



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ASIENTO
ERGONÓMICO PARA EL CONDUCTOR DE AUTOBÚS
QUE CUMPLA CON EL REGLAMENTO RTE INEN 043
CON FINES DE PRODUCCIÓN NACIONAL”**

JOSÉ LUIS TORRES MATA

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-07-21

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

JOSÉ LUIS TORRES MATA

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ASIENTO ERGONÓMICO PARA EL
CONDUCTOR DE AUTOBÚS QUE CUMPLA CON EL REGLAMENTO RTE
INEN 043 CON FINES DE PRODUCCIÓN NACIONAL”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Edwin Pozo
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Santiago Choto
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JOSÉ LUIS TORRES MATA

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ASIENTO ERGONÓMICO PARA EL CONDUCTOR DE AUTOBÚS QUE CUMPLA CON EL REGLAMENTO RTE INEN 043 CON FINES DE PRODUCCIÓN NACIONAL”

Fecha de Examinación: 2015-08-04

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Dr. Mario Audelo PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Edwin Pozo DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Santiago Choto ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido

Dr. Mario Audelo
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos–científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

José Luis Torres Mata

DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico este trabajo de tesis a mis padres que me apoyaron y motivaron para superar las adversidades que se han presentado a lo largo de mi vida académica.

José Luis Torres Mata

AGRADECIMIENTO

Estoy muy agradecido con la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que cuenta con excelentes docentes, quienes me han capacitado para ser una persona productiva para la sociedad.

Agradezco a mis padres que siempre me apoyaron para que estudie y termine mis estudios para ser ingeniero automotriz.

Agradezco a todos mis amigos que he hecho en esta etapa de mi formación académica ustedes han sido un gran soporte al estar lejos de mi familia en la ciudad de Riobamba.

José Luis Torres Mata

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación	2
1.2.1 <i>Justificación técnica</i>	2
1.2.2 <i>Justificación económica</i>	2
1.2.3 <i>Justificación social</i>	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Definición de asiento según RTE INEN 043.....	6
2.2 Descripción sobre el asiento del conductor	6
2.3 Partes del asiento del conductor	7
2.4 Tipos de asiento para conductor	8
2.4.1 <i>Asiento compacto</i>	8
2.4.2 <i>Asiento deportivo</i>	9
2.4.3 <i>Asientos utilitario</i>	9
2.5 Ergonomía aplicada al puesto de trabajo del conductor	10
2.5.1 <i>Principio fundamental</i>	10
2.5.2 <i>Componentes de la ergonomía</i>	10
2.5.2.1 <i>Factor Antropométrico</i>	11
2.5.2.2 <i>Antropometría dinámica</i>	11
2.5.2.3 <i>Antropometría estática</i>	12
2.5.2.4 <i>Principios para el diseño antropométrico</i>	13
2.5.2.5 <i>Selección de las medidas para el asiento según los puntos antropométricos</i> ..	14
2.5.2.6 <i>Factores ambientales</i>	16
3. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	19
3.1 Análisis de alternativas	19
3.1.1 <i>Desarrollo de la casa de la calidad</i>	19
3.1.2 <i>Matriz de la casa de la calidad</i>	20
3.1.3 <i>Conclusión de la casa de la calidad</i>	22
3.1.4 <i>Criterios de evaluación:</i>	22
3.1.5 <i>Método ordinal corregido de criterios ponderado</i>	22
3.2 Análisis de alternativas posibles.....	23
3.2.1 <i>Espaldar</i>	23
3.2.1.1 <i>Primera alternativa</i>	23
3.2.1.2 <i>Segunda alternativa</i>	24
3.2.1.3 <i>Tercera alternativa</i>	24
3.2.1.4 <i>Evaluación y selección de alternativas para el espaldar</i>	25
3.2.1.5 <i>Conclusión</i>	27
3.2.2 <i>Banqueta</i>	28

3.2.2.1	<i>Primera alternativa</i>	28
3.2.2.2	<i>Segunda alternativa</i>	28
3.2.2.3	<i>Tercera alternativa</i>	29
3.2.2.4	<i>Evaluación y selección de alternativas para la banqueta</i>	30
3.2.2.5	<i>Conclusión</i>	32
3.2.3	<i>Mecanismo de inclinación del espaldar.</i>	32
3.2.3.1	<i>Primera alternativa</i>	32
3.2.3.2	<i>Segunda alternativa</i>	33
3.2.3.3	<i>Evaluación y selección de alternativas para el mecanismo de inclinación</i>	34
3.2.3.4	<i>Conclusión</i>	36
3.2.4	<i>Mecanismo de elevación.</i>	36
3.2.4.1	<i>Primera alternativa</i>	36
3.2.4.2	<i>Segunda alternativa</i>	37
3.2.4.3	<i>Tercera alternativa</i>	38
3.2.4.4	<i>Evaluación y selección de alternativas para el mecanismo de elevación</i>	40
3.2.4.5	<i>Conclusión</i>	41
4.	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO	42
4.1	Selección del material para la construcción de la estructura	42
4.2	Análisis estático del mecanismo de elevación	43
4.2.1	<i>Preparación del modelo geométrico</i>	44
4.2.2	<i>Selección del sistema de análisis</i>	45
4.2.3	<i>Proceso de generación de la malla</i>	47
4.2.4	<i>Asignación de sujeciones y fuerzas</i>	48
4.2.5	<i>Análisis de resultados</i>	49
4.3	Análisis de la estructura del asiento.	51
4.3.1	<i>Proceso de generación de la malla</i>	52
4.3.2	<i>Asignación de sujeciones y fuerzas</i>	52
4.3.3	<i>Configuración del análisis a fatiga</i>	53
4.3.4	<i>Convergencia de resultados</i>	54
4.3.5	<i>Resultados del análisis estático</i>	55
4.3.6	<i>Resultados del análisis a fatiga</i>	59
4.4	Selección del diámetro de los pernos anclaje asiento a la carrocería.	62
4.5	Cálculo de soldadura.	63
4.6	Selección del cilindro neumático	65
4.6.1	<i>Esquema del circuito eléctrico y neumático</i>	67
5.	CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS.	69
5.1	Análisis del proceso manufactura	69
5.1.1	<i>Diagrama de procesos</i>	70
5.2	Construcción	73
5.2.1	<i>Mecanismo de elevación</i>	73
5.2.2	<i>Espaldar y banqueta</i>	75
5.2.3	<i>Pintura</i>	77
5.2.4	<i>Ensamblaje</i>	78
5.3	Conexiones eléctricas y neumáticas.	79
5.4	Estructura de la empresa.	80
5.4.1	<i>Estructura funcional</i>	81
5.5	Misión y visión de la empresa	81

5.6	Selección del tipo de distribución de la planta	82
5.6.1	<i>Tipo de proceso seleccionado para la manufactura</i>	83
5.7	Requerimientos de la empresa	85
5.7.1	<i>Máquinas y herramientas para la fabricación</i>	85
5.7.2	<i>Espacio de la planta de producción</i>	86
5.8	Pruebas de funcionamiento.....	87
6.	ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN	88
6.1	Costo unitario de la materia prima para fabricar el asiento	88
6.2	Recursos humanos	89
6.3	Bienes inmuebles	89
6.4	Mobiliario y equipos de oficina.....	90
6.5	Máquinas y herramientas.....	91
6.6	Inversión total	91
6.7	Análisis del préstamo.....	92
6.8	Proyección de la producción para cinco años.....	92
6.8.1	<i>Demanda</i>	92
6.8.2	<i>Oferta</i>	92
6.8.3	<i>Demanda insatisfecha</i>	93
6.8.4	<i>Demanda objetivo</i>	93
6.8.5	<i>Depreciación de los activos de la empresa</i>	94
6.8.6	<i>Estado de resultados y flujo de caja</i>	95
6.8.7	<i>Balance general</i>	96
6.8.8	<i>Punto de equilibrio</i>	98
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
7.1	Conclusiones.....	99
7.2	Recomendaciones	100

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Componentes de la ergonomía.....	10
Dimensiones del cuerpo humano con percentiles según DIN 33402 parte 2, las medidas se encuentran en centímetros.....	13
Percentiles para un diseño antropométrico correcto.....	14
Medidas para un diseño antropométrico correcto.....	15
Relación entre la temperatura ambiente y el efecto en las personas.....	17
Efectos de la vibración sobre el cuerpo humano.....	18
Demandas.....	20
Factor de incidencia.....	20
Factor de venta.....	21
Techo de la casa de la calidad (Compromisos).....	21
Comparación entre competencia 1 y 2.....	21
Valoración resultado de la comparación entre criterios.....	23
Propiedades del Aluminio 6061.....	25
Codificación de las alternativas.....	25
Evaluación del peso específico de cada criterio.....	26
Evaluación del costo.....	26
Evaluación de la ergonomía.....	26
Evaluación de la posibilidad de regulación.....	26
Evaluación del material de construcción.....	27
Evaluación de la facilidad de fabricación.....	27
Evaluación de la facilidad de instalación.....	27
Conclusiones.....	27
Codificación de las alternativas.....	30
Evaluación del costo.....	31
Evaluación de la ergonomía.....	31
Evaluación de la posibilidad de regulación.....	31
Evaluación del material de construcción.....	31
Evaluación de la facilidad de fabricación.....	32
Evaluación de la facilidad de instalación.....	32
Conclusiones.....	32
Codificación de las alternativas.....	34
Evaluación del costo.....	34
Evaluación de la ergonomía.....	35
Evaluación de la posibilidad de regulación.....	35
Evaluación del material de construcción.....	35
Evaluación de la facilidad de fabricación.....	35
Evaluación de la facilidad de instalación.....	36
Conclusiones.....	36
Codificación de las alternativas del mecanismo de elevación.....	40
Evaluación del costo.....	40
Evaluación de la ergonomía.....	40

Evaluación de la posibilidad de regulación.....	40
Evaluación del material de construcción.....	41
Evaluación de la facilidad de fabricación.....	41
Evaluación de la facilidad de instalación.....	41
Conclusiones.....	41
Propiedades acero ASTM A500 grado B.....	42
Propiedades acero ASTM A36.....	42
Peso del Asiento.....	43
Pesos para el análisis.....	44
Operación sizing.....	48
Estadísticas de la malla.....	48
Reacciones en el punto de apoyo del cilindro neumático.....	50
Valor de la fuerza aplicada en el espaldar.....	51
Fuerzas aplicadas en el análisis de la estructura.....	51
Datos de la convergencia.....	54
Esfuerzo máximo y límite de fluencia.....	57
Factor de seguridad.....	61
Reacciones caso 1.....	62
Reacciones caso 2.....	62
Propiedades del perno.....	62
Diámetro del perno.....	63
Selección del embolo.....	66
Cilindros normalizados ISO 15552.....	66
Simbología.....	67
Diagrama de procesos de la construcción del asiento.....	70
Resumen diagrama de procesos.....	72
Lista de materiales para el mecanismo de elevación.....	73
Lista de materiales para el espaldar y la banqueta.....	75
Lista de materiales para el circuito neumático y eléctrico.....	80
Codificación de procesos.....	83
Ponderación de peso específico de los criterios evaluados.....	84
Evaluación optimización de espacios.....	84
Evaluación estandarización.....	84
Evaluación producción alta.....	84
Evaluación puestos definidos.....	85
Evaluación final.....	85
Distribución de la planta, unidades en metros.....	86
Comprobación de desplazamientos.....	87
Tiempo para alcanzar 150 mm verticalmente.....	87
Costo materia por unidad.....	88
Pago mensual total de recursos humanos.....	89
Bienes inmuebles.....	89
Mobiliario.....	90
Equipos de oficina.....	90
Maquinaria.....	91
Herramientas.....	91
Inversión total.....	91

Amortización del préstamo a 10 años.....	92
Producción anual de carrocerías.....	93
Empresas que producen sus asientos.....	93
Demanda objetivo	94
Porcentaje de depreciación según el SRI.	94
Depreciación de los activos.....	94
Estado de resultados.....	95
Flujo de caja.....	96
Activos	97
Pasivos.....	97
Patrimonio.....	97
Punto de equilibrio.....	98

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Asientos usados para los conductores de autobús..... 6
2	Asiento de fabricación china..... 7
3	Apoya cabezas..... 7
4	Partes de un asiento Aumentar letras a los nombres..... 8
5	Asiento compacto..... 9
6	Asiento deportivo..... 9
7	Asiento utilitario..... 10
8	Ángulos en los que las manos pueden operar cómodamente..... 12
9	Dimensiones en posición sentado según la norma DIN 33402 parte 2..... 12
10	Datos de la tabla 3 acotados en la posición sentado 15
11	Medidas especificadas en el reglamento RTE INEN 043..... 16
12	Vibración cuerpo entero..... 18
13	Geometría del espaldar..... 23
14	Primera alternativa banqueta..... 28
15	Segunda alternativa banqueta..... 29
16	Tercera alternativa banqueta..... 29
17	Primera alternativa mecanismo de inclinación..... 33
18	Segunda alternativa mecanismo de inclinación vista lateral..... 33
19	Segunda alternativa mecanismo de inclinación..... 34
20	Mecanismo de elevación de la primera alternativa..... 36
21	Segunda alternativa vista en perspectiva..... 37
22	Segunda alternativa vista lateral izquierda..... 38
23	Tercera alternativa vista en perspectiva..... 39
24	Tercera alternativa vista lateral izquierda..... 39
25	Elementos del asiento..... 43
26	Diagrama de cuerpo libre..... 44
27	Modelo para ANSYS..... 45
28	Sistemas de análisis..... 45
29	Importación de la geometría..... 46
30	Menú de configuración..... 46
31	Malla generada por defecto..... 47
32	Fuerzas y sujeciones..... 49
33	Deformación total en el mecanismo de elevación..... 49
34	Factor de seguridad del mecanismo de elevación..... 50
35	Calculo del esfuerzo realizado por el cilindro neumático..... 50
36	Mallado óptimo..... 52
37	Diagrama de cuerpo libre..... 52
38	Fuerzas y sujeciones en el caso 1..... 53

39	Fuerzas y sujeciones en el caso 2.....	53
40	Análisis fatiga	54
41	Convergencia de resultados.	55
42	Deformación total caso 1.	55
43	Deformación total caso 2.	55
44	Esfuerzo máximo en la estructura en el caso 1.	56
45	Esfuerzo máximo en la estructura en el caso 2.	56
46	Factor de seguridad en el caso 1.	57
47	Factor de seguridad en el caso 2.	58
48	Punto de interés factor de seguridad caso 1.	58
49	Punto de interés factor de seguridad caso 2.	59
50	Factor de seguridad en el caso 1.	59
51	Factor de seguridad en el caso 2.	60
52	Factor de seguridad menor en el caso 1	60
53	Factor de seguridad menor en el caso 2.	60
54	Ciclos de vida en el caso 1.	61
55	Ciclos de vida en el caso 2.	61
56	Tipo de junta.	64
57	Partes de un cilindro neumático.	65
58	Posición inicial del cilindro neumático.	68
59	Esquema electro-neumático posición 1.....	68
60	Esquema electro-neumático posición 2.....	68
61	Mapa de procesos.....	69
62	Medición de un tubo para cortarlo.	73
63	Comprobando medidas para doblar.	73
64	Tubo doblado a 90 grados.	74
65	Brazo del mecanismo de elevación.	74
66	Materiales para el mecanismo de elevación.....	74
67	Unión mediante puntos de soldadura.	75
68	Mecanismo de elevación con el cilindro neumático.	75
69	Tubo doblado a 162 grados.....	76
70	Tubo doblado a 110 grados.....	76
71	Tubo doblado a 90 grados.	76
72	Tubo doblado a 13 grados.....	76
73	Bases para la banqueta.	77
74	Estructura de la banqueta.	77
75	Estructura del espaldar.	77
76	Estructura del asiento.	78
77	Esponjas de poliuretano moldeado.	78
78	Asiento terminado.	79
79	Circuito neumático y eléctrico.	79
80	Componentes.....	80
81	Cilindro neumático.....	80

82	Estructura de la empresa.	81
83	Línea de producción.....	82
84	Línea de producción.....	83
85	Línea de producción.....	83
86	Croquis de la posible ubicación la empresa.	90

LISTA DE ABREVIACIONES

ANT	Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador
INEN	Instituto Técnico Ecuatoriano de Normalización
RTE	Reglamento técnico ecuatoriano
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
SAE	Servicio de Acreditación Ecuatoriano
SERCOMEC	Centro de Transferencia Tecnológica de Servicios y Construcciones Mecánicas
CADME	Centro de Apoyo al Desarrollo Metalmecánico
CCIEV	Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares
DIN	Instituto Alemán de Normalización
CNCF	Centro Nacional de Capacitación y Formación Profesional
IEES	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social
CFN	Corporación Financiera Nacional
SRI	Servicio de Rentas Internas

LISTA DE ANEXOS

- A** Catálogo selección del cilindro neumático.
- B** Casa de la calidad.

RESUMEN

Se diseñó y construyó un asiento para el conductor de autobús que es ergonómico y que cumple con las especificaciones del reglamento RTE INEN 043, como los elementos constitutivos del asiento y sus respectivas regulaciones (regulación vertical, horizontal y ángulo del espaldar).

Para la etapa de diseño se consideró las demandas de los usuarios y fabricantes para un diseño enfocado al desarrollo de la calidad, posteriormente se propuso varias alternativas que fueron evaluadas mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados. Se verificó la resistencia de la estructura seleccionada mediante la ayuda de una herramienta de análisis por el método de elementos finitos.

En el análisis de la estructura se recomienda tomar en cuenta criterios de calidad de malla como el criterio element quality en ANSYS, que recomienda que las estadísticas de la malla deben tener tendencia a 1 para ser considerada como malla de buena calidad, en caso de no tener una malla óptima podría generar resultados erróneos. Con los resultados del análisis corroboramos que los materiales propuestos tienen un límite de fluencia mayor que el esfuerzo máximo que soportara la estructura del asiento.

En la etapa de construcción se definió el mapa y diagrama de procesos de manufactura, el tiempo que se demoró en construir el asiento. Luego se estableció el punto de equilibrio en el que la empresa debe producir 1351 asientos incluyendo los asientos de los pasajeros del autobús para no tener deudas al final del primer año.

ABSTRACT

It was designed and built a seat bus for the driver which is ergonomic and meets the expectations of the regulation RTE INEN 043, with elements of the seat and its respective regulations (height adjustment, horizontal and backrest angle).

For the design stage is considered the demands of the users and manufacturers for a design focused on the development of quality, then several alternatives that were evaluated by the ordinal corrected weighted criteria method was proposed. The resistance of the selected structure was verified with the aid of an analysis tool by finite element method.

In the analysis of the structure it is recommended to take into account quality criteria mesh as the criterion element quality in ANSYS, it recommends that statistics should have a tendency mesh 1 mesh to be considered good quality, should not have an optimal mesh could cause erroneous results. With the results of the analysis it confirms that the proposed materials have a higher creep limit the maximum effort that supports the seat structure.

In the construction phase was defined the map and manufacturing process diagram, the time which took to build the seat. Then it was established the point of equilibrium in which the company must produce 1351 seats including the seats of the bus passengers to avoid debt at the end of the first year.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El cambio de la matriz productiva tiene como objetivo fabricar productos que tengan un valor agregado para poder exportarlos, la fabricación de carrocerías es uno de estos productos en los que se enfoca el cambio de la matriz productiva, específicamente la zona de planificación 3 en la que se encuentra las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Pastaza y Chimborazo, teniendo 4 empresas carroceras en la ciudad de Riobamba que compiten con 79 empresas situadas en el resto de ciudades del país de acuerdo al informe de la Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador (ANT) emitido el 19 de marzo del 2015.

Para producir carrocerías de buses que brinden a la sociedad un medio de transporte seguro y confortable, que puedan competir de la mejor manera con las diferentes empresas carroceras del país, por este propósito es necesario cumplir con los reglamentos y las normas técnicas, en la cual disponen parámetros para el proceso de construcción de la carrocería, sin embargo se tiene inconvenientes con el cumplimiento del reglamento RTE INEN 043 ítem b.2.2 sobre el asiento del conductor, que hace referencia a los requisitos que deben cumplir los autobuses de transporte interprovincial e intraprovincial, por este motivo se propone el desarrollo de este tema de tesis en el que se va a diseñar un asiento que cumpla con la normativa:

b.2.2.1) Tipo ergonómico, regulable en los planos vertical y horizontal (longitudinal)

b.2.2.2) Ubicado frente al volante de conducción.

b.2.2.3) Ancho mínimo 450 mm.

b.2.2.4) Profundidad mínima 450 mm.

b.2.2.5) Altura mínima del espaldar 500 mm.

b.2.2.6) Mecanismos de ajuste.

