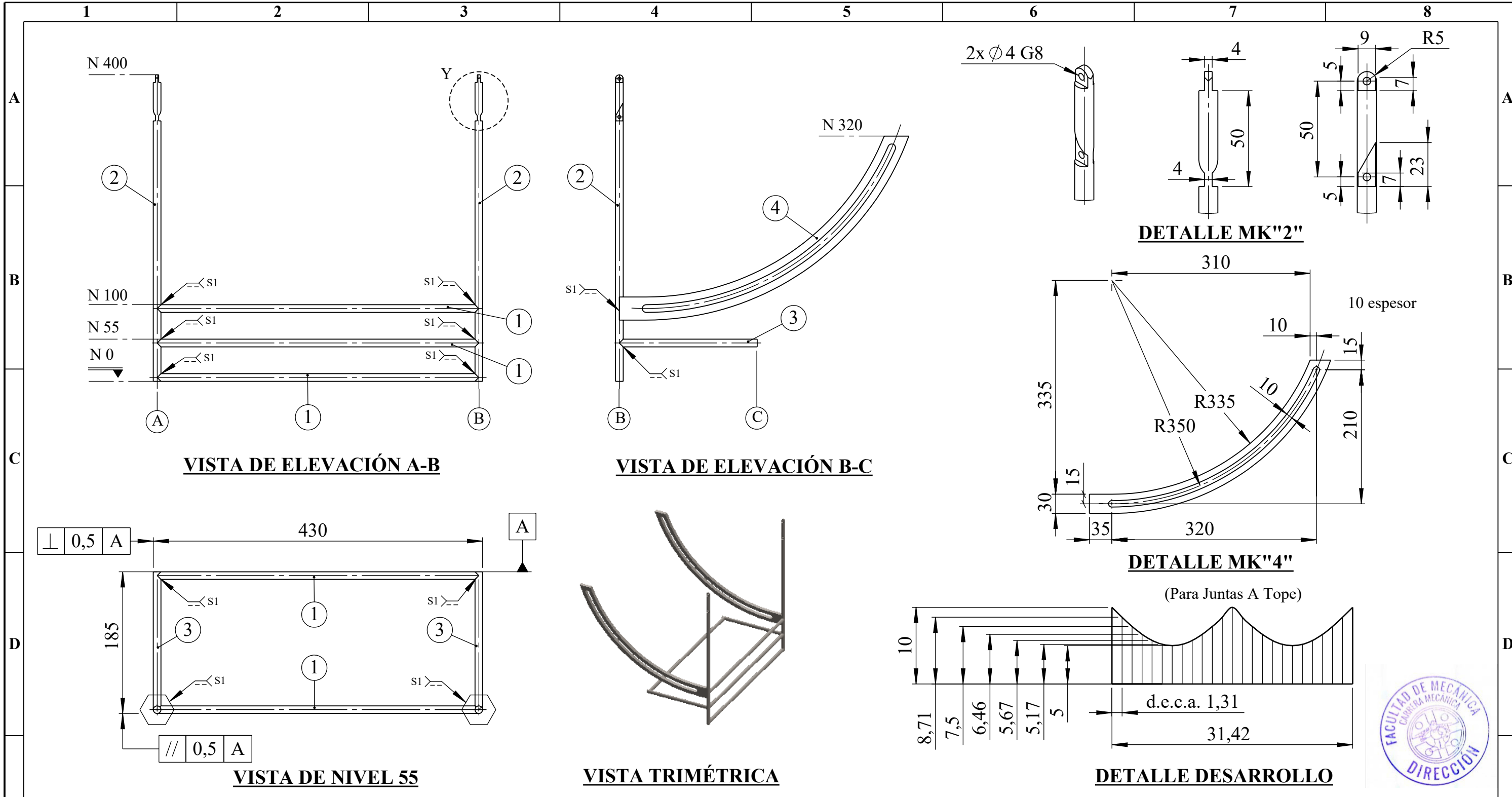
N6 Todas las Superficies, excepto donde se indique otra cosa.



SECCIÓN A-A



N°. Lámina: 3 de 9		N°. Hojas: 9		Sustitución: St: 02:00		Codificación: FM-CM-PIC-SRBB-CG-P-001-01-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA				
Email: oscar.escobar94@gmail.com/oscar.escobar@esPOCH.edu.ec						Denominación:						Peso [Kg]
Teléfonos: 0960807537						CARRETE GUIA		0.006	± 0.3 [mm]	5:1		
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales:				<small>ESTE DOCUMENTO ES DE PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: ESCOBAR L. OSCAR CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>				
Proyectó	Escobar O.		20/10/2022	BRONCE SAE 40								
Dibujó	Escobar O.		29/10/2022	Nombre de archivo:								
Revisó	Ing. López S.		06/01/2023	CARRETE GUIA.sldprt								
Aprobó	Ing. Aquino S.		10/06/2023									

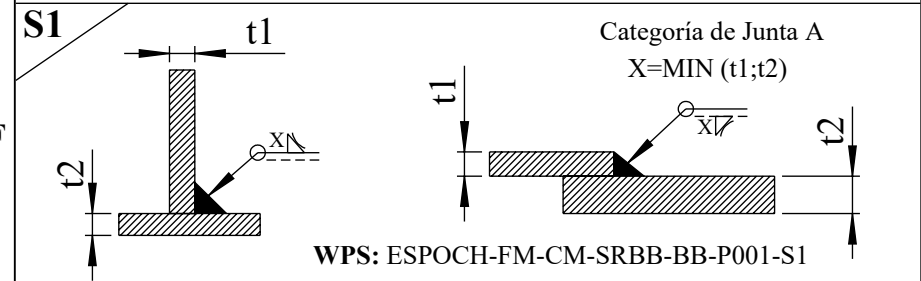


NOTAS GENERALES

1. EL MECANIZADO DEL ESLABON "MK 4", ES EN UNA PLANCHA ENTERA CON MEIDAS COMO ESPECIFICA LA LISTA DE CORTES, SIGUIENDO LOS DETALLLES PRESENTES EN LA UBICACIÓN B-C/7.

MK	Cant.	Descripción	Material	P. Unit. [Kg]	P. Total [Kg]	Observaciones
4	4	PL 370x240x10	ASTM A 36	1.41	1.41	DESARROLLO
3	2	PERFIL VLR 10x180LG	ASTM A 36	0.112	0.223	DESARROLLO
2	2	PERFIL VLR 10x400LG	ASTM A 36	0.248	0.496	DESARROLLO
1	4	PERFIL VLR 10x420LG	ASTM A 36	0.26	1.042	CORTE RECTO