Los recorridos de ajuste deben ser:

Vertical entre 400 mm y 550 mm.

Horizontal con una carrera mínima de 120 mm.

1.2 Justificación

1.2.1 Justificación técnica. La provincia de Chimborazo se encuentra en la zona 3 del proyecto de cambio de la matriz productiva que se va a enfocar en la producción de carrocerías y partes, se propone desarrollar este proyecto de tesis en el que se va a diseñar y construir un asiento para el conductor de un autobús que cumpla con el reglamento RTE INEN 043, mediante la implementación de sistemas de desplazamiento horizontal y vertical, mejorando el campo de visibilidad frontal superior, frontal inferior, frontal izquierda, frontal derecha en el autobús y aumentando el confort del asiento.

1.2.2 Justificación económica. Muchos aspectos se toman en cuenta al momento de adquirir un asiento para el conductor de autobús, entre ellos la ergonomía, confort y seguridad que va tener el asiento, estos aspectos le dan un valor agregado e influyen en el costo del asiento, tomando en cuenta que el costo debe ser menor al costo de los asientos importados para poder competir y brindar una opción al sector carrocerero.

1.2.3 Justificación social. Con la realización de este proyecto se busca aplicar e innovar los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Automotriz, presentando al sector carrocerero una alternativa para adquirir un asiento diseñado específicamente para el conductor y que sea de bajo costo en comparación con los asientos que se importan.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Diseñar y construir un asiento ergonómico para el conductor de autobús que cumpla con el reglamento RTE INEN 043 con fines de producción nacional.

1.3.2 Objetivos específicos:

Analizar las áreas científicas y tecnológicas sobre asiento para conductores de autobuses.

Determinar las características de un asiento para el conductor según el reglamento RTE INEN 043.

Establecer los sistemas de elevación, desplazamiento horizontal y regulación longitudinal

para cumplir con el reglamento RTE INEN 043.

Establecer las condiciones ergonómicas y de confort de trabajo.

Determinar los materiales para la construcción estructural y de acabados del asiento.

Realizar un análisis de costos en la construcción del asiento.

Realizar el protocolo de prueba donde se valide el cumplimiento de la normativa.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

Mediante la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) el estado ecuatoriano regula y controla la producción de autobuses que deben cumplir ciertas características especificadas en normas y reglamentos técnicos que fueron creados en el INEN, estas normas y reglamentos sirven para definir los parámetros más importantes de construcción de la estructura, las dimensiones de algunos elementos internos y los elementos mínimos seguridad con los que debe estar equipado el autobús para brindar un buen servicio a sus usuarios, también para cumplir las normas y reglamentos utilizados por la ANT son los siguientes:

- NTE 1323:2013. Vehículos automotores. Carrocerías de buses. Requisitos.
- NTE 2205:2010. Vehículos automotores. Bus urbano. Requisitos.
- NTE 1155:2013. Vehículos automotores. Dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad.
- NTE INEN 1668. Vehículos de transporte público de pasajeros intrarregional interprovincial e intraprovincial.
- NTE 1669:2011. Vidrios de seguridad para automotores. Requisitos.
- NTE INEN 2292. Accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio físico. Transporte.
- NTE 1992:96. Servicio de transporte escolar. Requisitos.
- NTE 2656:2012. Clasificación Vehicular.
- RTE INEN 034 (2R). Elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores.
- RTE INEN 038 (2R). Bus Urbano.
- RTE INEN 041 (2R). Vehículos de transporte escolar.

- RTE INEN 043 (2R). Vehículos de transporte público de pasajeros intrarregional, interprovincial e intraprovincial.

La ANT mediante empresas calificadas por el servicio de acreditación ecuatoriano (SAE), revisa que los autobuses construidos en el país cumplan con las normas y reglamentos que ha desarrollado el INEN, las empresas certificadas para realizar la inspección de los autobuses son las siguientes:

- Centro de Transferencia Tecnológica de Servicios y Construcciones Mecánicas (SERCOMEC) ubicado en Riobamba
- Centro de Apoyo al Desarrollo Metalmecánico (CADME) ubicado en Ambato.
- Centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV) ubicado en Quito.

Estas empresas mediante un proceso interno verifican varios aspectos en la construcción del autobús para luego emitir un informe para a la ANT, entre los elementos que se inspeccionan está el asiento del conductor, en el asiento se verifica medias y partes constitutivas que el reglamento RTE INEN 043, ítem b.2.2 específica, como:

b.2.2.1) Tipo ergonómico, regulable en los planos vertical y horizontal (longitudinal)

b.2.2.2) Ubicado frente al volante de conducción.

b.2.2.3) Ancho mínimo 450 mm.

b.2.2.4) Profundidad mínima 450 mm.

b.2.2.5) Altura mínima del espaldar 500 mm.

b.2.2.6) Mecanismos de ajuste. Los recorridos de ajuste deben ser:

Vertical entre 400 mm y 550 mm; horizontal con una carrera mínima de 120 mm, la inclinación del espaldar debe estar entre 90° y 110° con respecto a la parte horizontal del asiento. Todos estos ajustes deben ser fácilmente realizables por un conductor de peso medio de 70 kg y los mandos de ajuste deben estar al alcance de sus brazos. La base del asiento debe estar firmemente anclada a la estructura del piso de la carrocería.

2.1 Definición de asiento según el reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 043.

Estructura que puede anclarse a la carrocería del vehículo, que incluye la tapicería y los elementos de fijación, destinados a ser utilizados en un vehículo y diseñado ergonómicamente para la comodidad del pasajero (INEN RTE 043, 2014 pág. 3).

2.2 Descripción sobre el asiento del conductor

A través del desarrollo de la industria carrocera en el Ecuador se ha improvisado asientos para el conductor del autobús, primero se hacían estructuras que sirven solo para una sola estatura de persona ya que eran estructuras fijas que no contaban con mecanismos de regulación y no se puede regular la altura ni la distancia a los pedales del autobús, después se añadió mecanismos para regular la altura del asiento y la distancia a los pedales pero sin cumplir con la normativa establecida en el país, también se ha incorporado unas esponjas que sirven para brindar comodidad al conductor del autobús.

Figura 1. Asientos usados para los conductores de autobús.



Fuente: Autor.

Los asientos importados cumplen con las norma RTE INEN 043, también tienen mejores componentes que los de producción nacional y se presentan agradables para el usuario, con el inconveniente de que tiene un costo elevado por ser importado.

Figura 2. Asiento de fabricación china.



Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/isri-seat-mechanical-damping-system-ztzy1051-bus-driver-seat-isri-seats--520071689.html>

2.3 Partes del asiento del conductor

El asiento está compuesto por varias partes descritas a continuación:

- Apoya cabezas: Él apoya cabezas es el componente destinado a reducir el movimiento hacia atrás para reducir el riesgo de lesiones en el cuello

Figura 3. Apoya cabezas.



Fuente: <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/16200367/El-apoyacabezas-el-gran-olvidado.html>

- Espaldar: Es el componente encargado de soportar la espalda del conductor.
- Banqueta: Es el componente encargado de soportar prácticamente todo el peso del conductor.

- Mecanismo de reclinación: Este mecanismo permite regular la inclinación del espaldar.
- Mecanismo de elevación: Este mecanismo permite regular la altura del asiento de acuerdo a la altura del usuario.
- Mecanismo de desplazamiento horizontal: Este mecanismo permite desplazar el asiento horizontalmente para regular la distancia del asiento al volante.
- Anclaje: Es la parte encargada de unir el asiento a la carrocería del autobús.

Figura 4. Partes de un asiento Aumentar letras a los nombres.



Fuente: Autor

2.4 Tipos de asiento para conductor

Existen algunos tipos de asientos para conductor de un vehículo entre los que tenemos los siguientes que se los clasifica por su utilización:

2.4.1 Asiento compacto: Este tipo de asientos son diseñados para ocupar el menor espacio en el habitáculo del vehículo, el diseño de este tipo de asientos deja en segundo plano la comodidad del conductor priorizando la optimización del espacio en la cabina que va a utilizar .

Figura 5. Asiento compacto.



Fuente: <http://www.autoadapt.com/en/products/seats/compact-seat/>

2.4.2 *Asiento deportivo:* Es un asiento que tiene los lados inferiores contorneados para adaptarse al conductor, tiene respaldo alto con reposacabezas y algunos tienen varias zonas acolchadas en los lados del asiento y el respaldo para mantener al conductor en una posición de conducción adecuada.

Figura 6. Asiento deportivo.



Fuente: <http://www.autoadapt.com/en/products/seats/compact-seat/>

2.4.3 *Asientos utilitario:* Estos asientos son diseñados de acuerdo a la necesidad que van a satisfacer, un ejemplo de este tipo de asientos es el siguiente:

El asiento de la imagen fue diseñado para girar su base, salir del habitáculo mediante una base especial y facilitar a una persona discapacitada el poder acceder a su silla de ruedas.

Figura 7. Asiento utilitario.



Fuente: http://www.autoadapt.com/globalassets/docs/brochures/solution-brochures/getting-seated/438544_ed1_getting-seated_brochure_es_screen.pdf

2.5 Ergonomía aplicada al puesto de trabajo del conductor

Mediante la ergonomía se va a desarrollar un asiento que sea cómodo para el usuario, mediante la aplicación de los principales componentes de la ergonomía para determinar la forma adecuada para los distintos elementos del asiento.

2.5.1 Principio fundamental: Es adaptar el entorno y los objetos a los seres humanos con el fin de lograr una buena relación entre la eficacia funcional y el bienestar humano.

2.5.2 Componentes de la ergonomía: Los componentes de la ergonomía se relacionan directamente con los factores ergonómicos que son los factores humanos, factores ambientales y factores objetuales, mediante la relación de los factores ergonómicos y los componentes de la ergonomía se logra obtener un diseño ergonómicamente adecuado para los usuarios.

Tabla 1. Componentes de la ergonomía.

Factores humanos	Factores ambientales	Factores objetuales
Anatomofisiológico	Temperatura	Forma
	Humedad	Volumen
	Ventilación	Peso
Antropométrico	Iluminación	Dimensiones
Psicológico	Vibración	Color
	Contaminación	Texturas tecnología
Sociocultural		Controles, indicadores, símbolos y signos

Fuente: <https://www.coursehero.com/file/6499950/48834009-ERGONOMIA-PARA-EL-DISENO/>

- Factor anatomofisiológico. Es el factor que toma en cuenta la estructura y funcionamiento del cuerpo humano.
- Factor antropométrico. Es el factor que analiza únicamente las características físicas del hombre.
- Factor psicológico. Es el factor que estudia las capacidades, limitaciones y reacciones psíquicas y mentales del ser humano.
- Factor sociocultural. Es el factor encargado de estudiar al hombre como un ser social, sus características culturales, sociales, económicas e ideológicas (Flores, 2001 pp. 30-33).
- Factores ambientales. Analizan las características de un espacio físico definido, en donde una persona desarrolla sus actividades.
- Factores objetuales. Analizan las formas de los objetos que las personas utilizamos en el desarrollo de nuestras actividades.

2.5.2.1 *Factor Antropométrico.* El término antropometría proviene de los vocablos griego anthropos que significa hombre y metrikos que significa medida y trata del estudio cuantitativo de las características físicas del hombre (Cabello, 2015 pág. 2).

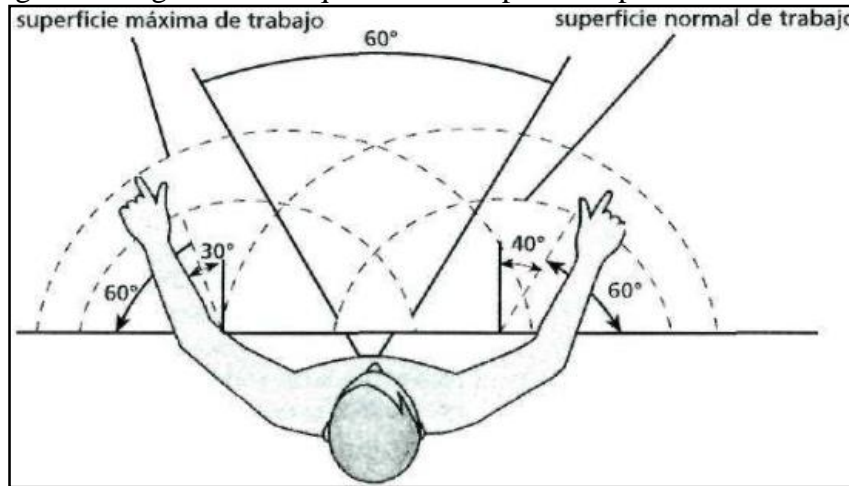
La antropometría es una herramienta de la ergonomía encargada de estudiar las medidas de la estructura anatómica para dimensionar adecuadamente todo lo que utilizamos las personas, las dimensiones de la estructura humana varía de acuerdo a los movimientos y posiciones adoptadas por las personas de acuerdo a la actividad que realizan, por este motivo la antropometría se divide de la siguiente manera:

- Antropometría estática.
- Antropometría dinámica

2.5.2.2 *Antropometría dinámica.* Antropometría dinámica o también denominada como antropometría funcional se encarga de establecer la amplitud de los movimientos que se

generan al realizar alguna acción, y según estos movimientos dimensionar el espacio de trabajo.

Figura 8. Ángulos en los que las manos pueden operar cómodamente.

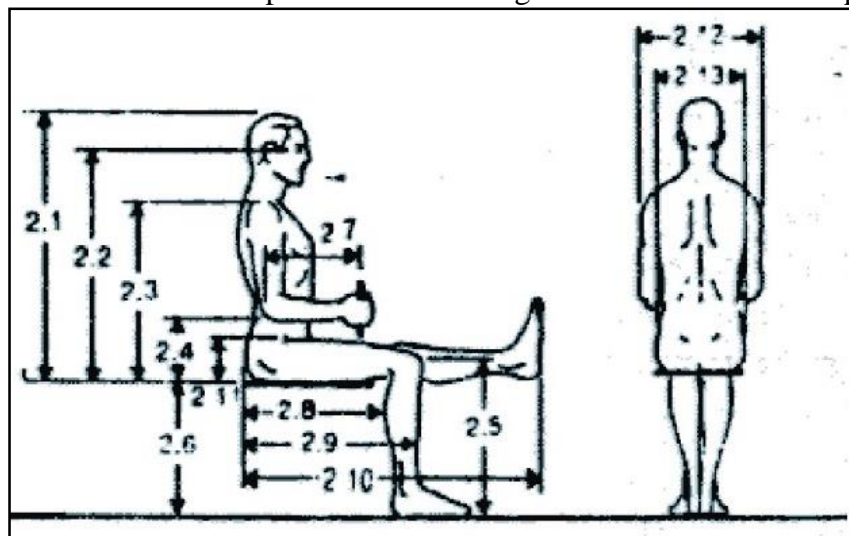


Fuente: <http://es.slideshare.net/jonak19/ergonomia-para-el-diseo>

Hay dos formas en que la antropometría analiza la estructura del cuerpo humano, la primera es la antropometría estática analiza la estructura anatómica en diferentes posiciones estáticas y la segunda es la antropometría dinámica.

2.5.2.3 Antropometría estática. Analiza las posiciones en las que la persona totalmente estática, las principales posiciones son de pie y sentado o sedente, se muestran los principales datos antropomórficos tomados en cuenta para el diseño de un asiento:

Figura 9. Dimensiones en posición sentado según la norma DIN 33402 parte 2.



Fuente: http://www.bertozi.com/adb/PITAGORAS/Engenharias/Eng_Civil/Monografia%20-%20Marcel%20280210.pdf

Tabla 2. Dimensiones del cuerpo humano con percentiles según DIN 33402 parte 2, las medidas se encuentran en centímetros.

Designación		Hombres [%]			Mujeres [%]		
		5	50	95	5	50	95
2.1	Altura de la cabeza desde el asiento, cuerpo erguido	80,5	85,7	91,4	84,9	90,7	96,2
2.2	Altura de los ojos desde el asiento, en posición vertical	68	73,5	78,5	73,9	79	84,4
2.3	Altura del hombro, desde el asiento, en posición vertical	53,8	58,5	63,1	56,1	61	65,5
2.4	Codo, del asiento, en posición vertical	19,1	23,3	27,8	19,3	23	28
2.5	Rodilla - longitud, sentado	46,2	50,2	54,2	49,3	53,5	57,4
2.6	Altura poplítea (parte inferior del muslo)	35,1	39,5	43,4	39,9	44,2	48
2.7	Longitud del antebrazo, horizontalmente hacia el centro de la mano	29,2	32,2	36,4	32,7	36,2	38,9
2.8	Longitud Nalga - poplíteo	42,6	48,4	53,2	45,2	50	55,2
2.9	Longitud Nalga - rodilla	53	58,7	63,1	55,4	59,9	64,5
2.10	Longitud Nalga - pie, pierna estirada horizontalmente	95,5	104	113	96,4	104	113
2.11	Altura de la parte superior de los muslos	11,8	14,4	17,3	11,7	13,6	15,7
2.12	Anchura entre codos	37	45,6	54,4	39,9	45,1	51,2
2.13	Anchura de la cadera, sentado	34	38,7	45,1	32,5	36,2	39,1

Fuente: http://www.bertozi.com/adb/PITAGORAS/Engenharias/Eng_Civil/Monografia%20-%20Marcel%20280210.pdf

2.5.2.4 Principios para el diseño antropométrico. Existen tres principios para el diseño antropométrico con los que se busca adaptar el objeto para que lo puedan usar cómodamente un mayor número de personas estos principios son:

- Principio del diseño para extremos: En este principio se diseña el objeto de tal manera que lo puedan usar la mayor cantidad de personas sin necesidad de ajustar el objeto en cada ocasión que se lo quiera utilizar.
- Principio del diseño para un intervalo ajustable: En este principio se diseña el objeto con mecanismos o formas para ajustarlo a la persona que lo quiere utilizar, este principio es el más caro entre los tres por el mecanismo que necesita para ajustarlo a la medida adecuada.
- Principio del diseño para el promedio: Este método es engañoso para el diseño antropométrico porque si se diseña un objeto para las medidas promedio solo lo

podrán utilizar cómodamente un pequeño grupo de personas.

2.5.2.5 Selección de las medidas para el asiento según los puntos antropométricos. En el caso del diseño del asiento para el conductor se toma un principio de diseño antropométrico en la que se selecciona las medidas que se acomodan de mejor manera para los percentiles extremos tanto los percentiles de menores medidas que son los del 5% y los percentiles de mayor medida que son los de 95% de hombre y mujer, según Panero y Zelnik, los percentiles que se debe escoger para que el diseño del asiento sea antropométricamente correcto son los siguientes (Panero págs. 75-82):

Tabla 3. Percentiles para un diseño antropométrico correcto.

Designación		Percentil [%]
2.1	Altura de la cabeza desde el asiento, cuerpo erguido	95
2.2	Altura de los ojos desde el asiento, en posición vertical	95
2.3	Altura del hombro, desde el asiento, en posición vertical	95
2.4	Codo, del asiento, en posición vertical	50
2.5	Rodilla - longitud, sentado	95
2.6	Altura poplíteica (parte inferior del muslo)	5
2.8	Longitud Nalga - poplíteo	5
2.9	Longitud Nalga - rodilla	95
2.10	Longitud Nalga - pie, pierna estirada horizontalmente	95
2.11	Altura de la parte superior de los muslos	95
2.12	Anchura entre codos	95
2.13	Anchura de la cadera, sentado	95

Fuente: Autor.

Los percentiles del 95% se los escogió bajo un criterio de holgura de diseño para acomodar a la mayor cantidad de usuarios del asiento, el percentil del 50% fue seleccionado para tener un mejor descanso sobre él apoya brazos y los percentiles del 5% que son para la altura poplíteica es para que las personas de menor estatura no tengan molestias en sus muslos y para la longitud nalga poplíteo se escogió este percentil para acomodar a la mayor cantidad de usuarios (Panero págs. 57-82).