DETALLE DE SOLDADURA

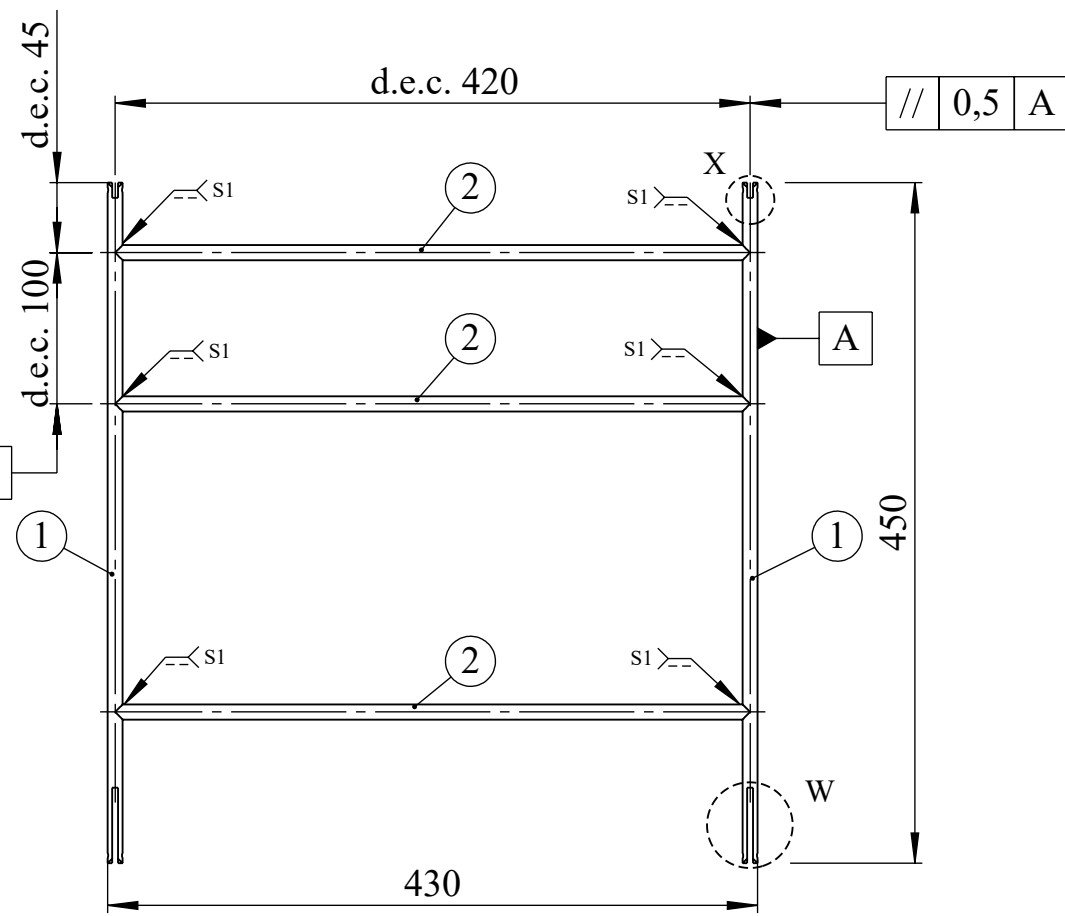


ALINEAMIENTO Y TOLERANCIA DE SOLDADURA	
Categoría de Junta	Compensación Máxima Permitida
A	1[5/128]xt=1[5/128]
B	1[5/128]xt=10[3/8]
SOLDADURA DE FILETE	
Longitud de Pierna	Tolerancia
Menos de 1[5/128]	-0/+1[5/128]
Sobre 1[5/128] a 10[3/8]	-0/+1[5/128]
De 10[3/8] a 10[3/8]	-0/+10[3/8]

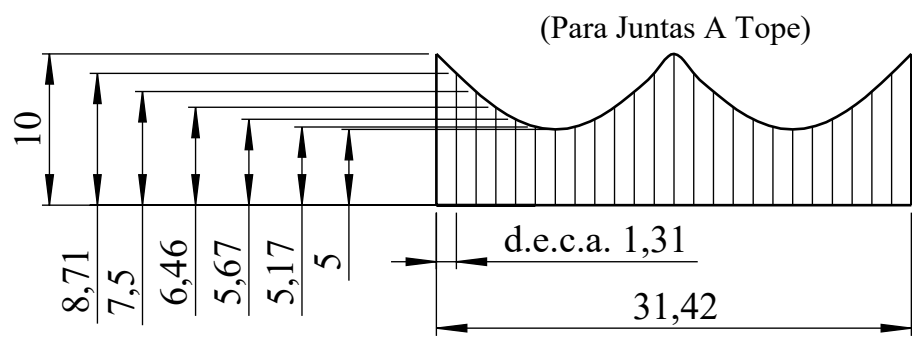
Nº. Lámina: 4 de 9	Nº. Hojas: 9	Sustitución: St: 03:00	Codificación: FM-CM-PIC-SRBB-BB-P-001-01-2023
Email: oscarscobar94@gmail.com/oscar.escobar@esPOCH.edu.ec			
Teléfonos: 0998292589			
Datos	Nombre	Firma	Fecha
Proyectó	Escobar O.		20/10/2022
Dibujó	Escobar O.		29/10/2022
Revisó	Ing. López S.		06/01/2023
Aprobó	Ing. Aquino S.		10/06/2023

ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA			
BASE BASCULANTE			
Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
3.35	±0.3 [mm]	1:5	
Materiales: ASTM A 36			
Nombre de archivo: BASE BASCULANTE.sldprt			

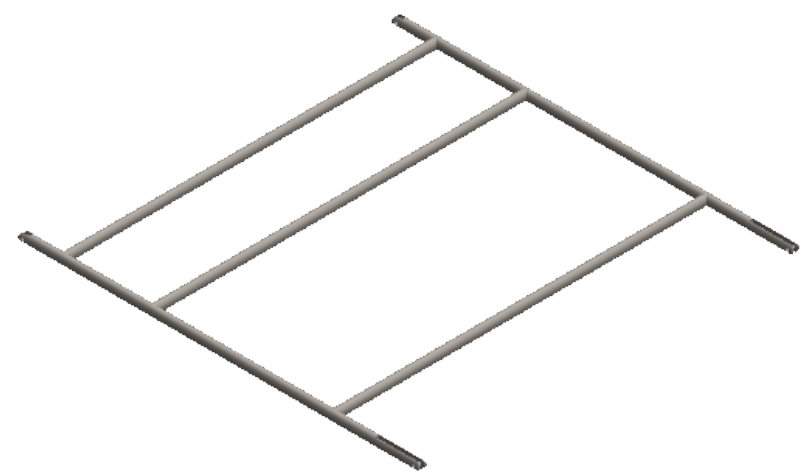
ESTE DOCUMENTO ES DE PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE: ESCOBAR OSCAR CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY



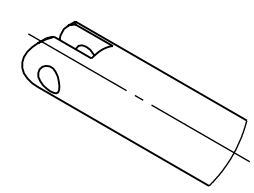
VISTA SUPERIOR



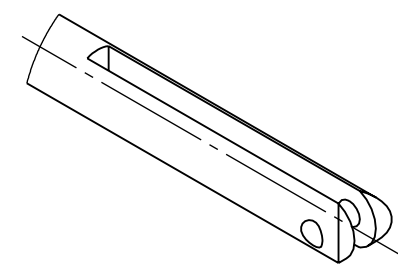
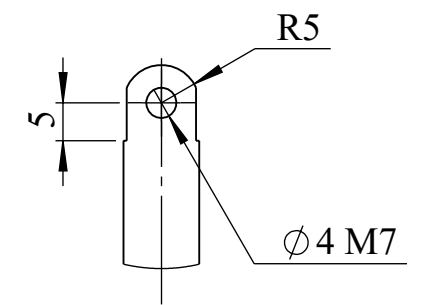
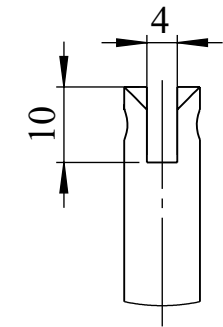
DETALLE DESARROLLO



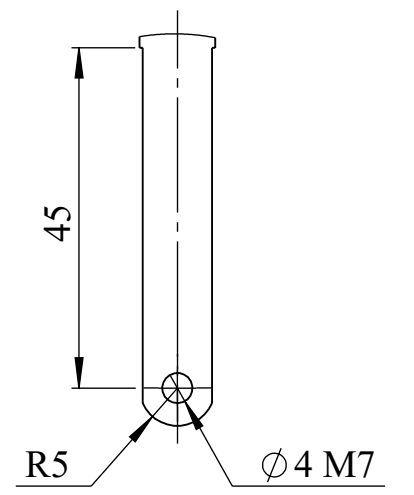
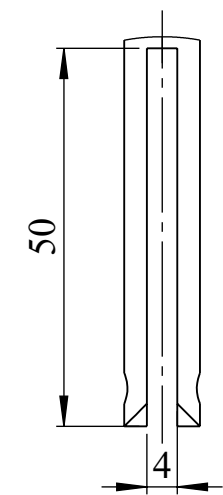
VISTA ISOMÉTRICA