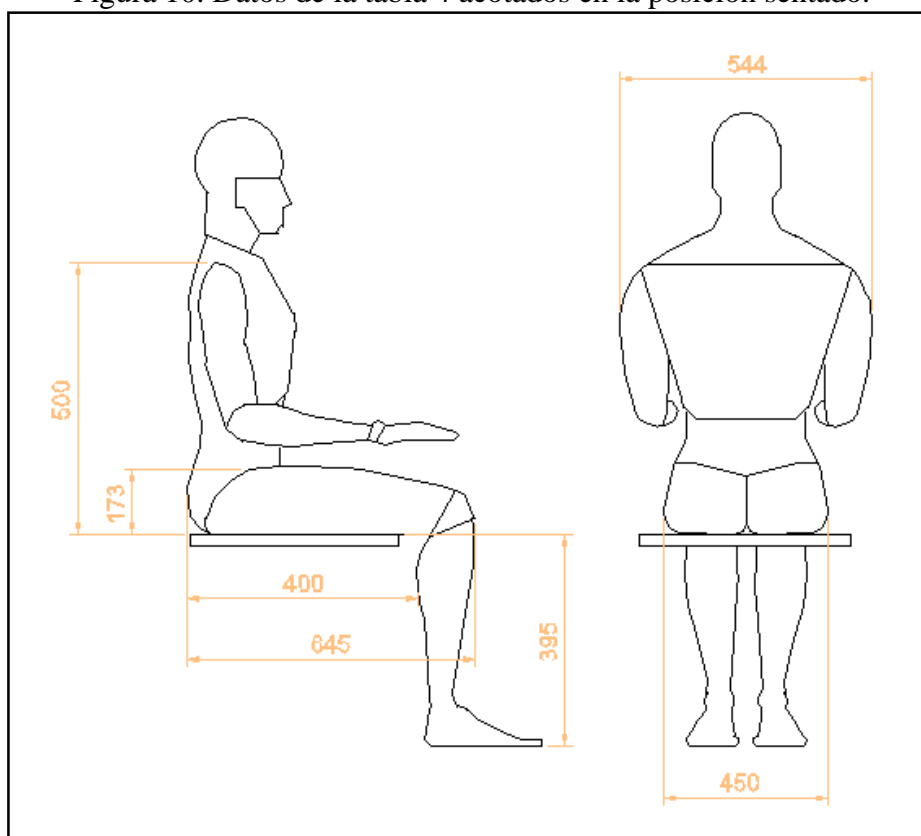
Para dimensionar el asiento se tomara en cuenta las medidas especificadas en el reglamento RTE INEN 043 y las medidas que no se especifica en el reglamento serán tomadas de la tabla 2 que especifica las medidas que debe considerarse para un diseño antropométrico correcto, las medidas a utilizar se describen en la siguiente tabla:

Tabla 4. Medidas para un diseño antropométrico correcto.

Designación	Medidas [mm]
Altura poplítea	395
Longitud nalga - poplíteo	400
Longitud nalga - rodilla	645
Altura de la parte superior de los muslos	173
Anchura entre codos	544
Anchura de la cadera	450
Altura del hombro, desde el asiento	500
Recorrido vertical	400 - 550
Recorrido horizontal	120

Fuente: Autor.

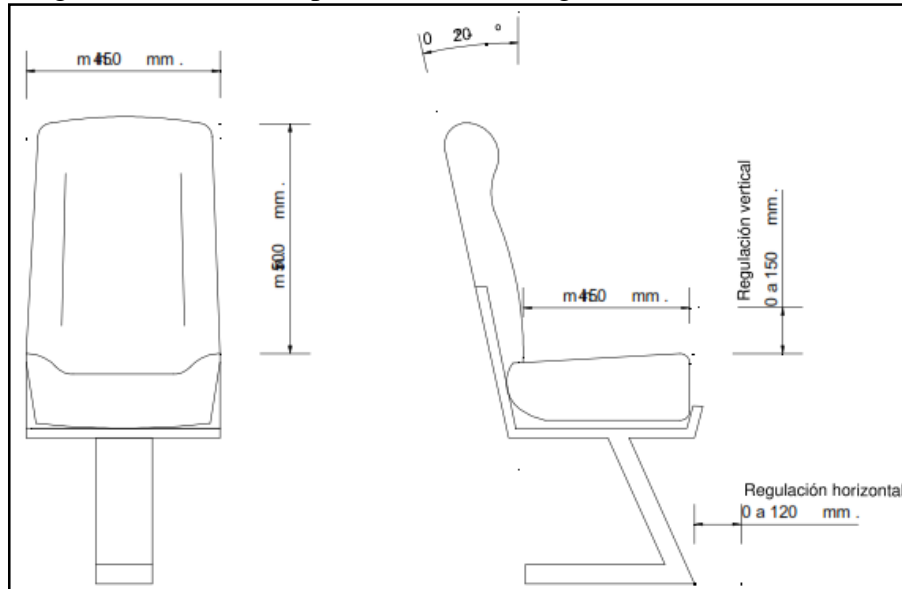
Figura 10. Datos de la tabla 4 acotados en la posición sentado.



Fuente: Autor

En la figura siguiente se observa las medidas que especifica el reglamento técnico ecuatoriano en el cual se establecen medidas de ancho, profundidad y las regulaciones en el plano horizontal, en el plano vertical y en la regulación del espaldar, estas medidas deben ser cumplidas para tener un correcto funcionamiento y aprobar la revisión que se realiza al final de la construcción del autobús.

Figura 11. Medidas especificadas en el reglamento RTE INEN 043.



Fuente: (INEN RTE 043, 2014)

2.5.2.6 Factores ambientales. Los factores ambientales son esenciales para la ergonomía ya que las personas desarrollamos nuestras actividades en un espacio definido que nos rodea para una o varias actividades y su presencia puede afectar la relación entre el usuario y el objeto, por este motivo hay que tener en cuenta el factor ambiental para sentirnos cómodos en nuestro espacio de trabajo y el ambiente no afecte nuestra salud.

Los factores ambientales se dividen en los siguientes factores:

- Factores físicos: Ruido, vibración, temperatura, iluminación, radiación, humedad y presión.
- Factores químicos: Humo, polvo, rocío, vapor y gas.
- Factores biológicos: Virus, bacterias y hongos.

Los factores ambientales físicos analizados para el desarrollo de esta tesis son la temperatura, la ventilación y la vibración.

- Temperatura. Se la define como la una magnitud física que mide la cantidad de energía que contiene su unidad de masa, si la temperatura es demasiado baja y el trabajo que se realiza es de baja carga física se tolera menos tiempo estar en ese nivel de temperatura.

Tabla 5. Relación entre la temperatura ambiente y el efecto en las personas.

Temperatura [°C]	Efectos físicos
10	Entumecimiento de extremidades
18	Confortable
24	Fatiga física
30	Fatiga mental
50	Tolerable por periodos muy breves

Fuente: (Flores, 2001 p. 128)

- Ventilación. La ventilación consiste en cambiar el aire viciado por aire puro mediante diferencia de temperaturas, estos sistemas sirven para renovar el aire en ciertos ambientes, existen tres tipos de ventilación espontanea, artificial y natural.

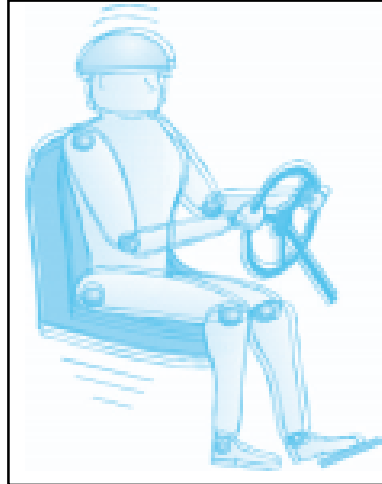
La ventilación espontanea es un sistema poco eficiente y se produce cuando el aire ingresa por las puertas y ventanas, la ventilación artificial también se produce al activar ventiladores que pueden ser de aspiración o extracción que fuerzan la circulación del aire y la ventilación natural es la que utiliza la variación de temperatura para que el aire del exterior ingrese.

- Vibración. Las vibraciones son movimientos repetitivos y tienen como característica principal que siempre regresan a su estado inicial, estos movimientos pueden ser regulares en frecuencia, intensidad y duración, cuando dos o tres de estas características tiene valores elevados la vibración puede ser perjudicial para el conductor del autobús.

Las vibraciones tienen varios efectos que actúan sobre el usuario y el objeto utilizado para realizar ciertas actividades en este caso el asiento del conductor del autobús, uno de los efectos que se producen en el objeto son el desgaste de los elementos del objeto, haciendo necesario un mantenimiento cada cierto tiempo o este desgaste podría influir en la vida útil del asiento.

Otros efectos son los que se producen sobre el usuario que podría ser la disminución de la destreza y control motriz para realizar tareas manuales también afecta las actividades visuales, cuando el tronco de una persona es afectado por la vibración se manifiesta como molestias musculares en la espalda y cuello.

Figura 12. Vibración cuerpo entero.



Fuente:

http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Instituto/Noticias/Noticias_INSHT/2011/ficheros/PonenciaVIBRACIONESBegonnaJuan.pdf

Tabla 6. Efectos de la vibración sobre el cuerpo humano.

Límites de frecuencia [Hz]	Efectos físicos
0,1 - 5	Mareo
3 - 6	Dolor abdominal
7	Dolor pectoral
10	Dolor esqueleto muscular
10 - 100	Daño de la columna vertebral
10 - 300	Visión borrosa
33 - 166	Problemas cardiovasculares
8 - 200	Problemas gastrointestinales
8 - 900	Enfermedad de Raunaud (de los dedos)

Fuente: (Flores, 2001 p. 154)

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1 Análisis de alternativas

En este capítulo se seleccionó entre varias alternativas las partes del asiento mediante el Método ordinal corregido de criterios ponderados, en este método se consideran las ventajas y desventajas que se generan al considerar diferentes materiales o geometrías de cada elemento, también se desarrolló la casa de la calidad que es una herramienta del diseño concurrente que en función del desarrollo de la calidad para diseñar el asiento del conductor satisfaciendo las demandas de los conductores y constructores de carrocerías de autobús.

3.1.1 *Desarrollo de la casa de la calidad.* Mediante el desarrollo de la casa de la calidad se tomó atención a los requerimientos de los usuarios y los constructores de carrocerías de autobuses, también se compara estas demandas con las características de asientos que se encuentran en este momento en el mercado para crear un diseño que debe satisfacer las exigencias de los usuarios y ser mejor que la competencia.

“La casa de la calidad transforma las demandas de los usuarios en requerimientos técnicos del asiento mediante los siguientes pasos:

- **Voz del usuario.** Describe las demandas de los usuarios.
- **Análisis de competitividad.** Describe, según el usuario, el grado de satisfacción que proporcionan los productos o servicios de la empresa respecto a los de la competencia
- **Voz del ingeniero.** Describe los requerimientos técnicos que deberán articularse para satisfacer las necesidades de los usuarios
- **Correlaciones.** Establece las correlaciones entre la voz de los usuarios y la voz del ingeniero.

- Comparación técnica. Compara el producto de la empresa con los de la competencia.
- Compromisos técnicos. Establece los compromisos potenciales entre las diferentes características técnicas del producto para que los clientes se sientan satisfechos.” (Romeva, 2002 pág. 178).

3.1.2 *Matriz de la casa de la calidad:* En la siguiente tabla se muestra la clasificación de la demanda de los usuarios:

- Demanda básicas. Frecuentemente son consideradas obvias, pero si no se cumplen el usuario manifiesta insatisfacción.
- Demanda unidimensional. Con su mejora aumenta proporcionalmente la satisfacción de los usuarios.
- Demanda estimulante. Son características que complacen al usuario y diferencian un producto de otro, al no ser tomadas en cuenta no producen insatisfacción en el usuario.

Tabla 7. Demandas.

Demandas	
B	Básico
O	Unidimensional
E	Estimulante

Fuente: Autor.

Mediante el factor de incidencia se define la capacidad de cada característica para satisfacer al cliente y se evaluó en tres niveles fuerte, medio y bajo, este factor debe analizar el ingeniero.

Tabla 8. Factor de incidencia.

Factor de incidencia	
Fuerte	⊙
Medio	○
Bajo	▽

Fuente: Autor.

El factor de venta valora la importancia que tiene cada característica en la venta del asiento y es evaluado en tres niveles fuerte, posible y ningún.

Tabla 9. Factor de venta.

Factor de venta	
Fuerte	●
Posible	●
Ningún	

Fuente: Autor.

El techo de la casa de la calidad relaciona una característica técnica con otra característica técnica, para determinar si al mejorar una característica también mejora o empeora la otra.



Tabla 10. Techo de la casa de la calidad (Compromisos).

Compromisos	
Muy positiva	⊙
Positiva	O
Negativa	X
Muy negativa	✕

Fuente: Autor

También se realiza una comparación entre los asientos que se ofertan en el mercado:

Tabla 11. Comparación entre competencia 1 y 2.

Competencia	Ajuste desplazamiento horizontal [mm]	Ajuste desplazamiento vertical [mm]	Ajuste inclinación espaldar [grados]	Imagen
1	200	65	80 - 41	
2	100	65	0 - 140	

Fuente: Autor

3.1.3 *Conclusión de la casa de la calidad que se encuentra en el anexo B.* Luego de analizar las demandas de los usuarios, se sugirió varias características técnicas que solucionen estas demandas en la casa de la calidad y se dio un valor a cada una de estas características para determinar que demanda tiene mayor influencia para el usuario. Se establece que hay que concentrar los esfuerzos en mejorar las siguientes características que tuvieron mayor incidencia siendo las tres más destacadas: costo de los materiales de construcción, ergonómico y posibilidad de regulación.

3.1.4 *Criterios de evaluación:*

- Costo. El costo que se genera por los procesos de la fabricación, en la adquisición del material, en adquirir algún elemento prefabricado, en algún proceso de tratamiento superficial, de algún proceso de manufactura que transforme la materia prima del mantenimiento que pueda requerir algún elemento.
- Ergonomía. El apartado de ergonomía es muy importante para el diseño de un asiento, porque el o los usuarios necesitan estar cómodos al utilizar el asiento y así desempeñar cualquier actividad de la mejor manera.
- Posibilidad de regulación. Facilidad con la que se puede regular la posición de algún elemento en conjunto con los otros elementos del asiento, mediante la selección del juego entre elementos.
- Facilidad de fabricación: En este apartado se toma en cuenta la facilidad con la que se daría la geometría deseada al material base.
- Material para construcción: Se compara propiedades mecánicas que tienen los materiales como el límite de fluencia, límite de tracción y resistencia a la fatiga, para tener un criterio referente a varios materiales.
- Instalación: Se refiere al grado de facilidad que tiene cada componente para ser ensamblado y acoplado a la carrocería del autobús.

3.1.5 *Método ordinal corregido de criterios ponderados.* Este método se basa en

enfrentar cada criterio de evaluación con los demás, este método permite al grupo encargado del diseño evaluar según su criterio todas las alternativas que sea posible construir, se asigna los valores de la siguiente manera:

Tabla 12. Valoración resultado de la comparación entre criterios.

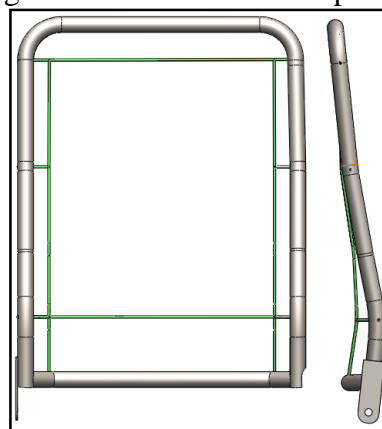
Valor	Interpretación
1	Si el criterio de la fila es superior al de la columna que es comparado
0.5	Si el criterio de la fila es equivalente al de la columna que es comparado
0	Si el criterio de la fila es inferior al de la columna que es comparado

Fuente: (Romeva, 2002 pág. 58)

3.2 Análisis de alternativas posibles

3.2.1 Espaldar. Se estableció la misma geometría para todas las alternativas del espaldar, se sugirió que la estructura sea fabricada de tubo de sección redonda para establecer como se comportara esta sección con la esponja de poliuretano que se instalara, en la siguiente figura en la siguiente figura de la alternativa:

Figura 13. Geometría del espaldar.



Fuente: Autor.

3.2.1.1 Primera alternativa. En esta alternativa se sugiere utilizar un acero ASTM A500 grado B para la construcción de la estructura del espaldar por ser un material que se consigue fácilmente en el mercado ecuatoriano y en la siguiente tabla se puede observar sus propiedades mecánicas:

Tabla 13. Propiedades acero ASTM A500 grado B.

Propiedad	Valor [MPa]
Límite de fluencia	290
Resistencia a la tracción	400

Fuente: http://www.unicon.com.ve/estructural_tubos_estructurales.html

Ventaja:

- Facilidad de conseguir tubo estructural de sección redonda de este material.

Desventaja:

- Necesita una protección anticorrosiva la estructura ya que en nuestro país existen varios tipos de clima y factores ambientales que pueden corroer el material reduciendo su resistencia.

3.2.1.2 Segunda alternativa. Se sugiere utilizar como material de construcción la madera de pino para esta alternativa, con una variante en la sección de su material que en esta alternativa tendría una sección cuadrada para verificar su comportamiento con la esponja de poliuretano.

Tabla 14. Propiedades de la Madera pino.

Propiedad	Valor
Módulo de elasticidad	169 lb/m ²
Resistencia a la tracción	85 MPa
Módulo de Young	16 GPa

Fuente: <http://www.makeitfrom.com/material-properties/Spruce-Pine-Fir-SPF-Softwood/>

Ventaja:

- Existe gran variedad de especies de madera, con distintas propiedades mecánicas que se pueden utilizar en la construcción.

Desventaja:

- La madera puede ser afectada por la humedad que existe en varias zonas del país, dañando su estructura, necesitando algún tratamiento para resistir a la humedad.

3.2.1.3 Tercera alternativa. En esta alternativa se considera como material para la construcción del espaldar al Aluminio 6061 que tiene las siguientes características mecánicas:

Tabla 13. Propiedades del Aluminio 6061.

Propiedad	Valor [MPa]
Resistencia a la tracción	165500
Límite de fluencia	186

Fuente: http://www.pagani-sa.com.ar/infotec_aluminio_6061A.php

Ventajas:

- Tiene buena resistencia a la corrosión en comparación al acero.
- Tiene buena maquinabilidad.

Desventajas:

- El aluminio tiene menor límite de fluencia que el acero.
- El aluminio tiene menor resistencia a la tracción que el acero.

3.2.1.4 *Evaluación y selección de alternativas para el espaldar.* Se analiza todas las ventajas y desventajas descritas para todas las alternativas propuestas anteriormente para determinar la importancia que van a tener, también se codificó las alternativas como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 14. Codificación de las alternativas.

Alternativa	Código
Primera alternativa	ALT - E1
Segunda alternativa	ALT - E2
Tercera alternativa	ALT - E3

Fuente: Autor.

Mediante el Método ordinal corregido de criterios ponderados se generó las siguientes tablas para tomar la alternativa que más conveniente para la construcción del espaldar para el asiento, tomando en cuenta el peso de cada criterio y comparando una alternativa con otra:

- Costo > Ergonomía > Posibilidad de regulación > Facilidad de fabricación > Material de construcción > Instalación.

Tabla 15. Evaluación del peso específico de cada criterio.

Criterios de evaluación	Posibilidad de regulación	Ergonomía	Costo	Facilidad de fabricación	Instalación	Material de construcción	$\Sigma+1$	Ponderado
Posibilidad de regulación		0,5	0	0	1	1	3,5	0,38
Ergonomía	0,5		0	1	1	1	4,5	0,23
Costo	1	1		1	1	0,5	5,5	0,28
Facilidad de fabricación	1	0	0		1	0,5	2,5	0,13
Instalación	0	0	0	0		0	1	0,05
Material de construcción	0	0	0,5	0,5	1		3	0,15
Total							20	1

Fuente: Autor.

- $ALT-E1 > ALT-E2 = ALT-E3$.

Tabla 16. Evaluación del costo.

Costo	ALT - E1	ALT - E2	ALT - E3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - E1		1	1	3	0,5
ALT - E2	0		0,5	1,5	0,25
ALT - E3	0	0,5		1,5	0,25
Total				6	1

Fuente: Autor.

- $ALT-E1 = ALT-E2 = ALT-E3$.

Tabla 17. Evaluación de la ergonomía.

Ergonomía	ALT - E1	ALT - E2	ALT - E3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - E1		0,5	0,5	2	0,33
ALT - E2	0,5		0,5	2	0,33
ALT - E3	0,5	0,5		2	0,33
Total				6	1

Fuente: Autor.

- $ALT-E1 > ALT-E3 = ALT-E2$.

Tabla 18. Evaluación de la posibilidad de regulación.

Posibilidad de regulación	ALT - E1	ALT - E2	ALT - E3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - E1		1	1	3	0,5
ALT - E2	0		0,5	1,5	0,25
ALT - E3	0	0,5		1,5	0,25
Total				6	1

Fuente: Autor.

- $ALT-E1 > ALT-E2 = ALT-E3$.

Tabla 19. Evaluación del material de construcción.

Material de construcción	ALT - E1	ALT - E2	ALT - E3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - E1		1	1	3	0,5
ALT - E2	0		0,5	1,5	0,25
ALT - E3	0	0,5		1,5	0,25
Total				6	1

Fuente: Autor.

- $ALT-E1 = ALT-E3 > ALT-E2$.

Tabla 20. Evaluación de la facilidad de fabricación.

Facilidad de fabricación	ALT - E1	ALT - E2	ALT - E3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - E1		1	0,5	2,5	0,42
ALT - E2	0		0	1	0,17
ALT - E3	0,5	1		2,5	0,42
Total				6	1

Fuente: Autor.

- $ALT-E1 > ALT-E2 > ALT-E3$.

Tabla 21. Evaluación de la facilidad de instalación.

Instalación	ALT - E1	ALT - E2	ALT - E3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - E1		1	0,5	2,5	0,42
ALT - E2	0,5		0,5	2	0,33
ALT - E3	0	0,5		1,5	0,25
Total				6	1

Fuente: Autor.

3.2.1.5 Conclusión. La alternativa ALT-E1 es la que obtuvo mayor valoración, por lo tanto es considerada la alternativa adecuada para ser tomada en cuenta para realizar el diseño del espaldar para el asiento.

Tabla 22. Conclusiones.

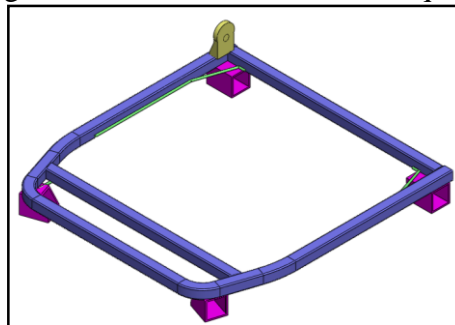
Alternativas/criterios	Posibilidad de regulación	Ergonomía	Costo	Facilidad de fabrica.	Instalación	Material de constru.	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - E1	0,42	0,33	0,50	0,42	0,42	0,5	3,59	1
ALT - E2	0,17	0,33	0,25	0,17	0,33	0,25	2,50	3
ALT - E3	0,42	0,33	0,25	0,42	0,25	0,25	2,92	2

Fuente: Autor.

3.2.2 Banqueta.

3.2.2.1 Primera alternativa. Esta banqueta tiene una geometría casi cuadrada, tiene unas varillas que ayudaran a sujetar el tapizado que se colocara al final de construir el asiento, tiene ciertas curvaturas para disminuir el ancho en la parte delantera y de esta manera acoplarse mejor a la esponja también cuenta con cuatro apoyos en los que se instalara un perno con su respectiva tuerca para asegurar la banqueta.

Figura 14. Primera alternativa banqueta.



Fuente: Autor

Ventajas:

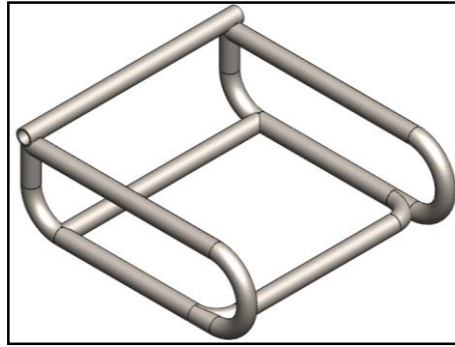
- Es más fácil acoplar los otros elementos del asiento con el tubo cuadrado que con los demás materiales.
- La geometría de la banqueta está diseñada de acuerdo a la geometría de la esponja que se instalara en el asiento.

Desventaja:

- La forma cuadrada del tubo no da facilidad al momento de doblar el tubo para darle la forma que se necesita y esta forma no es amigable con la esponja de poliuretano que se instalara en la banqueta.

3.2.2.2 Segunda alternativa. En esta banqueta se propone una forma diferente a la primera alternativa, esta banqueta se la diseño de esta manera para poder instalar un mecanismo de inclinación del espaldar que se instalara en el espacio de los tubos como se presenta en la figura siguiente.

Figura 15. Segunda alternativa banqueta.



Fuente: Autor.

Ventajas:

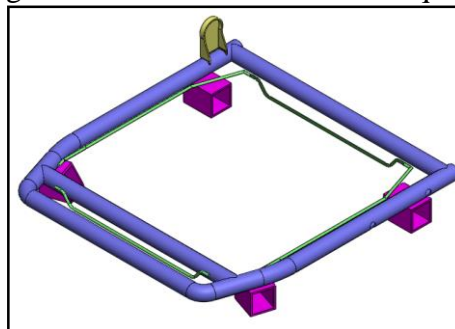
- Tiene mayor espacio para albergar algún elemento además de la esponja.
- Se puede instalar cualquier mecanismo de inclinación.

Desventajas:

- Se necesita un proceso constructivo más extenso por tener varias curvas y bastantes uniones soldadas.
- Se necesita una dobladora con un molde adecuado para doblar en la medida requerida.

3.2.2.3 Tercera alternativa. En esta alternativa se presenta una banqueta con la misma geometría que la primera alternativa, con la misma estructura para unir la banqueta con el espaldar y la banqueta con el mecanismo de desplazamiento horizontal, con la diferencia que el material es tubo redondo 33,4 mm.

Figura 16. Tercera alternativa banqueta.



Fuente: Autor.

Ventajas:

- Por ser redondo es más fácil de encontrar una máquina que doble los tubos para su construcción y esta sección circular es amigable con la esponja de poliuretano que se instalará en la banqueta.
- En la empresas carroceras emplean este material en varios accesorios en la construcción de sus autobuses y por ende tenemos este material disponible todo el tiempo.

Desventajas:

- La forma circular del material complicaría la manera de unir algunos elementos que tienen caras rectas.
- EL anclaje con el espaldar podría tener puntos en donde se concentren esfuerzos que pueden fatigar al material.

3.2.2.4 *Evaluación y selección de alternativas para la banqueta.* Se analiza de la misma manera que se analizaron las alternativas del espaldar, tomando el mismo valor para cada criterio que se especifica en la tabla 12 y también se asignó un código para cada alternativa.

Tabla 23. Codificación de las alternativas.

Alternativa	Código
Primera alternativa	ALT - B1
Segunda alternativa	ALT - B2
Tercera alternativa	ALT - B3

Fuente: Autor.

Mediante el Método ordinal corregido de criterios ponderados se determina la alternativa más conveniente para la realizar el diseño de la banqueta para el asiento, a continuación se detalla el proceso de selección mediante las tablas con los correspondientes criterios tomados en cuenta:

- $ALT-B1 = ALT-B3 > ALT-B2$.

Tabla 24. Evaluación del costo.

Costo	ALT - B1	ALT - B2	ALT - B3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - B1		1	0,5	2,5	0,42
ALT - B2	0		0	1	0,17
ALT - B3	0,5	1		2,5	0,42
Total				6	1

Fuente: Autor.

- ALT-B3 > ALT-B3 > ALT-B2.

Tabla 25. Evaluación de la ergonomía.

Ergonomía	ALT - B1	ALT - B2	ALT - B3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - B1		1	0	2	0,33
ALT - B2	0		0	1	0,17
ALT - B3	1	1		3	0,50
Total				6	1

Fuente: Autor.

- ALT-B1 = ALT-B3 > ALT-B2.

Tabla 26. Evaluación de la posibilidad de regulación.

Posibilidad de regulación	ALT - B1	ALT - B2	ALT - B3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - B1		1	0,5	2,5	0,42
ALT - B2	0		0	1	0,17
ALT - B3	0,5	1		2,5	0,42
Total				6	1

Fuente: Autor.

- ALT-B1 > ALT-B3 > ALT-E2.

Tabla 27. Evaluación del material de construcción.

Material de construcción	ALT - B1	ALT - B2	ALT - B3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - B1		0,5	0,5	2	0,36
ALT - B2	0		0,5	1,5	0,27
ALT - B3	0,5	0,5		2	0,36
Total				5,5	1

Fuente: Autor.

- ALT-B3 > ALT-B1 = ALT-B2.

Tabla 28. Evaluación de la facilidad de fabricación.

Facilidad de fabricación	ALT - B1	ALT - B2	ALT - B3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - B1		0,5	0	1,5	0,25
ALT - B2	0,5		0	1,5	0,25
ALT - B3	1	1		3	0,50
Total				6	1

Fuente: Autor.

- ALT-B1 > ALT-B3 > ALT-B2.

Tabla 29. Evaluación de la facilidad de instalación.

Ergonomía	ALT - B1	ALT - B2	ALT - B3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - B1		1	0,5	2,5	0,42
ALT - B2	0		0	1	0,17
ALT - B3	0,5	1		2,5	0,42
Total				6	1

Fuente: Autor.

3.2.2.5 Conclusión. La alternativa ALT-B3 es la que obtuvo mayor valoración por tener mejores características cualitativas que se evaluaron, por lo tanto es considerada la alternativa adecuada para ser tomada en cuenta para realizar el diseño de la banqueta para el asiento.

Tabla 30. Conclusiones.

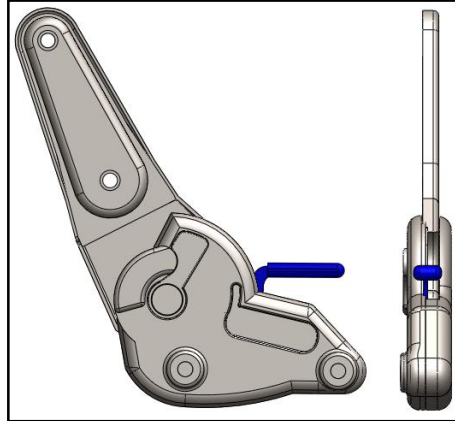
Alternativas/criterios	Posibilidad de regulación	Ergonomía	Costo	Facilidad de fabrica.	Instalación	Material de constru.	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - B1	0,42	0,33	0,42	0,42	0,42	0,36	2,20	2
ALT - B2	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,27	1,19	3
ALT - B3	0,42	0,50	0,42	0,42	0,42	0,36	2,61	1

Fuente: Autor.

3.2.3 Mecanismo de inclinación del espaldar.

3.2.3.1 Primera alternativa. Este mecanismo de inclinación del espaldar consta de un resorte y una palanca que permiten regular el ángulo de inclinación del espaldar y se unirá a los demás elementos mediante pernos que lo fijarán de manera permanente al resto de la estructura, es un mecanismo que será adquirido para reducir el tiempo de fabricación del asiento para el conductor de autobús.

Figura 17. Primera alternativa mecanismo de inclinación.



Fuente: Autor.

Ventajas:

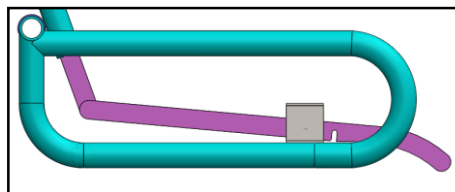
- Es un elemento que se lo puede adquirir ya fabricado, para reducir tiempo de producción de todo el conjunto.
- Ya no es necesario realizar el diseño de este mecanismo, así se reduciría el costo de desarrollo del conjunto del asiento.

Desventajas:

- En algún momento podría no encontrarse en el mercado y se tendría que buscar otra opción.
- Se tiene que adaptar el resto de elemento que se diseñaron para el asiento a este elemento.

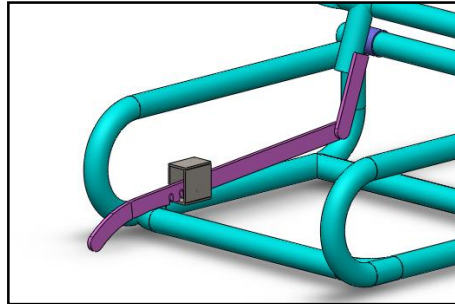
3.2.3.2 Segunda alternativa. Es un mecanismo de fácil construcción que consta de dos una palanca controlada por un resorte, que lo hace mantenerse en la posición seleccionada mediante un patrón de dientes en la palanca.

Figura 18. Segunda alternativa mecanismo de inclinación vista lateral.



Fuente: Autor.

Figura 19. Segunda alternativa mecanismo de inclinación.



Fuente: Autor.

Ventaja:

- Es de fácil construcción, se necesita específicamente la banqueta que se presenta en la figura.

Desventaja:

- Es incomodo la manera de reclinar el asiento con este mecanismo.

3.2.3.3 Evaluación y selección de alternativas para el mecanismo de inclinación. Se analiza de la misma manera que se analizaron los elementos anteriores:

Tabla 31 Codificación de las alternativas.

Alternativa	Código
Primera alternativa	ALT - IN1
Segunda alternativa	ALT - IN2

Fuente: Autor.

Mediante el Método ordinal corregido de criterios ponderados se determina la alternativa más conveniente para utilizar en el conjunto del asiento:

- ALT-IN1 > ALT-IN3.

Tabla 32. Evaluación del costo.

Costo	ALT - IN1	ALT - IN2	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - IN1	0	1	2	0,67
ALT - IN2	0	0	1	0,33
Total			3	1

Fuente: Autor.

- $ALT-IN1 > ALT-IN3$.

Tabla 33. Evaluación de la ergonomía.

Ergonomía	ALT - IN1	ALT - IN2	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - IN1		1	2	0,67
ALT - IN2	0		1	0,33
Total			3	1

Fuente: Autor.

- $ALT-IN1 = ALT-IN3$.

Tabla 34. Evaluación de la posibilidad de regulación.

Posibilidad de regulación	ALT - IN1	ALT - IN2	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - IN1		0,5	1,5	0,50
ALT - IN2	0,5		1,5	0,50
Total			3	1

Fuente: Autor.

- $ALT-IN1 > ALT-IN3$.

Tabla 35. Evaluación del material de construcción.

Material de construcción	ALT - IN1	ALT - IN2	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - IN1		0	1	0,33
ALT - IN2	1		2	0,67
Total			3	1

Fuente: Autor.

- $ALT-IN1 > ALT-IN3$.

Tabla 36. Evaluación de la facilidad de fabricación.

Facilidad de fabricación	ALT - IN1	ALT - IN2	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - IN1		1	2	0,67
ALT - IN2	0		1	0,33
Total			3	1

Fuente: Autor.

- ALT-IN1 > ALT-IN3.

Tabla 37. Evaluación de la facilidad de instalación.

Instalación	ALT - IN1	ALT - IN2	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - IN1	1	0	2	0,67
ALT - IN2	0	1	1	0,33
Total			3	1

Fuente: Autor.

A continuación se expone la conclusión del análisis realizado.

3.2.3.4 Conclusión. La alternativa ALT-NI 1 es la que obtuvo mayor valoración, por lo tanto es considerada la alternativa adecuada para ser tomada en cuenta para realizar el diseño de la banqueta para el asiento.

Tabla 38. Conclusiones.

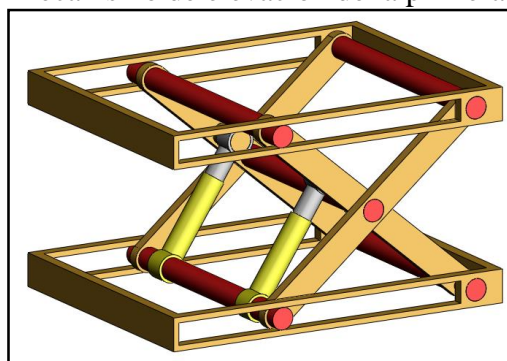
Alternativas/ criterios	Posibilidad de regulación	Ergonomía	Costo	Facilidad de fabrica.	Instalación	Material de constru.	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - IN1	0,50	0,67	0,50	0,67	0,67	0,33	4,00	1
ALT - IN2	0,50	0,33	0,50	0,33	0,33	0,67	3,00	2

Fuente: Autor.

3.2.4 Mecanismo de elevación.

3.2.4.1 Primera alternativa. En esta alternativa se planteó un mecanismo de tijeras que consta de un par de cilindros neumáticos que se unen a dos ejes sólidos que recorren una plantilla que guía su movimiento, el movimiento es generado mediante los cilindros neumáticos que se accionan por una válvula.

Figura 20. Mecanismo de elevación de la primera alternativa.



Fuente: Autor.

Ventajas:

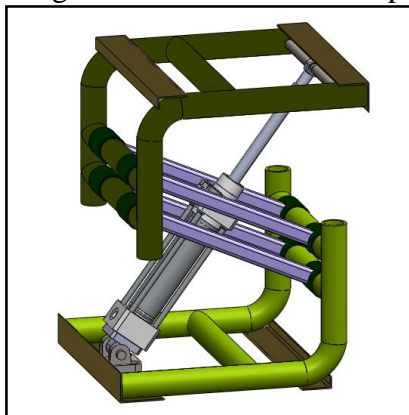
- Es un sistema de fácil construcción.
- El mecanismo tiene buena estabilidad al tener dos cilindros neumáticos que soporten todas las cargas a las que está sometido el sistema.
- Se utiliza varios elementos prefabricados para disminuir el tiempo de producción del asiento.

Desventajas:

- Implica mayor trabajo en la instalación al tener dos cilindros neumáticos.
- Hay que tener en cuenta que los cilindros se sincronicen perfectamente, porque de lo contrario se podría trabar el mecanismo.
- Se necesita un mecanismo extra para tener una posición de inicio en una altura mayor.

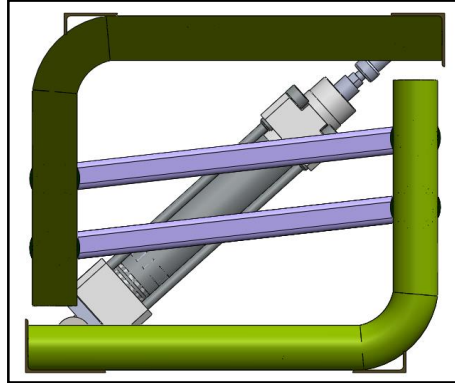
3.2.4.2 Segunda alternativa. Este mecanismo consta de cuatro brazos para elevar el asiento, estos brazos le brindan estabilidad y rigidez al mecanismo, el mecanismo se eleva mediante un cilindro neumático que está sujeto mediante cuatro pernos y tuercas a un ángulo que esta soldado en la base del mecanismo, la parte final del vástago del cilindro se une al sistema mediante un eje sólido, que permite transferir el movimiento del cilindro al asiento.

Figura 21. Segunda alternativa vista en perspectiva.



Fuente: Autor.

Figura 22. Segunda alternativa vista lateral izquierda.



Fuente: Autor.

Ventajas:

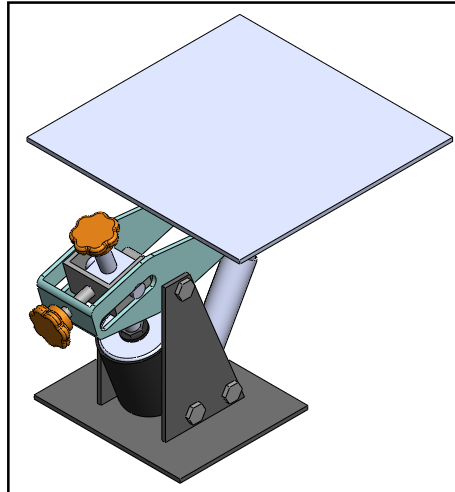
- La utilización de un solo cilindro neumático facilita la instalación del mismo.
- Se utiliza varios elementos prefabricados para disminuir el tiempo de producción del asiento.
- El diseño evita algunos inconvenientes en la instalación del asiento porque no tiene ningún elemento que impida el acceso por los lados del mecanismo de elevación, tampoco impedirá el poder realizar el mantenimiento del mecanismo.

Desventajas:

- Al tener un solo cilindro neumático se generara un esfuerzo elevado en los puntos de apoyo.
- Por tener varios elementos prefabricados en algún momento el proveedor podría dejar de abastecer de estos elementos.

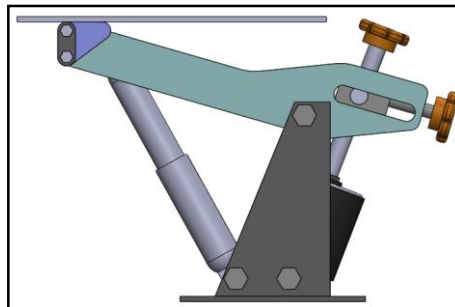
3.2.4.3 Tercera alternativa. En esta alternativa hay un mecanismo de elevación que consta de eje que tiene un roscado de potencia que regula la elevación de un cilindro que permite el desplazamiento vertical, cuenta con una base que se anclara al piso de la carrocería del autobús mediante cuatro pernos y también se muestra una placa metálica en la parte superior en donde se anclara la banqueta del asiento a este mecanismo de elevación.