Superior



Inferior



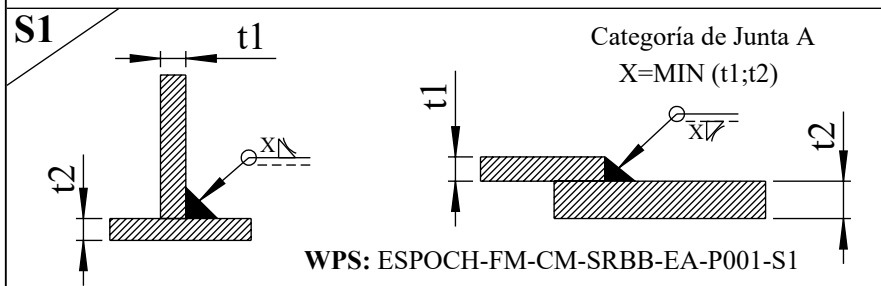
DETALLE MK"1"

NOTAS GENERALES

1. EL MECANIZADO DEL ESLABON "MK 1", TIENE DETALLLES PRESENTES EN LA UBICACIÓN C-D/5-8.

2	3	PERFIL VLR 10x430LG	ASTM A 36	0.267	0.8	DESARROLLO
1	2	PERFIL VLR 10x450LG	ASTM A 36	0.279	0.558	DETALLE
MK	Cant.	Descripción	Material	P. Unit. [Kg]	P. Total [Kg]	Observaciones

DETALLE DE SOLDADURA

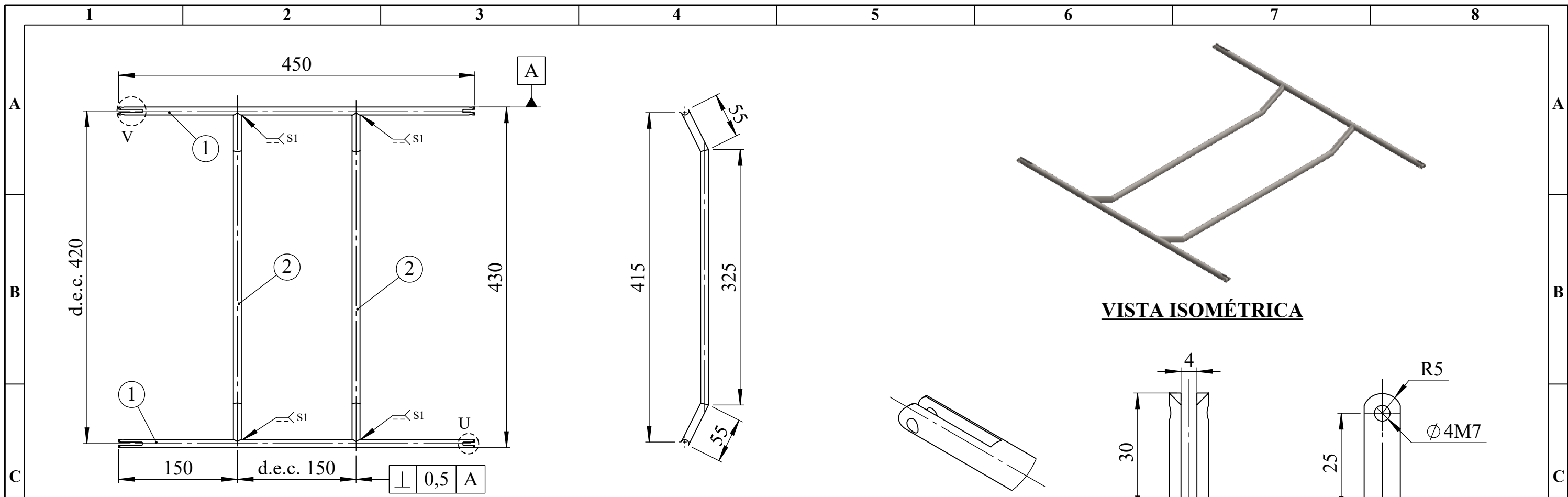


ALINEAMIENTO Y TOLERANCIA DE SOLDADURA	
Categoría de Junta	Compensación Máxima Permitida
A	1[5/128]xt=1[5/128]
B	1[5/128]xt=10[3/8]
SOLDADURA DE FILETE	
Longitud de Pierna	Tolerancia
Menos de 1[5/128]	-0/+1[5/128]
Sobre 1[5/128] a 10[3/8]	-0/+1[5/128]
De 10[3/8] a 10[3/8]	-0/+10[3/8]

Nº. Lámina: 5 de 9	Nº. Hojas: 9	Sustitución: St: 04:00	Codificación: FM-CM-PIC-SRBB-EA-P-001-01-2023
Email: oscarescobar94@gmail.com/oscar.escobar@esPOCH.edu.ec			
Teléfonos: 0998292589			
Datos	Nombre	Firma	Fecha
Proyectó	Escobar O.		20/10/2022
Dibujó	Escobar O.		29/10/2022
Revisó	Ing. López S.		06/01/2023
Aprobó	Ing. Aquino S.		10/06/2023

ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA			
ESTRUCTURA ASCIENTO			
Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
1.34	±0.3 [mm]	1:5	
Materiales: ASTM A 36			
Nombre de archivo: ESTRUCTURA ASCIENTO.sldprt			

ESTE DOCUMENTO ES DE PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE: ESCOBAR L OSCAR CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY

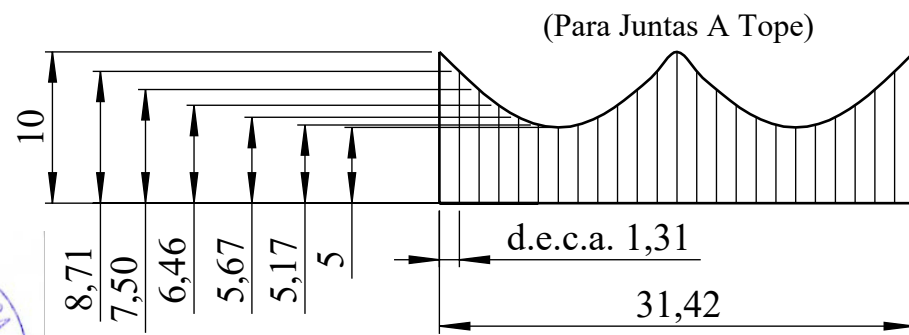


VISTA SUPERIOR

DETALLE MK"2"

VISTA ISOMÉTRICA

DETALLE MK"1"



DETALLE DESARROLLO

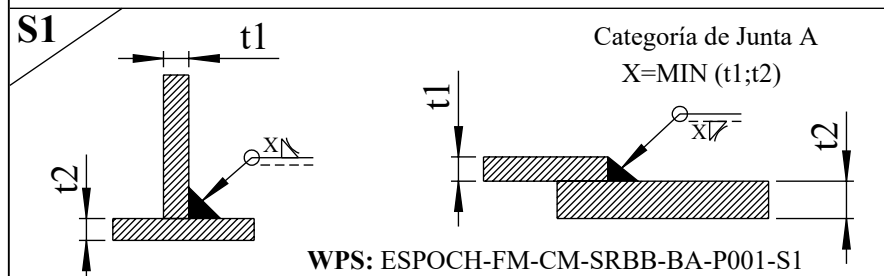


NOTAS GENERALES

1. EL MECANIZADO DEL ESLABON "MK 1", TIENE DETALLLES PRESENTES EN LA UBICACIÓN C-D/5-8.

2	2	PERFIL VLR 10x420LG	ASTM A 36	0.26	0.521	DESARROLLO
1	2	PERFIL VLR 10x450LG	ASTM A 36	0.279	0.558	DETALLE
MK	Cant.	Descripción	Material	P. Unit. [Kg]	P. Total [Kg]	Observaciones

DETALLE DE SOLDADURA



ALINEAMIENTO Y TOLERANCIA DE SOLDADURA	
Categoría de Junta	Compensación Máxima Permitida
A	1[5/128]xt=1[5/128]
B	1[5/128]xt=10[3/8]
SOLDADURA DE FILETE	
Longitud de Pierna	Tolerancia
Menos de 1[5/128]	-0/+1[5/128]
Sobre 1[5/128] a 10[3/8]	-0/+1[5/128]
De 10[3/8] a 10[3/8]	-0/+10[3/8]