Figura 23. Tercera alternativa vista en perspectiva.



Fuente: Autor.

Figura 24. Tercera alternativa vista lateral izquierda.



Fuente: Autor.

Ventajas:

- Se emplearía menos material en el mecanismo de elevación.

Desventajas:

- Se traba en ciertos tramos porque el mecanismo está regulado por un tornillo y al aplicar el peso del conductor sufre una fuerza de aplastamiento contra el hilo del tornillo.
- El mecanismo es inestable porque cuenta con un solo punto de soporte como base del conjunto para mantener la altura establecida por el conductor, esto podría ocasionar problemas en la estabilidad del conductor.
- Se invertiría más tiempo en construir el mecanismo de elevación.

3.2.4.4 Evaluación y selección de alternativas para el mecanismo de elevación. Se evaluara las distintas alternativas mediante el mismo método que se utilizó para los demás componentes:

Tabla 39. Codificación de las alternativas del mecanismo de elevación.

Alternativa	Código
Primera alternativa	ALT - EL1
Segunda alternativa	ALT - EL2
Tercera alternativa	ALT - EL3

Fuente: Autor.

- ALT-EL2 > ALT-EL1 > ALT-EL3.

Tabla 40. Evaluación del costo.

Costo	ALT - EL1	ALT - EL2	ALT - EL3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - EL1		0	1	2	0,33
ALT - EL2	1		1	3	0,50
ALT - EL3	0	0		1	0,17
Total				6	1

Fuente: Autor.

- ALT-EL2 > ALT-EL1 > ALT-EL3.

Tabla 41. Evaluación de la ergonomía.

Ergonomía	ALT - EL1	ALT - EL2	ALT - EL3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - EL1		0	1	2	0,33
ALT - EL2	1		1	3	0,50
ALT - EL3	0	0		1	0,17
Total				6	1

Fuente: Autor.

- ALT-EL2 = ALT-EL1 > ALT-EL3.

Tabla 42. Evaluación de la posibilidad de regulación.

Posibilidad de regulación	ALT - EL1	ALT - EL2	ALT - EL3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - EL1		0,5	1	2,5	0,42
ALT - EL2	0,5		1	2,5	0,42
ALT - EL3	0	0		1	0,17
Total				6	1

Fuente: Autor.

- ALT-EL2 > ALT-EL1 > ALT-EL3.

Tabla 43. Evaluación del material de construcción.

Material de construcción	ALT - EL1	ALT - EL2	ALT - EL3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - EL1		0,5	0,5	2	0,33
ALT - EL2	0,5		1	2,5	0,42
ALT - EL3	0,5	0		1,5	0,25
Total				6	1

Fuente: Autor.

- ALT-EL2 > ALT-EL1 > ALT-EL3.

Tabla 44. Evaluación de la facilidad de fabricación.

Facilidad de fabricación	ALT - EL1	ALT - EL2	ALT - EL3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - EL1		0,5	0,5	2	0,33
ALT - EL2	0,5		1	2,5	0,42
ALT - EL3	0,5	0		1,5	0,25
Total				6	1

Fuente: Autor.

- ALT-EL2 > ALT-EL1 > ALT-EL3.

Tabla 45. Evaluación de la facilidad de instalación.

Instalación	ALT - EL1	ALT - EL2	ALT - EL3	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - EL1		0	1	2	0,33
ALT - EL2	1		1	3	0,50
ALT - EL3	0	0		1	0,17
Total				6	1

Fuente: Autor.

3.2.4.5 Conclusión. La alternativa ALT-EL2 según el análisis realizado es la opción que mejores características reúne para proceder al diseño de este elemento.

Tabla 46. Conclusiones.

Alternativas/criterios	Posibilidad de regulación	Ergonomía	Costo	Facilidad de fabrica.	Instalación	Material de constru.	$\Sigma+1$	Ponderado
ALT - EL1	0,42	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	2,08	2
ALT - EL2	0,42	0,50	0,50	0,42	0,50	0,42	2,75	1
ALT - EL3	0,17	0,17	0,17	0,25	0,17	0,25	1,17	3

Fuente: Autor.

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL ASIENTO

En el capítulo anterior se eligió la alternativa con mayor ponderación de cada componente para el diseño del asiento, en este capítulo se realizó el análisis de esas alternativas seleccionadas mediante una herramienta de análisis de elementos finitos que utiliza relaciones matemáticas con condiciones iniciales para determinar el comportamiento de la estructura del asiento en un análisis estático y a fatiga en el que las fuerzas se ejercen en ciclos. El análisis se lo realizó con la teoría de Von Mises que propone que el elemento fallara si el esfuerzo máximo calculado es mayor que el límite de fluencia del material del que está fabricado. Seguidamente realizó la selección del cilindro neumático relacionando el factor de carga y la fuerza que necesita vencer el cilindro neumático.

4.1 Selección del material para la construcción de la estructura

La estructura del asiento y del mecanismo de elevación debe ser de un material que tenga unas propiedades mecánicas que brinden seguridad al conductor del autobús. El material seleccionado es el acero ASTM A500 grado B o el acero ASTM A36 por sus características mecánicas que son similares, el valor del límite de fluencia del acero ASTM A500 es de 290 MPa y el del acero ASTM A36 es de 250 MPa, ambos aceros son tienen buena ductilidad, resistencia, formalidad.

Tabla 47. Propiedades acero ASTM A500 grado B.

Propiedad	Valor [MPa]
Resistencia a la tracción	400
Límite de fluencia	290

Fuente: http://www.unicon.com.ve/estructural_tubos_estructurales.html

Tabla 48. Propiedades acero ASTM A36.

Propiedad	Valor [MPa]
Resistencia a la tracción	400
Límite de fluencia	250

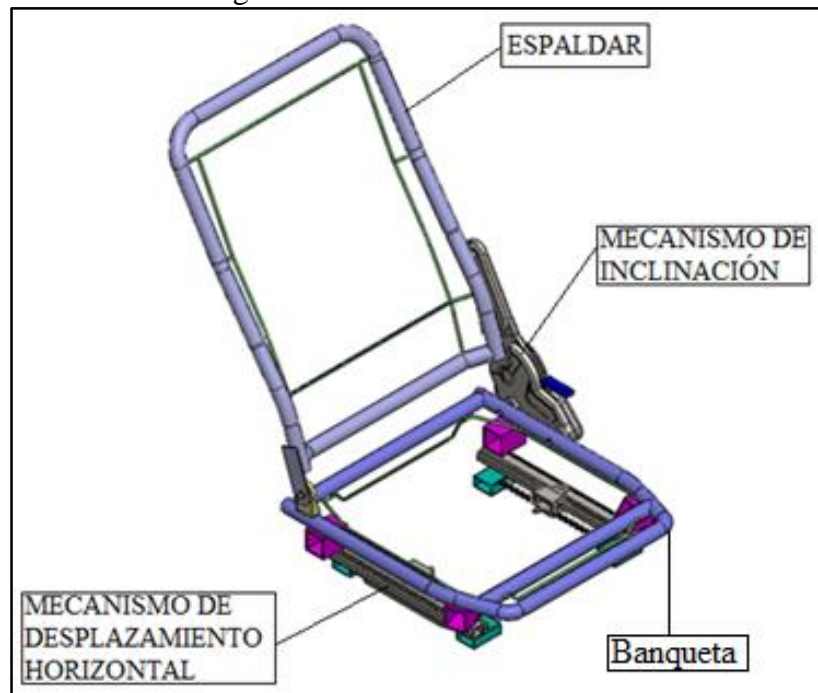
Fuente: http://www.ahmsa.com/Acero/Complem/Manual_Construccion_2013/Capitulo_

4.2 Análisis estático del mecanismo de elevación

Para realizar el análisis del mecanismo de elevación se estableció las cargas que soporta que son las siguientes:

- Peso del asiento.
- Peso del conductor según el reglamento INEN RTE 043 es de 70 kg.

Figura 25. Elementos del asiento.



Fuente: Autor.

Se calculó el peso de la estructura del asiento mediante los datos obtenidos de la modelación en el software:

Tabla 49. Peso del Asiento.

Parte	Material	Volumen [cm ³]	Densidad [kg/cm ³]	Masa [kg]
Espaldar	ASTM A500 GB	0,000233	7850	1,83
Banqueta	ASTM A500 GB	0,000313	7850	2,45
Mecanismo de inclinación	ASTM A36	0,000536	5849	4,21
Mecanismo de desplazamiento horizontal	ASTM A36	0,000384	7 949,9	3,01
Total				11,5

Fuente: Autor.

El peso que soporta la estructura del mecanismo de elevación es 799,24 N (81,5 kgf).

Tabla 50. Pesos para el análisis.

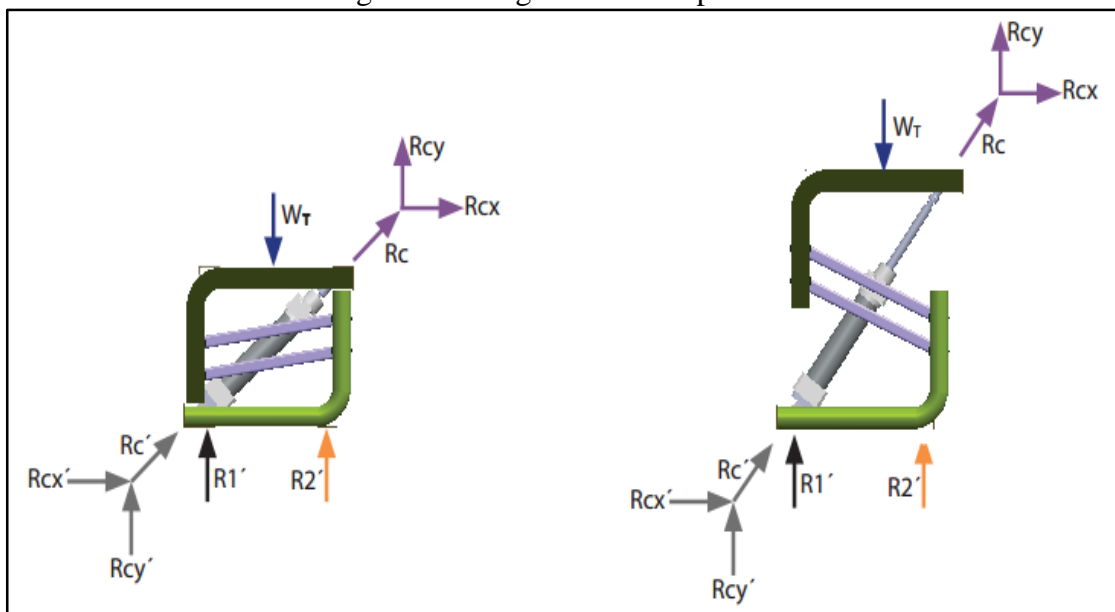
Peso	[kg]	[N]
Conductor	70	686,47
Estructura	11,5	112,78
Total	81,5	799,24

Fuente: Autor.

El peso total se lo distribuye en las zonas de contacto del mecanismo de elevación con la banqueta obteniendo las siguientes fuerzas:

Peso total: $W_T = 799,24 \text{ N}$

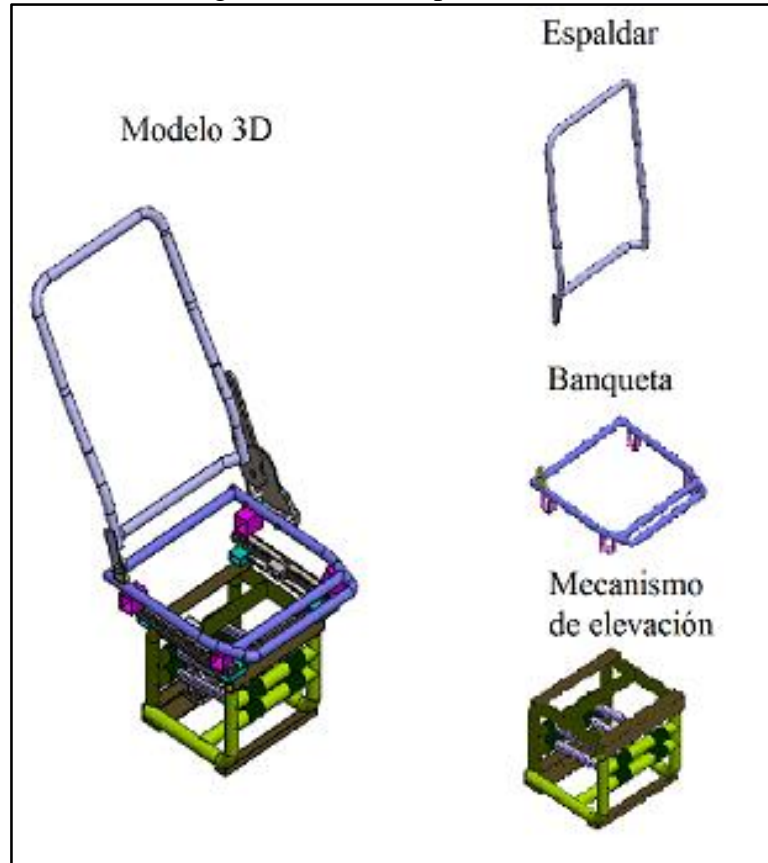
Figura 26. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: Autor.

4.2.1 Preparación del modelo geométrico: Antes de realizar el análisis del modelo geométrico en ANSYS se verificó que no existieran interferencias entre los elementos utilizados para el ensamblaje (espaldar, banqueta y mecanismo de elevación), seguidamente se eliminaron los elementos que podrían causar problemas (pernos y varillas) con el mallado del modelo geométrico y algunos componentes que no se necesitan verificar su factor de seguridad o su deformación máxima, estos componentes se los compraron para reducir los tiempos y costos de fabricación del asiento para el conductor del autobús.

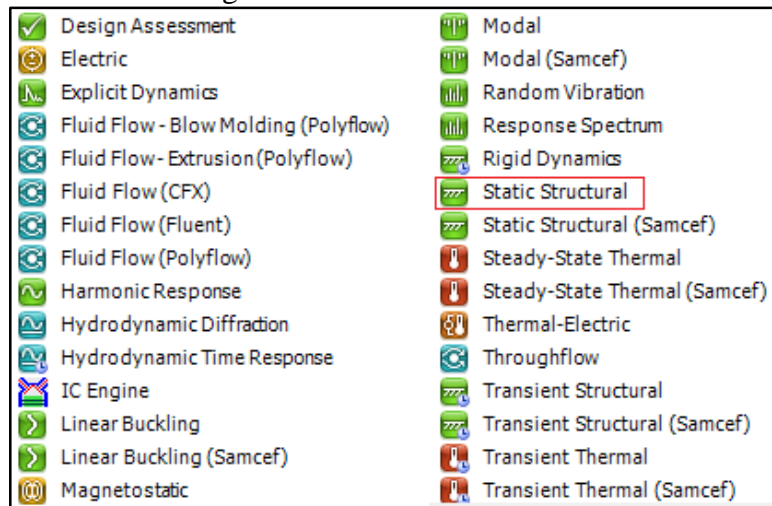
Figura 27. Modelo para ANSYS



Fuente: Autor.

4.2.2 Selección del sistema de análisis: Luego de eliminar las interferencias se seleccionó el sistema de análisis adecuado en este caso Static Structural, además de este sistema existe varios sistemas para otras aplicaciones como el Transient Structural que sirve para determinar la variación de temperatura.

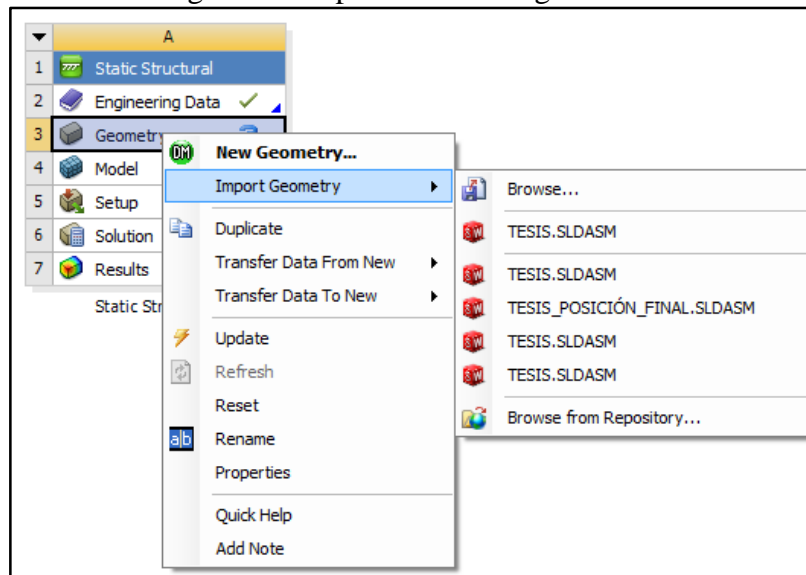
Figura 28. Sistemas de análisis.



Fuente: Autor.

Se importo de la siguiente manera el archivo del modelo geometrico:

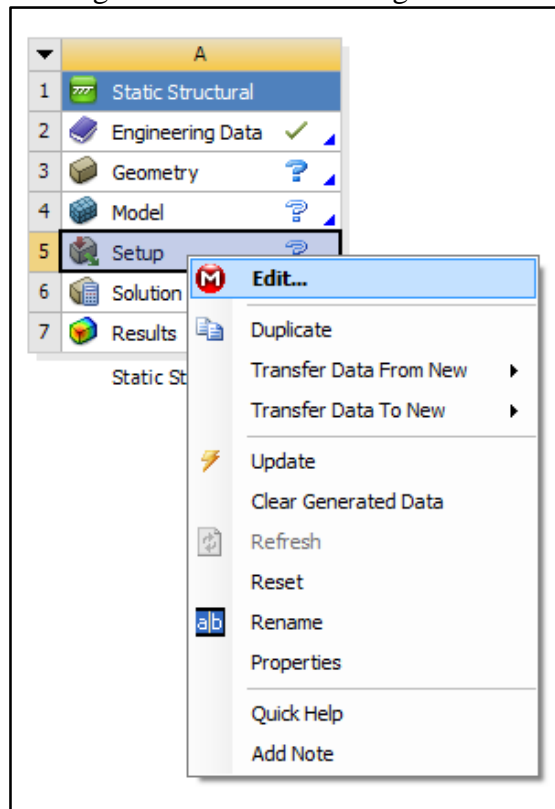
Figura 29. Importación de la geometría.



Fuente: Autor.

Seguidamente se procede a configurar el mallado, las sujeciones y la configuración de las fuerzas que acturan en este analisis.

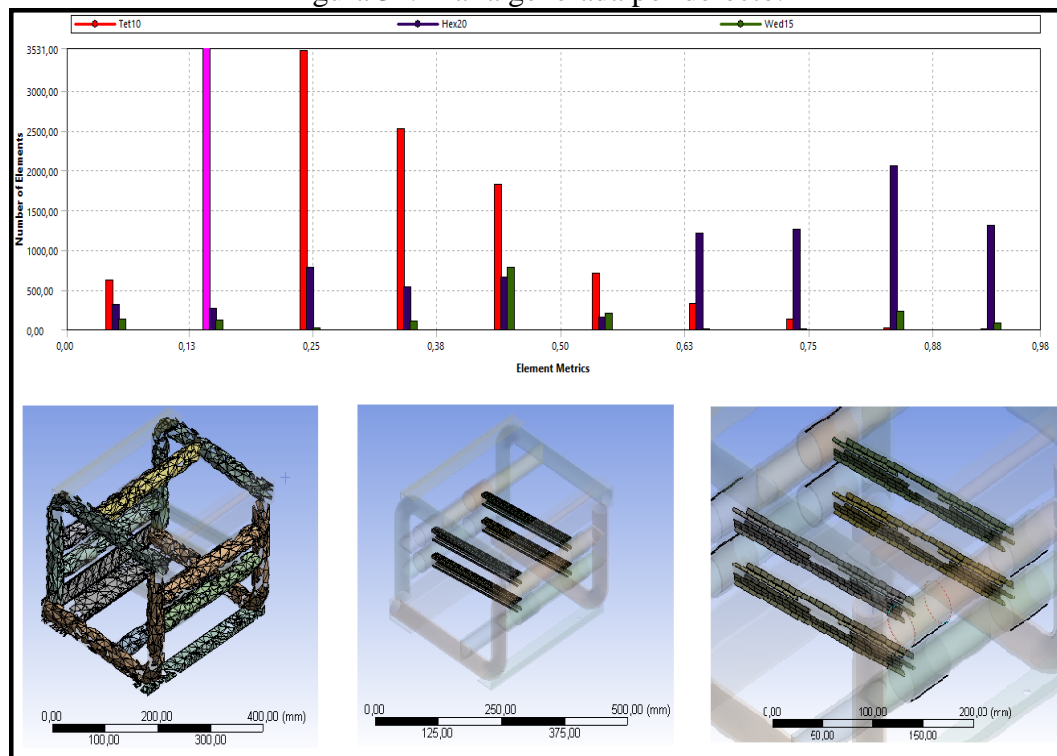
Figura 30. Menú de configuración.



Fuente: Autor.

4.2.3 *Proceso de generación de la malla:* Existe varios tipos de malla (hexaédrica, tetraédrica, triangular y cuadrada) para analizar los distintos casos de estudio, para que los resultados del análisis del mecanismo de elevación sean cercanos al comportamiento real, sus elementos deben ser mallados con una calidad aceptable, esta calidad se la puede verificar en las estadísticas de la malla que genera un gráfico de barras donde se observa la calidad de la malla, en la figura siguiente se observa la calidad de malla generada por defecto.

Figura 31. Malla generada por defecto.



Fuente: Autor.

Se puede mejorar la calidad de la malla mediante la operación de sizing que refina la malla a través configurar un valor de malla a los elementos que presentan problemas, también se puede configurar la función avanzada que tiene las siguientes opciones de proximidad y curvatura, curvatura y proximidad.

Luego de verificar que la calidad de la malla no es adecuada se procede a aplicar un sizing con valores aproximados al espesor de cada perfil estructural, en la siguiente tabla se observa los valores del sizing aplicados al modelo geométrico, estos valores son el resultado de un proceso de varios días de experimentar con varios valores de sizing, no se aplicó las otras opciones por problemas con la computadora.

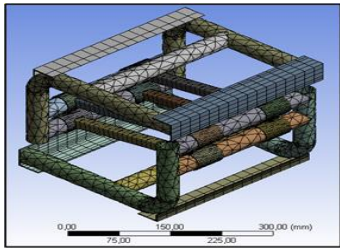
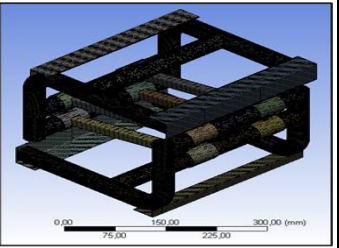
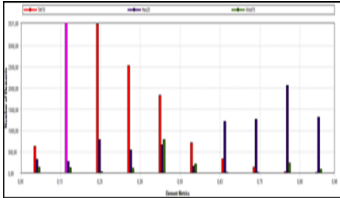
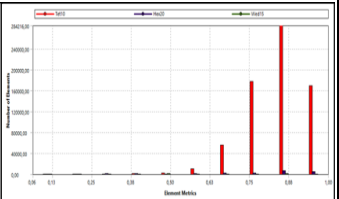
Tabla 51. Operación sizing.

Operación	Valor [mm]
Sizing 1	2,5
Sizing 2	2,5
Sizing 3	4
Sizing 4	3

Fuente: Autor.

El estado de la malla después del sizing mejora porque el promedio de la estadística llega a 0,8 como se observa a continuación, este valor indica que se generó una malla más fina en comparación al mallado por defecto que tiene un promedio de 0,4 este criterio de la malla es de element quality que dice que los valores del promedio de la malla deben tener valores cercanos a 1 para considerar que la malla tiene una buena calidad.

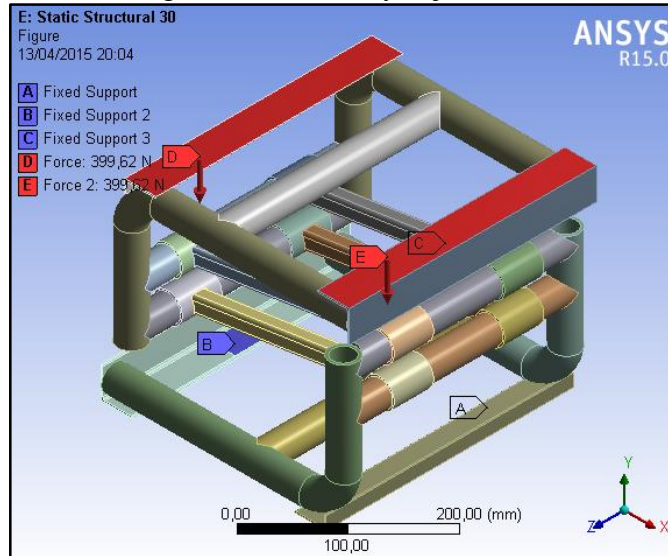
Tabla 52. Estadísticas de la malla.

Dato	Malla por defecto	Malla refinada
Mínimo	1,31E-02	6,20E-02
Máximo	0,997 560 61	0,999 999 512
Promedio	0,438 568 07	0,835 992 337
Desviación estándar	0,24 974 084	9,57E-02
Imagen		
Estadísticas		

Fuente: Autor.

4.2.4 Asignación de sujeciones y fuerzas: Se procede a asignar las sujeciones del mecanismo y asignar las fuerzas $w_t/2$ que actuarán en el análisis, con la configuración mostrada en la figura 32. Las sujeciones “B” y “C” simulan la posición del cilindro neumático para calcular las reacciones en esos puntos, también se puede observar “A” que simula los puntos de anclaje del mecanismo de elevación al piso de la carrocería del autobús.

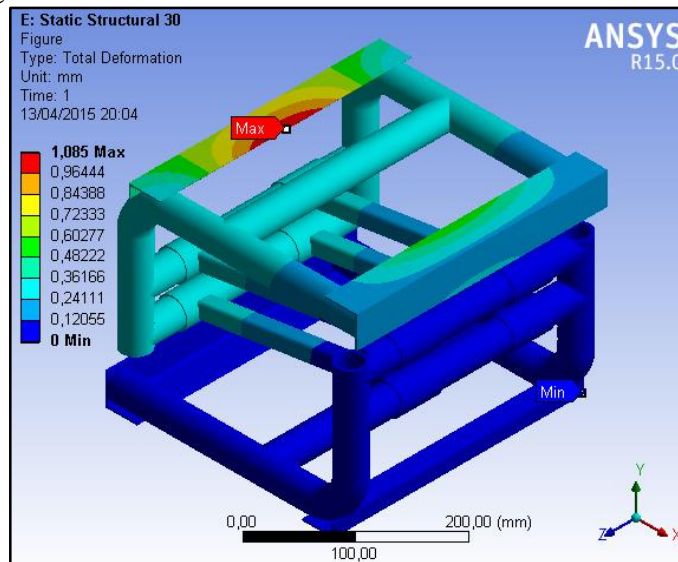
Figura 32. Fuerzas y sujeciones.



Fuente: Autor.

4.2.5 Análisis de resultados: La deformación máxima del mecanismo es 1,085mm en el perfil estructural de sección L que une el mecanismo de elevación con la banqueta, el valor de la deformación es un valor que indica una deformación mínima en relación a la longitud del perfil estructural que es 449,79mm.

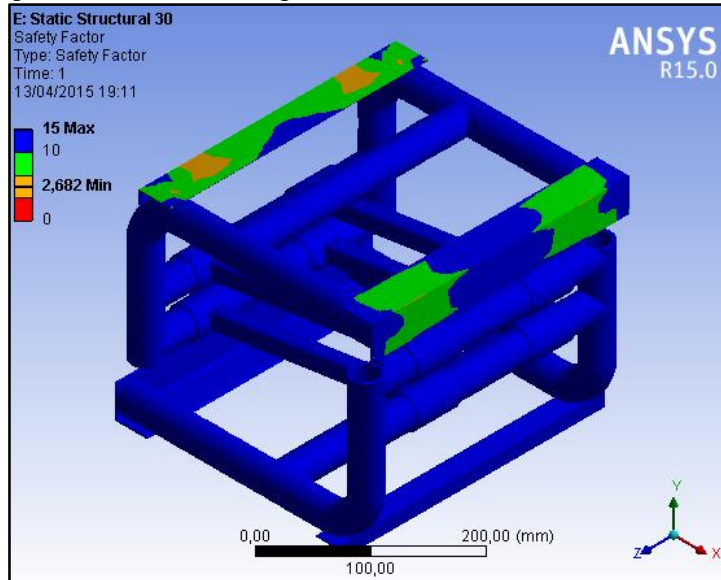
Figura 33. Deformación total en el mecanismo de elevación.



Fuente: Autor.

El factor de seguridad mínimo es de 2,682 que es un valor aceptable para este tipo de mecanismo como el libro de elementos de máquinas en ingeniería mecánica de Robert L. Mott.

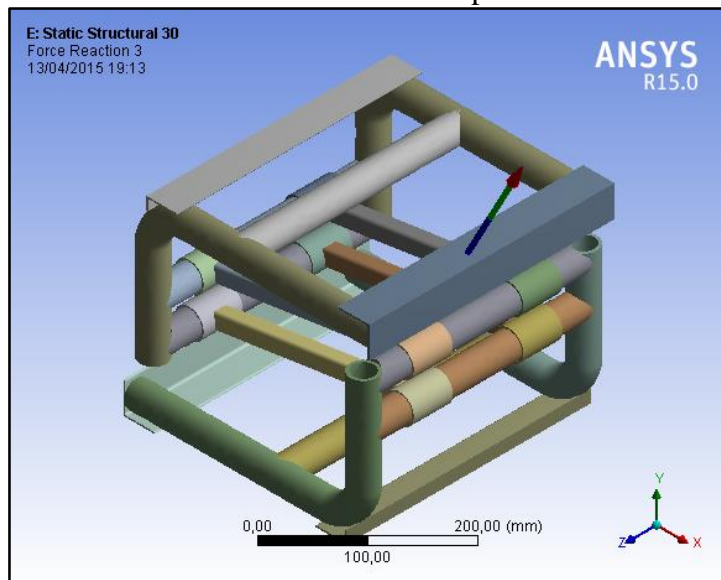
Figura 34. Factor de seguridad del mecanismo de elevación.



Fuente: Autor.

A continuación se observa las reacciones generadas en el lugar en donde será instalado el cilindro neumático para elevar el mecanismo de elevación del asiento para el conductor del autobús.

Figura 35. Cálculo del esfuerzo realizado por el cilindro neumático.



Fuente: Autor.

Tabla 53. Reacciones en el punto de apoyo del cilindro neumático.

Time [s]	Force reaction 3 (X) [N]	Force reaction 3 (Y) [N]	Force reaction 3 (Z) [N]	Force reaction 3 (Total) [N]
1	241,89	430,85	0,26655	494,11

Fuente: Autor.

4.3 Análisis de la estructura del asiento.

En este análisis se comprobaba la deformación total, el del asiento en su posición inicial (caso 1) y en su posición final (caso 2), se desea determinar el factor de seguridad y la deformación total que va a tener la estructura. El caso 1 se considera la estructura del asiento con el mecanismo de elevación en posición de inicial y el en caso 2 se considera la estructura del asiento con el mecanismo de elevación a una altura de 150 mm con el cilindro neumático totalmente extendido.

Las cargas que se aplicaran en el caso 1 y el caso2 que se determinaron experimentalmente y por la normativa son las siguientes:

- El Peso del conductor según el reglamento INEN RTE 043 que es de 70 kg para un conductor promedio.
- El Peso que se ejerce sobre el espaldar, que se determinó de forma experimental con una balanza.

Tabla 54. Valor de la fuerza aplicada en el espaldar.

Medida	Valor [kg]	Valor [N]
1	14,62	143,42
2	12,20	139,30
3	12,56	133,02
4	14,00	127,34
5	15,01	147,25
6	13,80	135,38
7	15,00	147,15
8	13,30	130,47
9	14,60	143,23
10	14,80	145,19
Promedio	14,29	140,18

Fuente: Autor

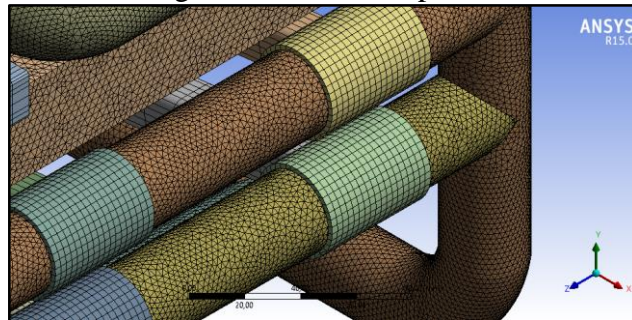
Tabla 55. Fuerzas aplicadas en el análisis de la estructura.

Peso	Valor [kg]	Valor [N]
Peso conductor sobre la banqueta	70	686,47
Peso conductor sobre el espaldar	14,29	140,18

Fuente: Autor.

4.3.1 *Proceso de generación de la malla:* Luego de aplicar un sizing y actualizar la malla se obtuvo como promedio 0,8 en las estadísticas del mallado, este valor es un valor óptimo para realizar el cálculo y como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 36. Mallado óptimo.



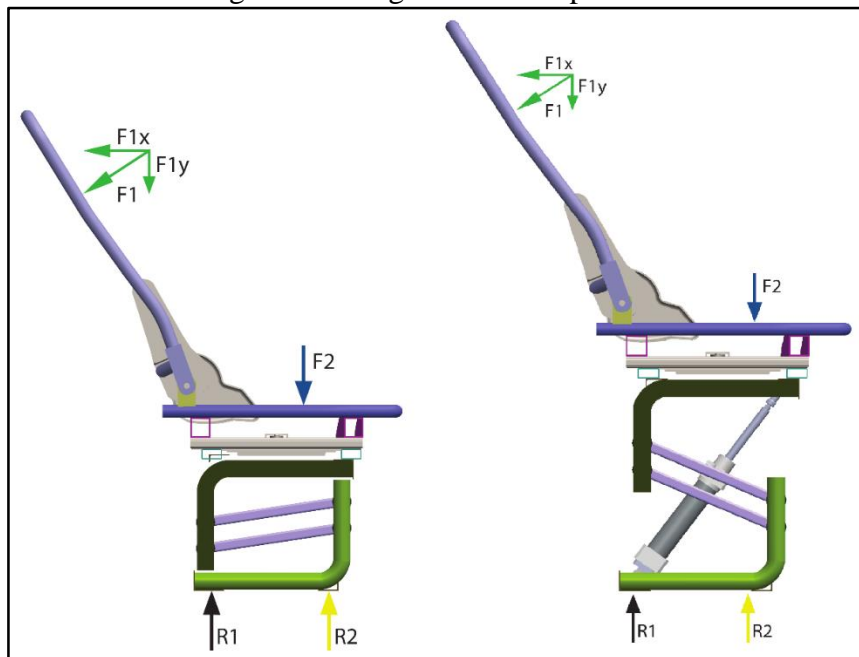
Fuente: Autor.

4.3.2 *Asignación de sujeciones y fuerzas:* Las fuerzas aplicadas en este estudio son las que genera el conductor al sentarse sobre la banqueta y al apoyarse en el espaldar y la distribución de las fuerzas es igual en la posición inicial y en su posición final.

$$F_1 = 140,18N$$

$$F_2 = 686,47N$$

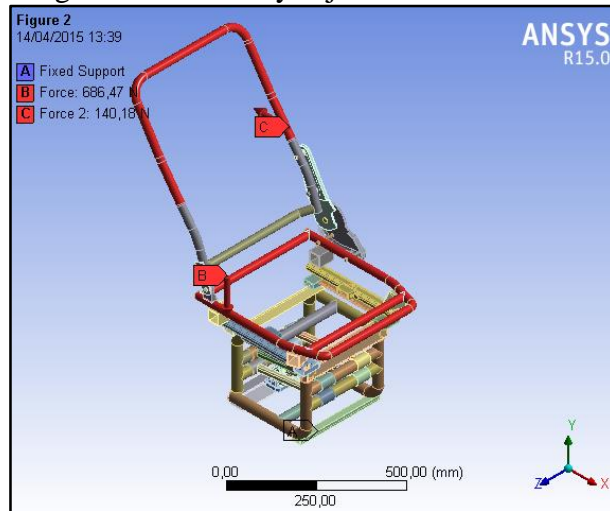
Figura 37. Diagrama de cuerpo libre.



Fuente: Autor.

Las sujeciones en el caso 1 se las coloco en “A” que es el lugar en el que se ancla el asiento del conductor al piso de la carrocería del autobús.

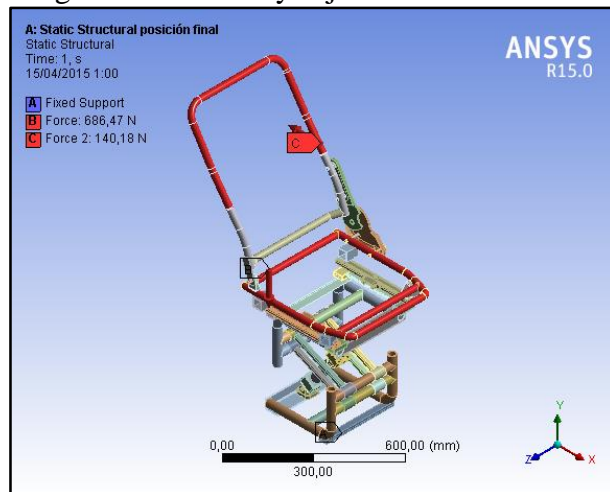
Figura 38. Fuerzas y sujeciones en el caso 1.



Fuente: Autor.

Las sujeciones en el caso 2 se las coloco en “A” que es el lugar en el que se ancla el asiento del conductor al piso de la carrocería del autobús.

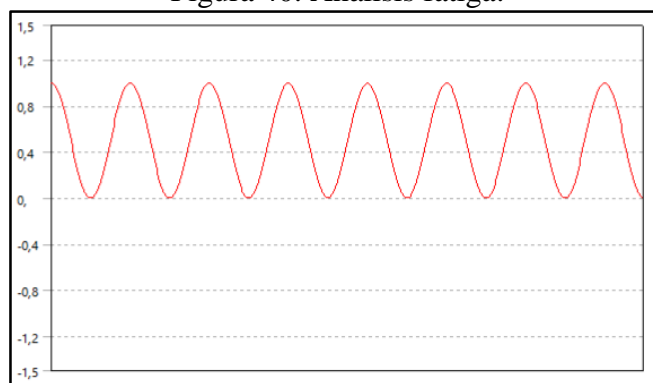
Figura 39. Fuerzas y sujeciones en el caso 2.



Fuente: Autor.

4.3.3 Configuración del análisis a fatiga: El análisis a fatiga fue configurado con el comportamiento de las cargas de amplitud constante que generaran una tensión pulsante en la estructura del asiento, esta carga varia cíclicamente desde su valor máximo hasta su base en cero cuando el conductor no está sentado, su valor máximo es el peso del conductor cuando está sentado sobre el asiento.

Figura 40. Análisis fatiga.



Fuente: Autor.

4.3.4 Convergencia de resultados: Para la el gráfico de convergencia se tomó el número de nodos que se produjo al mallar la estructura del asiento y el resultado de la deformación total en la posición final del mecanismo de elevación. La convergencia de resultados se obtuvo al refinar ciertos elementos de la malla en los que se necesitaba resultados que sean próximos a lo que sucederá con la estructura en su funcionamiento real, el refinamiento se lo realizo a través de la operación de sizing para reducir el tamaño de la malla y aumentar el número de nodos.

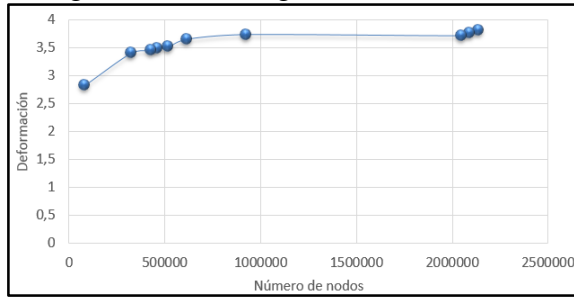
Tabla 56. Datos de la convergencia.

Número de nodos	Deformación total [mm]
2 136 162	3,8036
2 091 451	3,7591
2 046 740	3,7146
9 233 495	3,7349
614 650	3,6511
515 548	3,5096
463 458	3,4905
430 633	3,4453
324 510	3,4017
82 826	2,8314

Fuente: Autor.

A continuación se observa que el valor de la deformación cambia a medida que el número de nodos aumenta, esto ocurre porque el software de análisis de elementos finitos utiliza ecuaciones en cada nodo para resolver las deformaciones existentes en los elementos, la convergencia en los elementos finitos trata de estabilizar el valor con una cantidad de nodos necesarios para corroborar un resultado más exacto.