Nº. Lámina: 6 de 9	Nº. Hojas: 9	Sustitución: St: 05:00	Codificación: FM-CM-PIC-SRBB-BA-P-001-01-2023
Email: oscarescobar94@gmail.com/oscar.escobar@esPOCH.edu.ec			
Teléfonos: 0998292589			
Datos	Nombre	Firma	Fecha
Proyectó	Escobar O.		20/10/2022
Dibujó	Escobar O.		29/10/2022
Revisó	Ing. López S.		06/01/2023
Aprobó	Ing. Aquino S.		10/06/2023

Denominación:	BASE ASCIENTO
Material:	
Nombre de archivo:	BASE ASCIENTO.sldprt

ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA			
Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
1.1	±0.3 [mm]	1:5	
ESTE DOCUMENTO ES DE PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE: ESCOBAR L OSCAR CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			



1

2

3

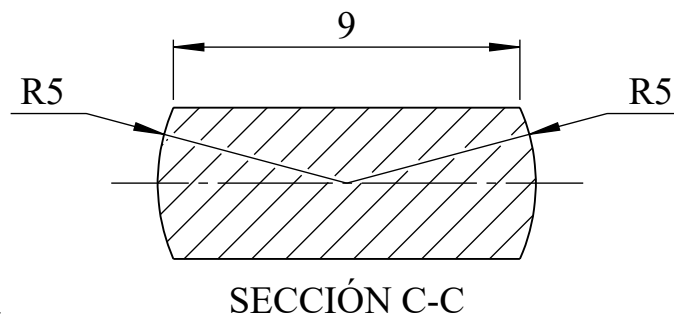
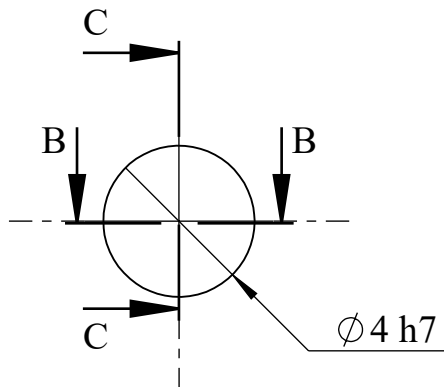
4

A

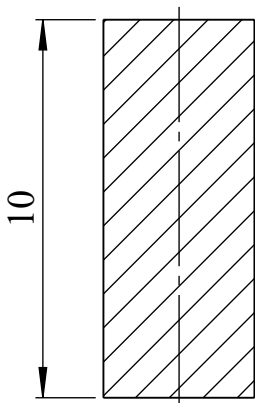
TORNEADO

N5 / Todas las Superficies, excepto donde se indique otra cosa.

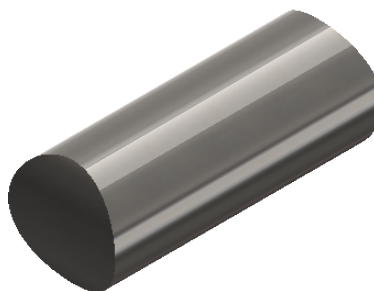
B



C



SECCIÓN B-B

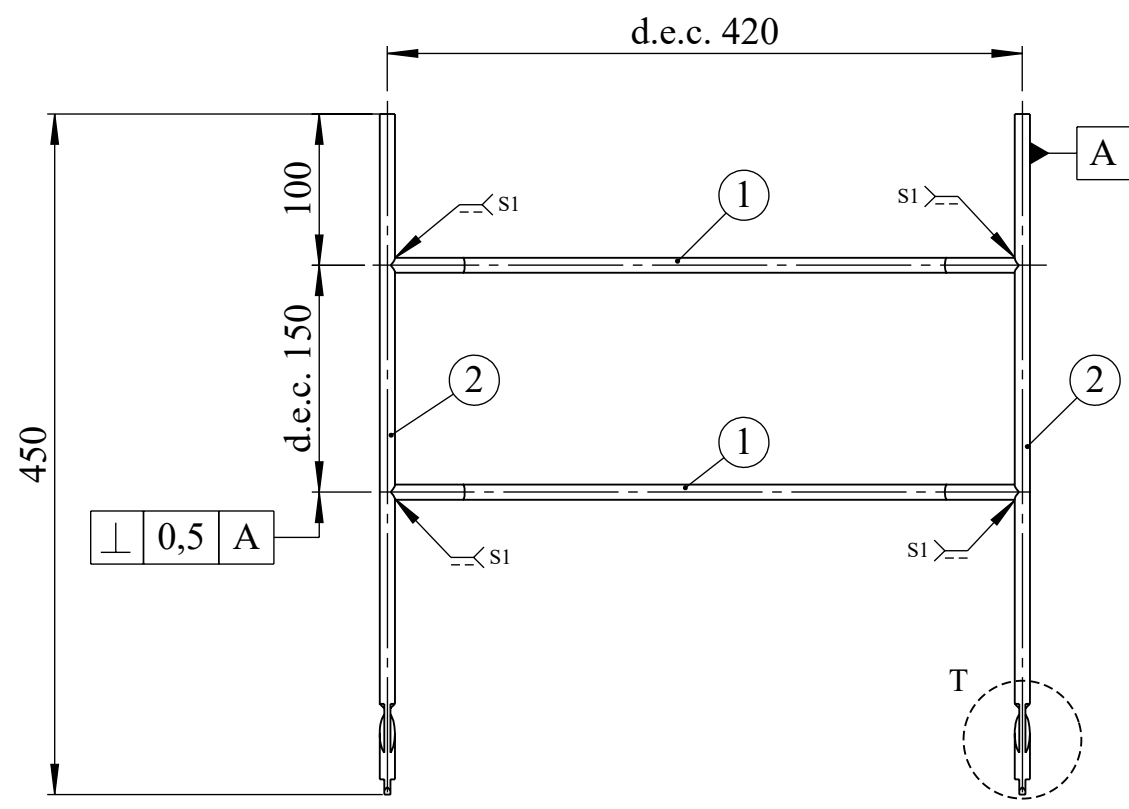


D

E

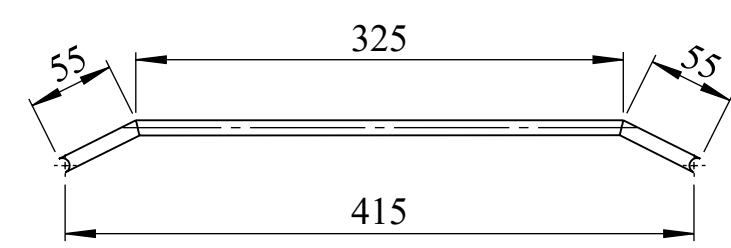


Nº. Lámina: 7 de 9		Nº. Hojas: 9		Sustitución: St: 06:00		Codificación: FM-CM-PIC-SRBB-PD-P-001-01-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA			
Email: oscar.escobar94@gmail.com/oscar.escobar@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0960807537						Denominación: PASADOR					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: AISI 4340				10	±0.3 [mm]	5:1	
Proyectó	Escobar O.		20/10/2022								
Dibujó	Escobar O.		29/10/2022								
Revisó	Ing. López S.		06/01/2023	Nombre de archivo: PASADOR.sldprt				ESTE DOCUMENTO ES DE PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: ESCOBAR L. OSCAR CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Aprobó	Ing. Aquino S.		10/06/2023								

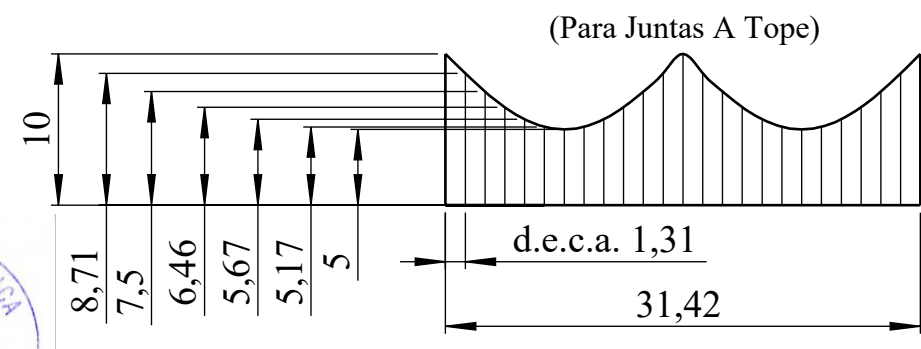


VISTA FRONTAL

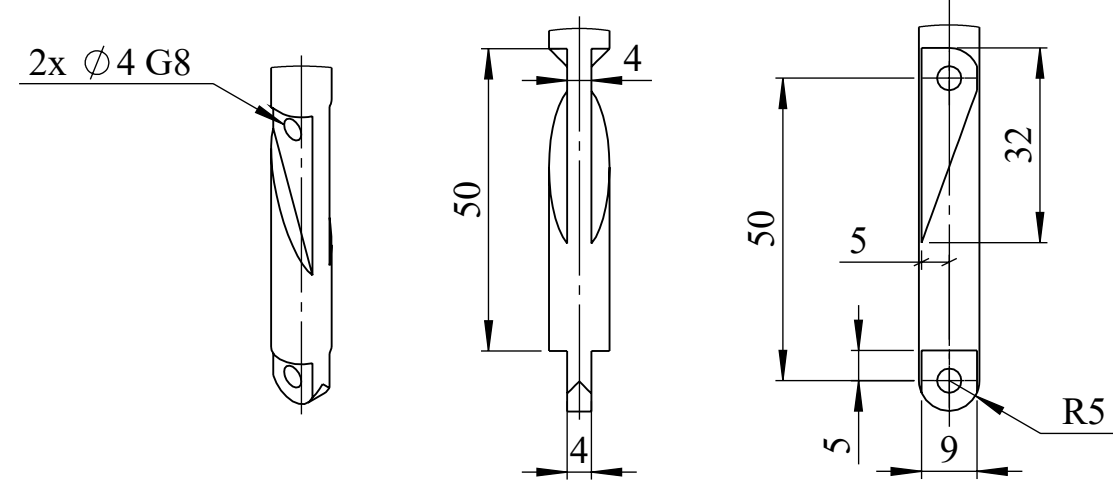
VISTA ISOMÉTRICA



DETALLE MK "1"



DETALLE DESARROLLO



DETALLE MK "2"

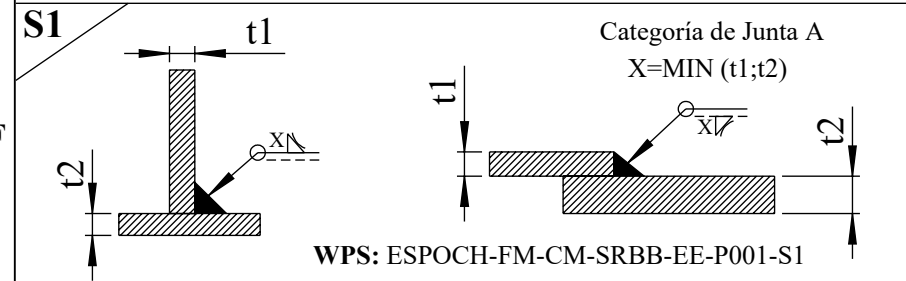


NOTAS GENERALES

1. EL MECANIZADO DEL ESLABON "MK 2", TIENE DETALLLES PRESENTES EN LA UBICACIÓN D-E/5-8.

MK	Cant.	Descripción	Material	P. Unit. [Kg]	P. Total [Kg]	Observaciones
2	2	PERFIL VLR 10x420LG	ASTM A 36	0.26	0.521	DESARROLLO
1	2	PERFIL VLR 10x450LG	ASTM A 36	0.279	0.558	DETALLE

DETALLE DE SOLDADURA



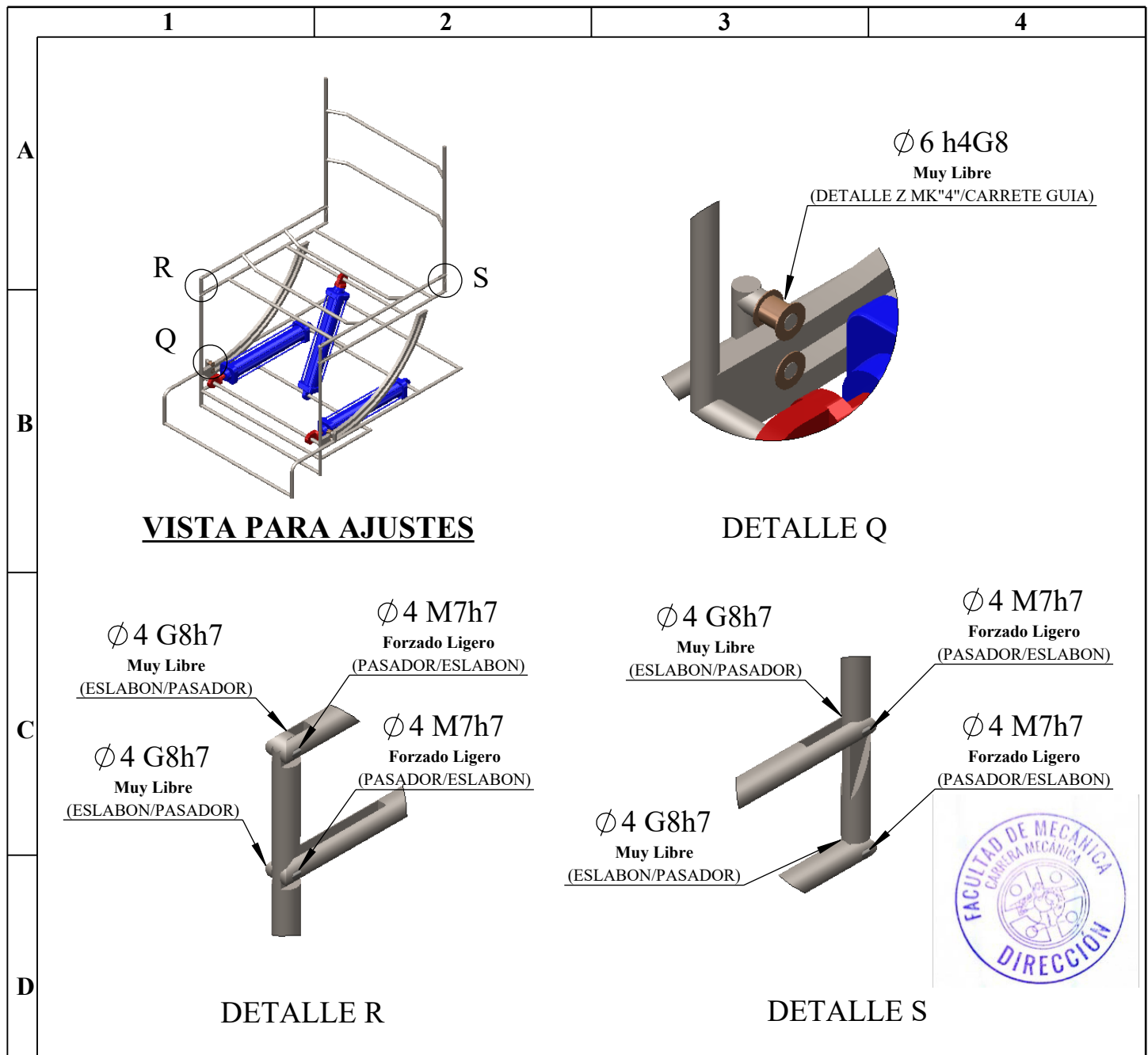
ALINEAMIENTO Y TOLERANCIA DE SOLDADURA	
Categoría de Junta	Compensación Máxima Permitida
A	1[5/128]xt=1[5/128]
B	1[5/128]xt=10[3/8]
SOLDADURA DE FILETE	
Longitud de Pierna	Tolerancia
Menos de 1[5/128]	-0/+1[5/128]
Sobre 1[5/128] a 10[3/8]	-0/+1[5/128]
De 10[3/8] a 10[3/8]	-0/+10[3/8]

Nº. Lámina: 8 de 9	Nº. Hojas: 9	Sustitución: St: 07:00	Codificación: FM-CM-PIC-SRBB-EE-P-001-01-2023
Email: oscarescobar94@gmail.com/oscar.escobar@esPOCH.edu.ec			
Teléfonos: 0998292589			
Datos	Nombre	Firma	Fecha
Proyectó	Escobar O.		20/10/2022
Dibujó	Escobar O.		29/10/2022
Revisó	Ing. López S.		06/01/2023
Aprobó	Ing. Aquino S.		10/06/2023

ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA
ESTRUCTURA ESPALDAR
Material: ASTM A 36
Nombre de archivo: ESTRUCTURA ESPALDAR.sldprt

Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
1.11	±0.3 [mm]	1:5	

ESTE DOCUMENTO ES DE PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE: ESCOBAR L OSCAR CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY



VISTA PARA AJUSTES

DETALLE Q

DETALLE R

DETALLE S

LISTA DE PERFILES

ITEM	Cant.	Descripción	Material	P.Unit. [Kg]	P.Total [Kg]	Observaciones
1	1	PL 370x240x10	ASTM A36	1.41	1.41	CONSTRUCCION MK "4" BB
2	2	PERFIL VLR 10x6m	AISI 304	3.72	7.44	CONSTRUCCION ESTRUCTURA

AJUSTE DETALLE "Q"

Nº.	Diámetro	Ajuste	Característica del asiento	Valor Máximo	Valor Mínimo
1	6	h4G8	Móvil/Deslizante en el Eje	+0.5	-0.000

AJUSTE DETALLE "R"

Nº.	Diámetro	Ajuste	Característica del asiento	Valor Máximo	Valor Mínimo
1	4	G8h7	Muy Libre/Deslizante en el Eje	+0.563	+0.063
2	4	M/h7	Forzado Ligero/Ajuste en Horquilla	+0.21	-0.008

AJUSTE DETALLE "S"

Nº.	Diámetro	Ajuste	Característica del asiento	Valor Máximo	Valor Mínimo
1	4	G8h7	Muy Libre/Deslizante en el Eje	+0.563	+0.063
2	4	M/h7	Forzado Ligero/Ajuste en Horquilla	+0.21	-0.008

Nº. Lámina: 9 de 9		Nº. Hojas: 9		Sustitución: St: 00:00		Codificación: FM-CM-PIC-SRBB-P-001-01-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA			
Email: oscarescobar94@gmail.com/oscar.escobar@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0960807537						Denominación: SILLA BIPEDESTADORA BASCULANTE [AJUSTES]					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: SEGUN DISEÑO				ESTE DOCUMENTO ES DE PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: ESCOBAR L. OSCAR CUALQUIER USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Proyectó	Escobar O.		20/10/2022								
Dibujó	Escobar O.		29/10/2022								
Revisó	Ing. López S.		06/01/2023								
Aprobó	Ing. Aquino S.		10/06/2023								

ANEXO C: ESPECIFICACIONES DE PROCESOS DE SOLDADURA (WPS).



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

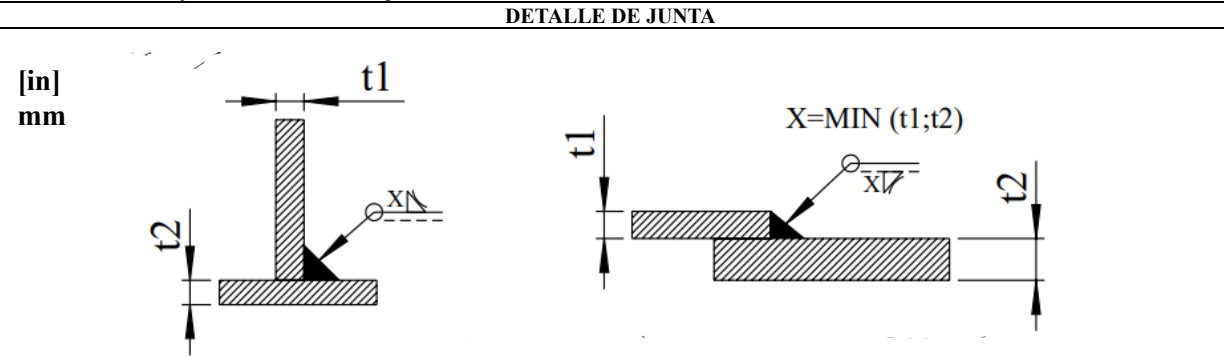


ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA (WPS)

Nombre Compañía: ESPOCH PQR N°: N.A. Según Norma: AWS D1.3 (STRUCTURAL WELDING CODE-SHEET STEEL) Revisión: 0	WPS: ESPOCH-FM-CM-SRBB-BR-P001-S1 Fecha: 25/10/2022 Realizado por: Escobar L. Oscar A. CI. 0604630269 Revisado por: Ing. Aquino A. Sócrates M.CI. 1803612678
---	---

ARTICULO I. JUNTA UTILIZADA	ARTICULO V. POSICIÓN DE SOLDADURA
Tipo de Junta: A Tope & en T - Abertura de Raíz: 1/32 a 1/16 (in) - Angulo de Ranura: N.A. Placa de Respaldo: SI NO X Preparar Bisel: SI NO X Categoría: A	Posición de Soldadura: 1G & 2F Progresión: Descendente Número de Pases: Pase Único
ARTICULO II. METAL BASE	ARTICULO VI. PRECALENTAMIENTO
Especificación: ASTM A36 Espesor: 10 mm	Temperatura: N.A. Temperatura entre Pases: N.A. Tiempo entre Pases: N.A.
ARTICULO III. METAL DE APORTE	ARTICULO VII. TÉCNICA DE SOLDADURA
Proceso: SMAW Especificación (SFA) N°: 5.1 Diámetro: 3.2 mm Denominación AWS: E 6011 Marca: AGA	Soldadura de: Ranura & Filete Proceso de Soldadura: SMAW Tipo de Soldadura: Manual X Semiautomática Automática Soldadura a: Un Lado Dos Lados X Cordón de respaldo: Si No X Pase múltiple o simple (por lado): Simple Número de Electrodo: Un Único Electrodo Cordón Recto u Oscilante: Recto Limpieza: Cepillo Metálico - Primer pase:
ARTICULO IV. GAS DE PROTECCIÓN	
Tipo: N.A. Caudal: N.A. Presión: N.A.	

ARTICULO VIII. NOTAS
<ul style="list-style-type: none"> - Asegurar limpieza de las partes - Verificar perpendicularidad de la junta - Pulir las juntas en caso de ser requerido



ARTICULO VIII. VARIABLES DE OPERACIÓN									
N° de pase	Metal de Aporte			Corriente		Velocidad de Avance (mm/min)	Tensión de Trabajo (Voltios)	Técnica de Soldadura	
	Clase	Diámetro (mm)	Marca	Tipo y Polaridad	Intensidad (Amperios)			Recto	Oscilado
1	E6011	3.2	AGA	AC	90-120	200-300	18-27	X	

ARTICULO IX. FIRMAS

Ing. Sócrates Miguel Aquino Arroba MSc.
DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA



ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA (WPS)

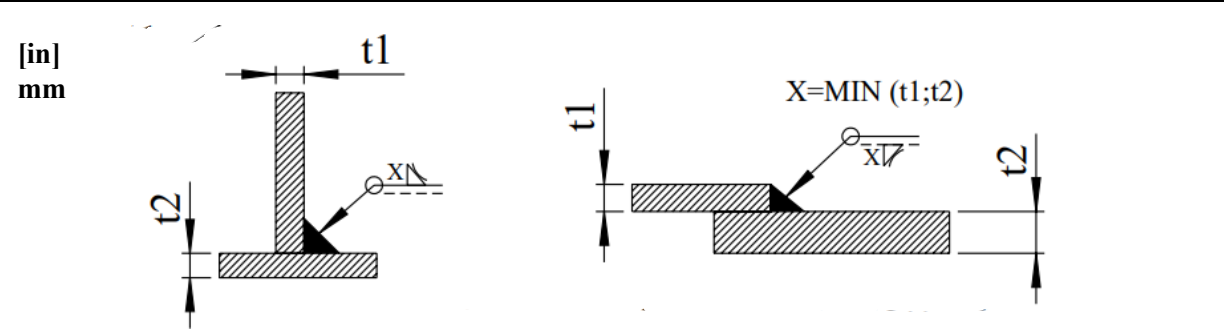
Nombre Compañía: ESPOCH	WPS: ESPOCH-FM-CM-SRBB-BB-P001-S1
PQR N°: N.A.	Fecha: 25/10/2022
Según Norma: AWS D1.3 (STRUCTURAL WELDING CODE-SHEET STEEL)	Realizado por: Escobar L. Oscar A. CI. 0604630269
Revisión: 0	Revisado por: Ing. Aquino A. Sócrates M.CI. 1803612678

ARTICULO I. JUNTA UTILIZADA	ARTICULO V. POSICIÓN DE SOLDADURA
Tipo de Junta: A Tope & en T	Posición de Soldadura: 1G & 2F
- Abertura de Raíz: 1/32 a 1/16 (in)	Progresión: Descendente
- Angulo de Ranura: N.A.	Número de Pases: Pase Único
Placa de Respaldo: SI NO X	ARTICULO VI. PRECALENTAMIENTO
Preparar Bisel: SI NO X	Temperatura: N.A.
Categoría: A	Temperatura entre Pases: N.A.
	Tiempo entre Pases: N.A.