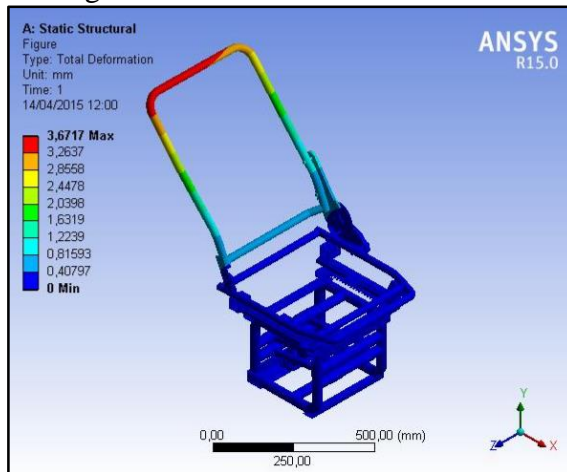
Figura 41. Convergencia de resultados.



Fuente: Autor.

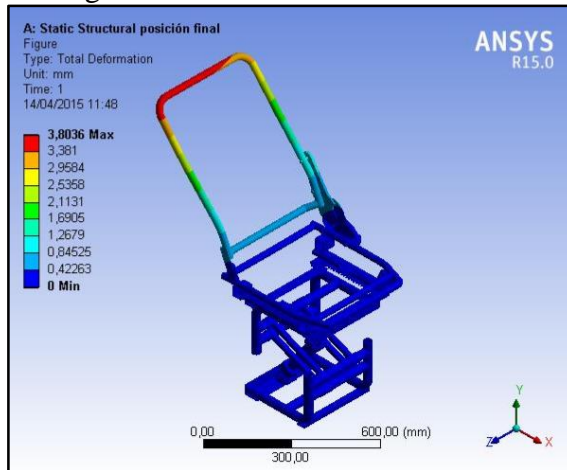
4.3.5 Resultados del análisis estático: La estructura en el caso 1 se deforma 3,6 milímetros, mientras que en el caso 2 se deforma 3,8 milímetros siendo el espaldar el elemento que sufre estas deformaciones, estas deformaciones no son representativas ya que la longitud del material que se deforma es de 450 mm:

Figura 42. Deformación total caso 1.



Fuente: Autor.

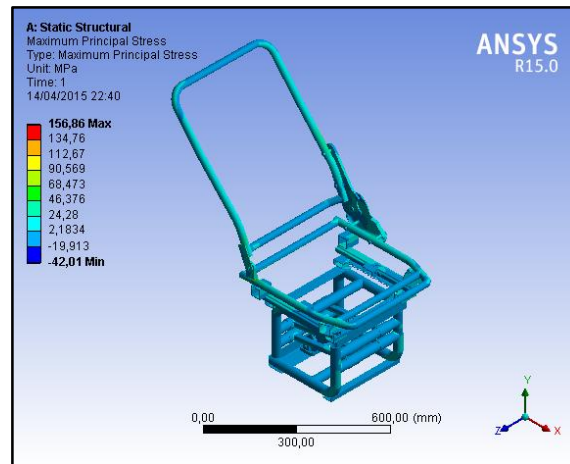
Figura 43. Deformación total caso 2.



Fuente: Autor.

En la siguiente figura se puede observar el resultado del esfuerzo máximo que es el valor máximo que la estructura podría soportar en su funcionamiento, que para el caso 1 presenta un valor de 156,86:

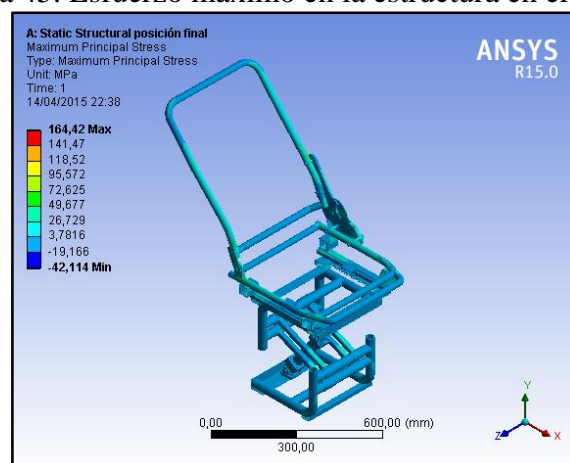
Figura 44. Esfuerzo máximo en la estructura en el caso 1.



Fuente: Autor.

En la siguiente figura se puede observar el resultado del esfuerzo máximo que es el valor máximo que la estructura podría soportar en su funcionamiento, que para el caso 2 presenta un valor de 164,42 MPa, luego se realizó un análisis comparativo entre el límite de fluencia de los dos materiales propuestos con el resultado del esfuerzo máximo de ambos casos:

Figura 45. Esfuerzo máximo en la estructura en el caso 2.



Fuente: Autor.

El esfuerzo máximo obtenido en el análisis estático de los dos casos se lo comparo con el límite de fluencia del acero ASTM A500 grado B y el acero ASTM A36 para verificar

que el esfuerzo máximo que soporta la estructura en ambos casos no excede el valor del límite de fluencia de ninguno de los materiales que se han considerado para la construcción, porque cuentan con un rango de límite de fluencia que presenta un rango entre 37,3% y 45,4% para soportar el esfuerzo máximo que se genera por el esfuerzo que ejerce el conductor sobre el asiento, este porcentaje podría servir para incluir algunos elementos a la estructura del asiento como:

- Esponjas de poliuretano.
- Botonera.
- Cilindro neumático.
- Cables de conexión.
- Tapizado.
- Accesorios del mecanismo de elevación.

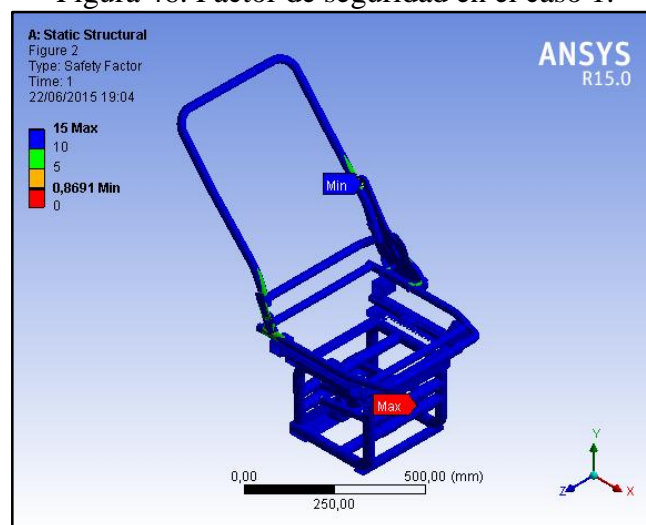
Tabla 57. Esfuerzo máximo y límite de fluencia.

Esfuerzo máximo [MPa]		Límite de fluencia [MPa]			
		ASTM A36	ASTM A500 GB	ASTM A36 [%]	ASTM A500 GB [%]
Caso 1	156,86	250	290	62,7	54,1
Caso 2	164,42	250	290	65,8	56,7

Fuente: Autor.

En la figura siguiente se muestra el factor de seguridad cuyo valor mínimo es 0,86 en el caso 1, el resto de la estructura tiene color azul que representa un factor de seguridad 15.

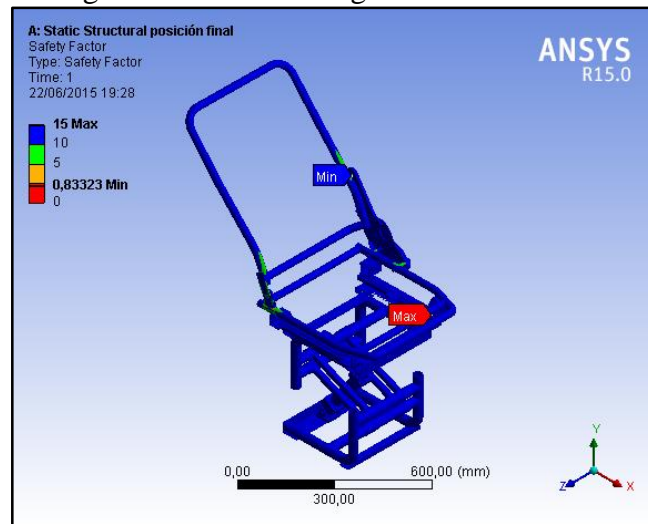
Figura 46. Factor de seguridad en el caso 1.



Fuente: Autor.

En el caso 2 el valor mínimo del factor de seguridad es 0,83, los valores en el caso 1 y 2 son menores a 1, esto pudo generarse por una singularidad provocada por un defecto en mallado de estos elementos, estos elementos provocaron una singularidad en el proceso de mallado por tener una geometría compleja que al realizar el mallado el programa tuvo problemas.

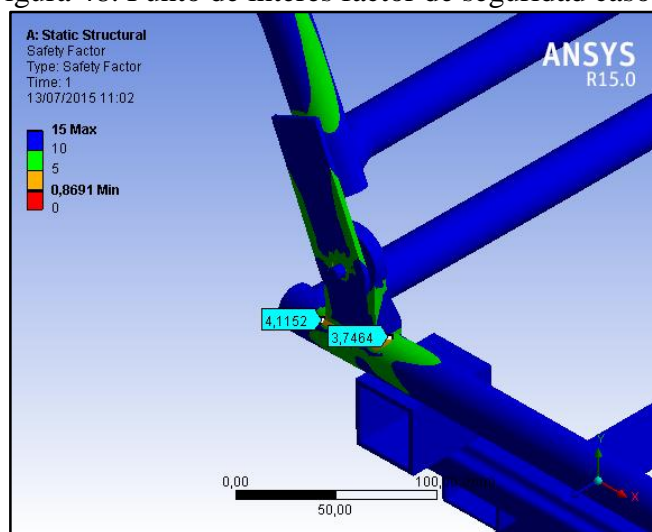
Figura 47. Factor de seguridad en el caso 2.



Fuente: Autor.

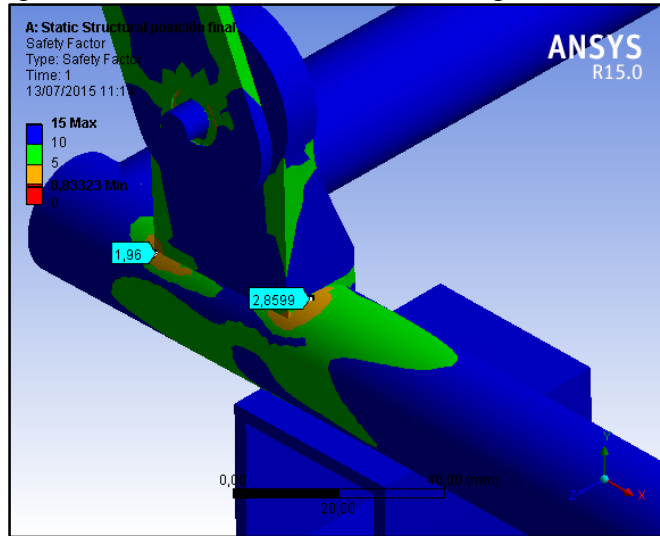
A continuación se muestra las partes estructurales que se van a fabricar en su posición inicial (cuando el mecanismo de elevación está en reposo) y final (cuando el mecanismo de elevación está en totalmente extendido), que tienen menor factor de seguridad, como muestra la gráfica entendiéndose que es una pieza de anclaje para el espaldar:

Figura 48. Punto de interés factor de seguridad caso 1.



Fuente: Autor.

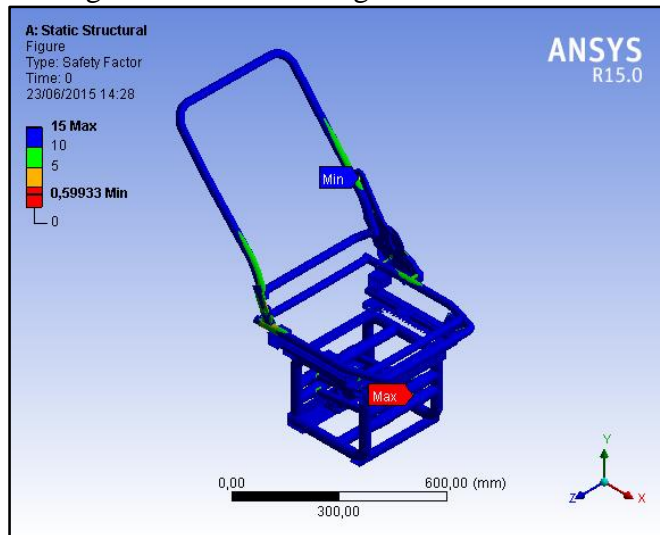
Figura 49. Punto de interés factor de seguridad caso 2.



Fuente: Autor.

4.3.6 Resultados del análisis a fatiga: El factor de seguridad con menor valor del análisis a fatiga en el caso 1 es 0,59 debido a una singularidad generada por un mallado defectuoso en esa área, que se generó por una geometría difícil de mallar para el software que se utilizó.

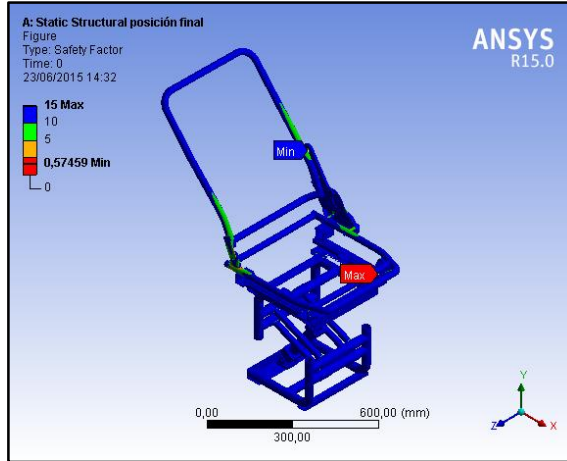
Figura 50. Factor de seguridad en el caso 1.



Fuente: Autor.

El factor de seguridad con menor valor en el caso 2 es 0,57, por lo tanto en el análisis estático como en el análisis a fatiga presentan que el menor factor de seguridad se encuentra geoméricamente en el mismo sitio, esto quiere decir que en este punto se producirá en algún momento una falla del material.

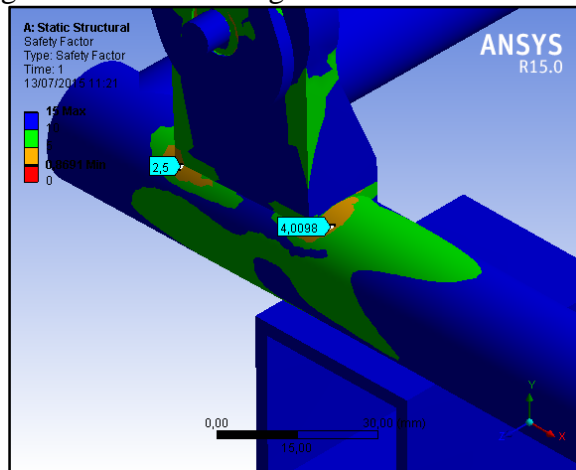
Figura 51. Factor de seguridad en el caso 2.



Fuente: Autor.

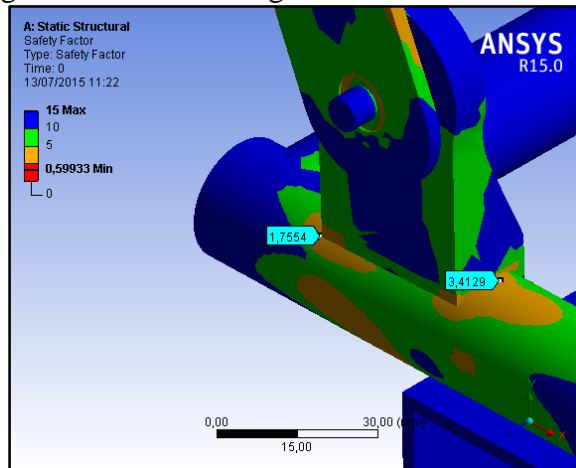
Se muestra a continuación el factor de seguridad de 1,75 para el caso 2 que es el mas bajo.

Figura 52. Factor de seguridad menor en el caso 1.



Fuente: Autor.

Figura 53. Factor de seguridad menor en el caso 2.



Fuente: Autor.

Se verifica la variación del factor de seguridad del análisis estático y a fatiga, siendo el menor de 1,75 en el caso 2 del análisis a fatiga seguido de un valor de 1,96 correspondiente al caso 2 del análisis a estático.

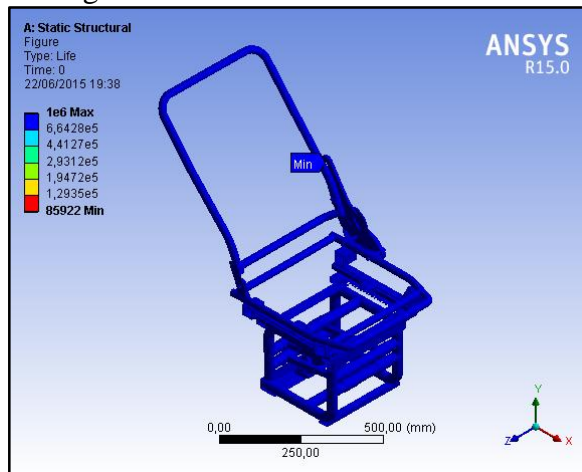
Tabla 58. Factor de seguridad.

Factor de seguridad		
Análisis	Estático	A fatiga
Caso 1	3,75	2,5
Caso 2	1,96	1,75

Fuente: Autor.

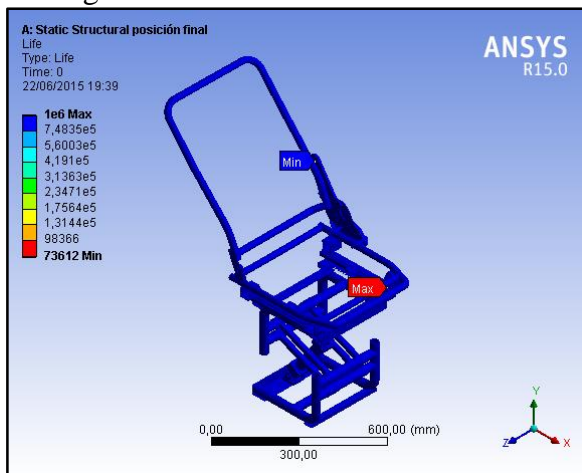
En las figuras siguiente figuras se muestra el ciclo de vida de la estructura que para el caso 1 es 85922 ciclos y en el caso 2 es 73612 ciclos, teniendo menos ciclos de vida la estructura en el caso 2 debido a la posición que tiene el mecanismo de elevación..

Figura 54. Ciclos de vida en el caso 1.



Fuente: Autor.

Figura 55. Ciclos de vida en el caso 2.



Fuente: Autor.

Ya que el número de ciclos de vida en ambos análisis es menor a 10^6 ciclos se estableció que la estructura va a trabajar en un régimen de alto ciclaje y no llega a tener vida infinita, pero la estructura tendrá una vida útil de 10 años considerando que diariamente se utilizara por 10 ciclos.

4.4 Selección del diámetro de los pernos de anclaje de asiento a la carrocería.

Para la selección del perno se obtuvo las reacciones a través del software y se calculó la fuerza de corte y se seleccionó la mayor que es $F = 122,45 N$ y un factor de seguridad de $n = 5$.

Tabla 59. Reacciones caso 1.

Fuerza total	Fuerza en X	Fuerza en Z	Fuerza total de corte
141, 5	74, 96	-72, 52	104, 30
234, 14	-18, 59	-39, 28	43, 45
242, 51	-13, 34	37, 22	39,54
172, 42	97, 13	74, 57	122, 45

Fuente: Autor.



Tabla 60. Reacciones caso 2.

Fuerza total	Fuerza en X	Fuerza en Z	Fuerza total de corte
214, 96	-7,76	-28,76	29,79
221, 01	-9,92	28,49	30,17
162, 03	72,79	-86,30	112,90
184, 01	85,06	86,58	121,37

Fuente: Autor.

Se seleccionó las propiedades mecánicas del perno clase 4.8 de la siguiente tabla del libro de diseño en ingeniería mecánica de Shingley's:

Tabla 61. Propiedades del perno.

Propert y class	Size range, inclusive	Minimum proof strength [MPa]	Minimum tensile strength [MPa]	Minimu m yield strength [MPa]	Material	Head maeking
4.6	M5 - M36	225	400	240	Low or medium carbon	
4.8	M1.6 - M16	310	420	340	Low or medium carbon	

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de Shingley's.

Aplicamos la siguiente fórmula para encontrar el área de corte: (Nisbett)

$$0,9Sp + \frac{c*n*F}{A_t} < Sy \quad (1)$$

Datos:

$$Sp = 310 \text{ MPa}$$

$$Sut = 420 \text{ MPa}$$

F : Fuerza total de corte = 122,45 N

A_t : Área de corte [mm^2]

c : Constante = 1

n : Factor de seguridad = 8, porque el asiento es un elemento que en caso de algún accidente podría poner en peligro la vida del conductor.

Sy : Esfuerzo ultimo a la tracción = $0,75 \times 420 \text{ MPa} = 315 \text{ MPa}$

$$0,9Sp + \frac{1 * 8 * 122,45}{A_t} < 315$$

$$A_t = 27,21 \text{ mm}^2$$

Luego de calcular A_t se seleccionó de la siguiente tabla el diámetro de 8 mm:

Tabla 62. Diámetro del perno.

Nominal major diameter d [mm]	Pitch P [mm]	Tensile - stress area At [mm^2]	Minor - diameter area Ar [mm ²]
4	0,7	8,78	7,75
5	0,8	14,2	12,7
6	1	20,1	17,9
8	1,25	36,6	32,8

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de Shingley's.

De un catálogo técnico de Imeca se seleccionó un perno M8 x 2,5. (servicios pág. 48)

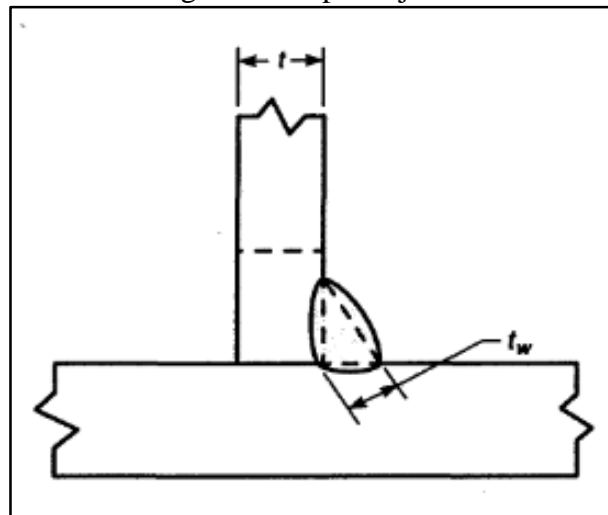
4.5 Cálculo de soldadura.

Para las uniones soldadas se tiene acero ASTM A36 de 2 mm y 3 mm, se utilizó un

electrodo 6013 con las siguientes características según el catalogo del fabricante Lincol:

- Resistencia a la tracción: $(510 - 560) N/mm^2 = (72,86 - 81,45) ksi$.
- Limite elástico: $(420 - 480) N/mm^2 = (58,60 - 66,98) ksi$. (Lincolnelectric).

Figura 56. Tipo de junta.



Fuente: AWS D1.3.

Aplicamos siguiente formula de la norma AWS D1.3 para calcular la carga máxima admisible en las juntas (D1.3):

$$P = 0,3(t)L(F_u) \quad (2)$$

Datos:

P: Carga máxima admisible de la soldadura [lb].

t: Espesor del material [in].

L: Longitud de la soldadura [in].

F_u: Carga ultima a tensión [lb/in^2].

$$t = 3mm = 0,118 \text{ in}$$

$$L = 79,79mm = 3,14 \text{ in}$$

$$F_u = 66980 \text{ lb}/in^2$$

$$P = 0,3(0,118)(3,14)(66980)$$

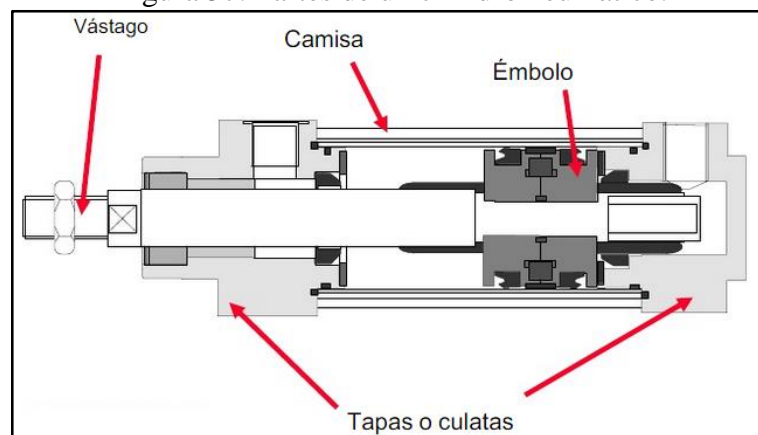
$$P = 7445,228 \text{ lb}$$

El tubo soldado soporta 7445,23 lb.

4.6 Selección del cilindro neumático

De acuerdo con la tabla 56 se obtuvo una fuerza resultante de 494,11 N como la fuerza que debe vencer el cilindro neumático. En la siguiente figura se observa las partes que constituyen el cilindro neumático.

Figura 57. Partes de un cilindro neumático.



Fuente: <https://es.scribd.com/doc/61580605/Actuadores-Neumaticos>

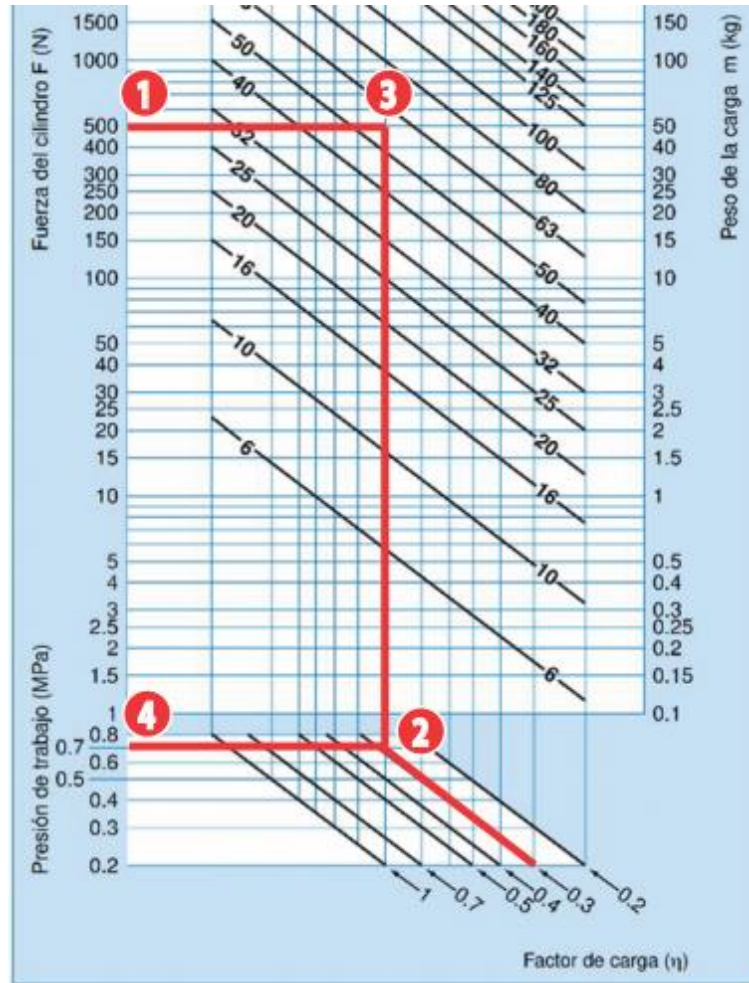
Mediante una tabla del catálogo de selección de cilindros de SMC, se realiza la selección del cilindro neumático considerando un factor de carga de 0,3, este factor de carga es recomendado por el fabricante de los cilindros de la empresa AINIV por la posición de trabajo del cilindro que iniciara horizontal pero al final de la carrera tendrá un Angulo de 45 grados.

$$F = 494,11 \text{ N}$$

$$L = 180 \text{ mm}$$

En el paso 1 ubicamos el valor de la fuerza que necesita vencer el cilindro neumático, en el paso 2 identificamos el factor de carga, después en el paso 3 intersectamos la fuerza con el factor de carga y en el cuarto paso se proyecta la intersección hacia presión de trabajo que es de 0,7 MPa.

Tabla 63. Selección del embolo.



Fuente: <https://es.scribd.com/doc/66813523/Cilindros-Neumaticos>

El diámetro seleccionado para el embolo es de 63 milímetros que es adecuado para vencer la fuerza que se va a aplicar al cilindro con una presión de 7 bar, a continuación se seleccionó en la tabla de cilindros normalizados, que para este caso el diámetro del vástago es de 20 milímetros de acuerdo al diámetro del embolo que se calculó anteriormente.

Tabla 64. Cilindros normalizados ISO 15552.

Diámetro del embolo [mm]	Diámetro del vástago [mm]	Sentido de movimiento	Área efectiva [mm ²]	Presión de trabajo [MPa]				
				0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
50	20	Entrada	1963	785	982	1178	1374	1570
		Salida	1649	660	825	989	1154	1319
63	20	Entrada	3117	1247	1559	1870	2182	2494
		Salida	2803	1121	1402	1682	1962	2242

Fuente: https://www.smc.eu/smc/ProductsRepository/C96-CP96-ext/catalogues/C96-CP96-ext_cat_es.pdf

Aplicamos siguiente fórmula para calcular el volumen del cilindro: (Ramos pág. 63)

$$V = Va + Vr \quad (3)$$

Datos:

$$D = 63mm$$

$$d = 20mm$$

$$L = 180mm$$

D: Diámetro del embolo.

d: Diámetro del vástago.

Va: Volumen en la carrera de avance.

Vr: Volumen en la carrera de retroceso.

V: Volumen del cilindro.

L: Carrera.




$$V = \frac{\pi * D^2}{4} * L + \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} * L$$

$$V = \frac{\pi * (63)^2}{4} * (180) + \frac{\pi * ((63)^2 - (20)^2)}{4} * (180)$$

$$V = 1065659,644mm^3 = 106,57cm^3$$

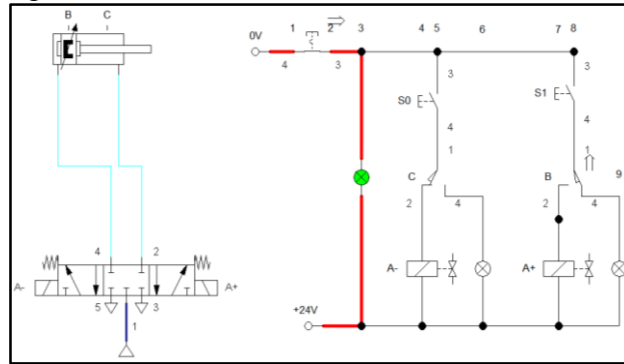
4.6.1 *Esquema del circuito eléctrico y neumático.* El circuito neumático consta de una válvula 5/3 que permitirá que el cilindro neumático se desplace y se bloquee a voluntad del usuario.

Tabla 65. Simbología.

Simbología	
Cilindro neumático	
Led	
Bobina	

Fuente: Autor.

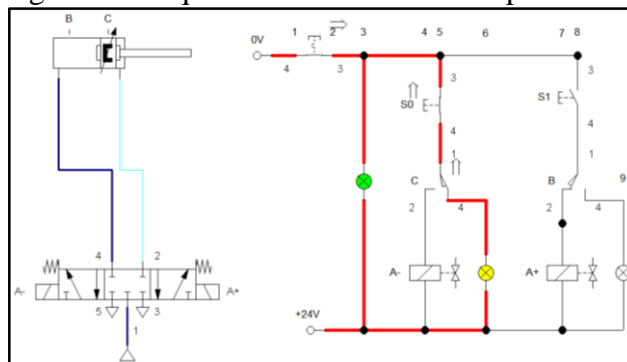
Figura 58. Posición inicial del cilindro neumático.



Fuente: Autor.

A continuación se muestra el esquema del circuito eléctrico y neumático en el que el pulsador S0 está accionado, permitiendo que la válvula abra una de sus salidas de aire para que el cilindro neumático inicie a su desplazamiento.

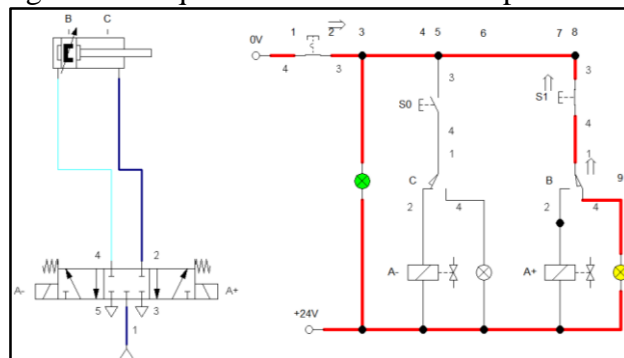
Figura 59. Esquema electro-neumático posición 1.



Fuente: Autor.

En el esquema se muestra el pulsador S1 que está cerrando el circuito permitiendo que la electroválvula deje pasar el aire por una de sus salidas para que el cilindro neumático regrese a su posición original.

Figura 60. Esquema electro-neumático posición 2.



Fuente: Autor.

CAPÍTULO V

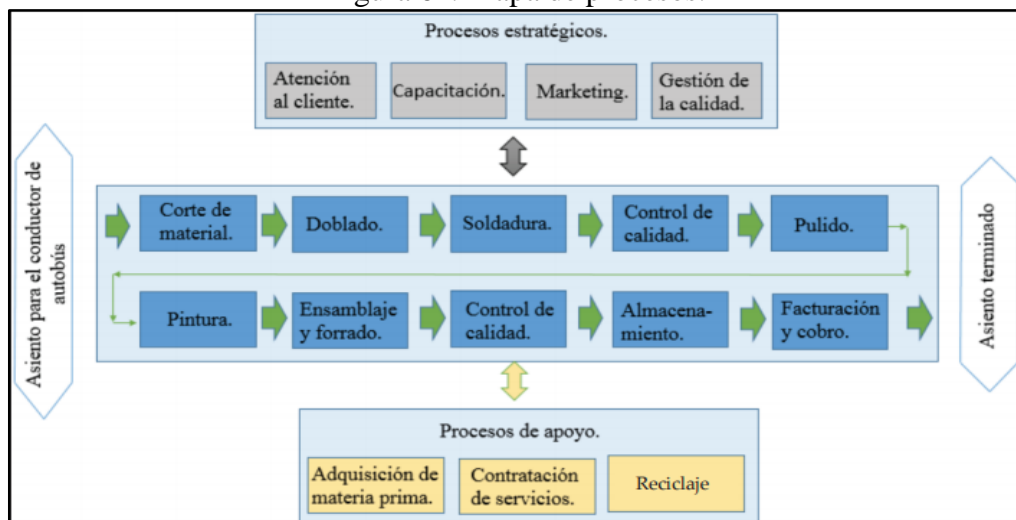
5. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS.

En este capítulo se describe de manera general todo el proceso productivo en un mapa de procesos y en el diagrama de procesos en el que se detalla el tiempo que se utiliza en cada actividad, con el tiempo que se describe en el diagrama de procesos se obtendrá el tiempo exacto en el que se fabricara un asiento. Seguidamente se definió la estructura administrativa que tendrá la empresa para fabricar autopartes que sean competitivas en el mercado nacional, delimitando el alcance que tendrá la empresa a largo plazo mediante la definición de su misión y visión. También se establecerá los requerimientos de la empresa para fabricar autopartes con zonas de trabajo que tengan el espacio óptimo para cada proceso de manufactura.

5.1 Análisis del proceso manufactura

En el mapa de procesos se describe de manera general todos los procesos que se utilizaran en la fabricación, también se identifica los procesos estratégicos que utilizara la empresa para comercializar el asiento y los procesos de apoyo que gestionaran los recursos, contratación de servicios y gestión de desperdicios para evitar la contaminación del medio ambiente que necesita la empresa. En la figura siguiente se muestran el mapa de procesos de manufactura utilizados en la construcción del asiento de manera horizontal.

Figura 61. Mapa de procesos.



Fuente: Autor.

5.1.1 Diagrama de procesos: Se describen todos los procesos utilizados en la construcción del asiento del conductor de autobús:

- Corte: En este proceso se corta la cantidad necesaria de cada material para optimizar los materiales de construcción.
- Doblado: Mediante una máquina herramienta se doblara los materiales según la especificación de los planos constructivos.
- Soldadura: Se utiliza un proceso de soldadura SMAW, para unir de forma permanente cada elemento de la banqueta, espaldar y mecanismo de elevación del asiento.
- Control de calidad: Se verificara la calidad de la soldadura en la banqueta, espaldar y mecanismo de elevación del asiento.
- Pulido: Es un proceso en el que con un material abrasivo se retira el material en exceso del cordón de soldadura.
- Pintado: En este proceso se pintara las partes de la estructura del asiento.















Tabla 66. Diagrama de procesos de la construcción del asiento.

Proceso: Manufactura mecanismo de elevación.			
Fecha: 20/04/2015 Técnico: José Torres		Signos: ○ Operación ⇨ Transporte □ Control ▲ Almacenamiento ◻ Demora ⤷ Operación combinada ◇ Decisión	
Nº	Símbolo de actividad.	Tiempo [min]	Descripción del proceso
1	○ □ ▲ ⇨ ◻	0	Almacenaje de materia prima.
2	● □ ▲ ⇨ ◻	30	Doblar todas las piezas que necesiten ser dobladas.
3	○ □ ▲ ⇨ ◻	1	Transportar el material a la zona de corte.
4	○ ■ ▲ ⇨ ◻	1	Verificar medidas en los planos constructivos para el mecanismo de elevación.
5	● □ ▲ ⇨ ◻	1	Verificar medidas en los planos constructivos de la banqueta y el espaldar.
6	● □ ▲ ⇨ ◻	1,3	Marcar las medidas en el material a cortar.

Tabla 68: Continuación.....

7		10	Cortar materiales con las medidas respectivas.
8		15	Doblar el material de la forma especificada en los planos constructivos.
9		2	Transportar el material cortado y doblado a la zona de soldadura.
10		1	Transportar el cilindro neumático a la zona de soldadura.
11		0,5	Transportar electrodos a la zona de soldadura.
12		20	Unir con puntos de soldadura todos los elementos del mecanismo de elevación, incluyendo el cilindro neumático según los planos constructivos.
13		1	Verificar medidas.
14		20	Rematar los cordones de soldadura en el mecanismo de elevación.
15		1	Verificar cordones de soldadura.
16		5	Pulir los cordones de soldadura.
17		1	Preparar el mecanismo de elevación para el proceso de pintura.
19		10	Pintar el mecanismo de elevación.
20		1	Transportar a la zona de ensamblaje.
21	 	20	Unir con puntos de soldadura todos los elementos de la estructura del espaldar, según los planos constructivos.
22		1	Verificar medidas.
23		20	Rematar los cordones de soldadura de la estructura del espaldar.
24		2	Verificar cordones de soldadura.
25		10	Pulir los cordones de soldadura.
26		2	Preparar la estructura del espaldar para el proceso de pintura.
27		5	Pintar el mecanismo de elevación.
28	 	0,5	Transportar la estructura del espaldar a la zona de secado.
29		0,5	Transportar a la zona de ensamblaje.
30	 	20	Unir con puntos de soldadura todos los elementos de la estructura de la banqueta, según los planos constructivos.
31		1	Verificar medidas.
32		20	Rematar los cordones de soldadura en la estructura de la banqueta.
33		2	Verificar cordones de soldadura.
34		10	Pulir los cordones de soldadura.
35		2	Preparar la estructura de la banqueta para el proceso de pintura.





Tabla 68: Continuación.....

36		5	Pintar el mecanismo de elevación.
37		0,5	Transportar la estructura de la banqueta a la zona de secado.
38		0,5	Transportar a la zona de ensamblaje.
39		0,5	Transportar el mecanismo reclinación a la zona de ensamblaje.
40		0,5	Transportar el mecanismo de desplazamiento horizontal a la zona de ensamblaje.
41		0,5	Transportar los materiales para la confección de los forros para el espaldar y la banqueta a la zona de confección de los forros.
42		180	Recortar los materiales para los forros de acuerdo a los moldes.
43			Elaborar los forros.
44			Transportar los forros a la zona de ensamblaje.
45			Transportar las esponjas del espaldar y la banqueta a la zona de ensamblaje.
46			Transportar la válvula neumática con su respectivo circuito a la zona de ensamblaje.
47		20	Ensamblar todos los elementos de la estructura del asiento.
48		5	Realizar pruebas de funcionamiento con el asiento terminado.
49		0	Almacenar el producto terminado

Fuente: Autor.