ARTICULO II. METAL BASE	ARTICULO VII. TÉCNICA DE SOLDADURA
Especificación: ASTM A36	Soldadura de: Ranura & Filete
Espesor: 10 mm	Proceso de Soldadura: SMAW
ARTICULO III. METAL DE APORTE	Tipo de Soldadura:
Proceso: SMAW	Manual X
Especificación (SFA) N°: 5.1	Semiautomática
Diámetro: 3.2 mm	Automática
Denominación AWS: E 6011	Un Lado Dos Lados X
Marca: AGA	Si No X
ARTICULO IV. GAS DE PROTECCIÓN	Soldadura a:
Tipo: N.A.	Cordón de respaldo: Simple
Caudal: N.A.	Pase múltiple o simple (por lado): Un Único Electrodo
Presión: N.A.	Cordón Recto u Oscilante: Recto
	Limpieza: Cepillo Metálico
	- Primer pase:

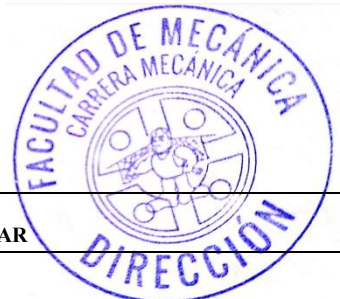
ARTICULO VIII. NOTAS
- Asegurar limpieza de las partes
- Verificar perpendicularidad de la junta
- Pulir las juntas en caso de ser requerido

DETALLE DE JUNTA



ARTICULO VIII. VARIABLES DE OPERACIÓN									
N° de pase	Metal de Aporte			Corriente		Velocidad de Avance (mm/min)	Tensión de Trabajo (Voltios)	Técnica de Soldadura	
	Clase	Diámetro (mm)	Marca	Tipo y Polaridad	Intensidad (Amperios)			Recto	Oscilado
1	E6011	3.2	AGA	AC	90-120	200-300	18-27	X	

ARTICULO IX. FIRMAS



Ing. Sócrates Miguel Aquino Arroba MSc.
DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA



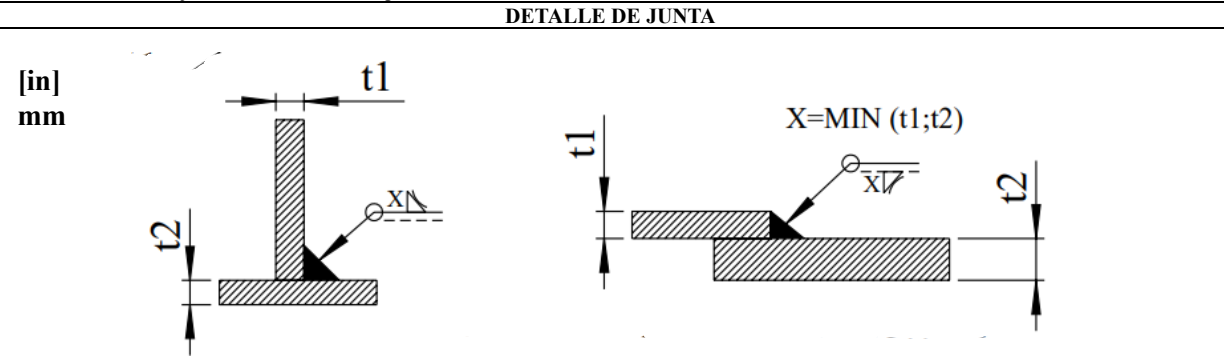
ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA (WPS)

Nombre Compañía: ESPOCH PQR N°: N.A. Según Norma: AWS D1.3 (STRUCTURAL WELDING CODE-SHEET STEEL) Revisión: 0	WPS: ESPOCH-FM-CM-SRBB-EA-P001-S1 Fecha: 25/10/2022 Realizado por: Escobar L. Oscar A. CI. 0604630269 Revisado por: Ing. Aquino A. Sócrates M.CI. 1803612678
---	---

ARTICULO I. JUNTA UTILIZADA	ARTICULO V. POSICIÓN DE SOLDADURA
Tipo de Junta: A Tope & en T - Abertura de Raíz: 1/32 a 1/16 (in) - Angulo de Ranura: N.A. Placa de Respaldo: SI NO X Preparar Bisel: SI NO X Categoría: A	Posición de Soldadura: 1G & 2F Progresión: Descendente Número de Pases: Pase Único
ARTICULO VI. PRECALENTAMIENTO	
Temperatura: N.A. Temperatura entre Pases: N.A. Tiempo entre Pases: N.A.	

ARTICULO II. METAL BASE	ARTICULO VII. TÉCNICA DE SOLDADURA
Especificación: ASTM A36 Espesor: 10 mm	Soldadura de: Ranura & Filete Proceso de Soldadura: SMAW Tipo de Soldadura: Manual X Semiautomática Automática Soldadura a: Un Lado Dos Lados X Cordón de respaldo: Si No X Pase múltiple o simple (por lado): Simple Número de Electrodo: Un Único Electrodo Cordón Recto u Oscilante: Recto Limpieza: Cepillo Metálico - Primer pase:
ARTICULO III. METAL DE APORTE	
Proceso: SMAW Especificación (SFA) N°: 5.1 Diámetro: 3.2 mm Denominación AWS: E 6011 Marca: AGA	
ARTICULO IV. GAS DE PROTECCIÓN	
Tipo: N.A. Caudal: N.A. Presión: N.A.	

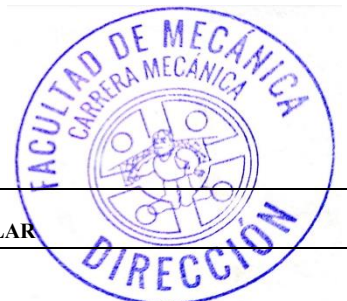
ARTICULO VIII. NOTAS
<ul style="list-style-type: none"> - Asegurar limpieza de las partes - Verificar perpendicularidad de la junta - Pulir las juntas en caso de ser requerido



ARTICULO VIII. VARIABLES DE OPERACIÓN									
N° de pase	Metal de Aporte			Corriente		Velocidad de Avance (mm/min)	Tensión de Trabajo (Voltios)	Técnica de Soldadura	
	Clase	Diámetro (mm)	Marca	Tipo y Polaridad	Intensidad (Amperios)			Recto	Oscilado
1	E6011	3.2	AGA	AC	90-120	200-300	18-27	X	

ARTICULO IX. FIRMAS


 Ing. Sócrates Miguel Aquino Arroba MSc.
DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA



ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA (WPS)

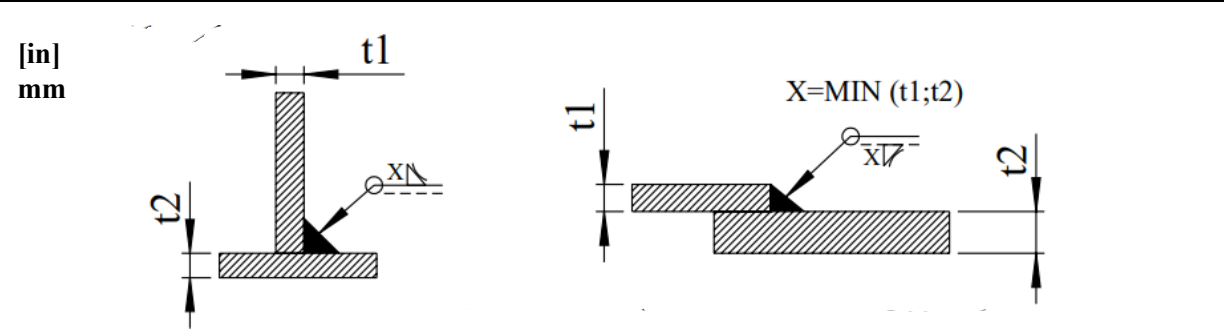
Nombre Compañía: ESPOCH	WPS: ESPOCH-FM-CM-SRBB-BA-P001-S1
PQR N°: N.A.	Fecha: 25/10/2022
Según Norma: AWS D1.3 (STRUCTURAL WELDING CODE-SHEET STEEL)	Realizado por: Escobar L. Oscar A. CI. 0604630269
Revisión: 0	Revisado por: Ing. Aquino A. Sócrates M.CI. 1803612678

ARTICULO I. JUNTA UTILIZADA		ARTICULO V. POSICIÓN DE SOLDADURA	
Tipo de Junta:	A Tope & en T	Posición de Soldadura:	1G & 2F
- Abertura de Raíz:	1/32 a 1/16 (in)	Progresión:	Descendente
- Angulo de Ranura:	N.A.	Número de Pases:	Pase Único
Placa de Respaldo:	SI NO X	ARTICULO VI. PRECALENTAMIENTO	
Preparar Bisel:	SI NO X	Temperatura:	N.A.
Categoría:	A	Temperatura entre Pases:	N.A.
		Tiempo entre Pases:	N.A.

ARTICULO II. METAL BASE		ARTICULO VII. TÉCNICA DE SOLDADURA	
Especificación:	ASTM A36	Soldadura de:	Ranura & Filete
Espesor:	10 mm	Proceso de Soldadura:	SMAW
ARTICULO III. METAL DE APORTE		Tipo de Soldadura:	Manual X
Proceso:	SMAW		Semiautomática
Especificación (SFA) N°:	5.1		Automática
Diámetro:	3.2 mm	Soldadura a:	Un Lado Dos Lados X
Denominación AWS:	E 6011	Cordón de respaldo:	Si No X
Marca:	AGA	Pase múltiple o simple (por lado):	Simple
ARTICULO IV. GAS DE PROTECCIÓN		Número de Electrodo:	Un Único Electrodo
Tipo:	N.A.	Cordón Recto u Oscilante:	Recto
Caudal:	N.A.	Limpieza:	Cepillo Metálico
Presión:	N.A.	- Primer pase:	

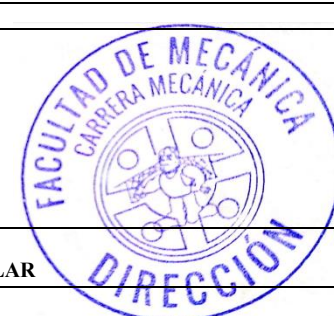
ARTICULO VIII. NOTAS
- Asegurar limpieza de las partes
- Verificar perpendicularidad de la junta
- Pulir las juntas en caso de ser requerido

DETALLE DE JUNTA



ARTICULO VIII. VARIABLES DE OPERACIÓN									
N° de pase	Metal de Aporte			Corriente		Velocidad de Avance (mm/min)	Tensión de Trabajo (Voltios)	Técnica de Soldadura	
	Clase	Diámetro (mm)	Marca	Tipo y Polaridad	Intensidad (Amperios)			Recto	Oscilado
1	E6011	3.2	AGA	AC	90-120	200-300	18-27	X	

ARTICULO IX. FIRMAS



Ing. Sócrates Miguel Aquino Arroba MSc.
DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA



ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA (WPS)

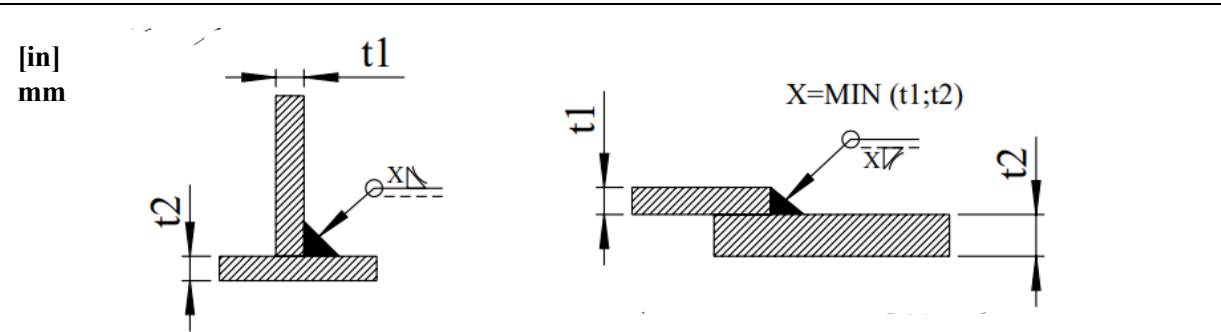
Nombre Compañía: ESPOCH	WPS: ESPOCH-FM-CM-SRBB-EE-P001-S1
PQR N°: N.A.	Fecha: 25/10/2022
Según Norma: AWS D1.3 (STRUCTURAL WELDING CODE-SHEET STEEL)	Realizado por: Escobar L. Oscar A. CI. 0604630269
Revisión: 0	Revisado por: Ing. Aquino A. Sócrates M.CI. 1803612678

ARTICULO I. JUNTA UTILIZADA		ARTICULO V. POSICIÓN DE SOLDADURA	
Tipo de Junta:	A Tope & en T	Posición de Soldadura:	1G & 2F
- Abertura de Raíz:	1/32 a 1/16 (in)	Progresión:	Descendente
- Angulo de Ranura:	N.A.	Número de Pases:	Pase Único
Placa de Respaldo:	SI NO X	ARTICULO VI. PRECALENTAMIENTO	
Preparar Bisel:	SI NO X	Temperatura:	N.A.
Categoría:	A	Temperatura entre Pases:	N.A.
		Tiempo entre Pases:	N.A.

ARTICULO II. METAL BASE		ARTICULO VII. TÉCNICA DE SOLDADURA	
Especificación:	ASTM A36	Soldadura de:	Ranura & Filete
Espesor:	10 mm	Proceso de Soldadura:	SMAW
ARTICULO III. METAL DE APORTE		Tipo de Soldadura:	Manual X
Proceso:	SMAW		Semiautomática
Especificación (SFA) N°:	5.1		Automática
Diámetro:	3.2 mm	Soldadura a:	Un Lado Dos Lados X
Denominación AWS:	E 6011	Cordón de respaldo:	Si No X
Marca:	AGA	Pase múltiple o simple (por lado):	Simple
ARTICULO IV. GAS DE PROTECCIÓN		Número de Electrodo:	Un Único Electrodo
Tipo:	N.A.	Cordón Recto u Oscilante:	Recto
Caudal:	N.A.	Limpieza:	Cepillo Metálico
Presión:	N.A.	- Primer pase:	

ARTICULO VIII. NOTAS
- Asegurar limpieza de las partes
- Verificar perpendicularidad de la junta
- Pulir las juntas en caso de ser requerido

DETALLE DE JUNTA



ARTICULO VIII. VARIABLES DE OPERACIÓN									
N° de pase	Metal de Aporte			Corriente		Velocidad de Avance (mm/min)	Tensión de Trabajo (Voltios)	Técnica de Soldadura	
	Clase	Diámetro (mm)	Marca	Tipo y Polaridad	Intensidad (Amperios)			Recto	Oscilado
1	E6011	3.2	AGA	AC	90-120	200-300	18-27	X	

ARTICULO IX. FIRMAS



Ing. Sócrates Miguel Aquino Arroba MSc.
DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR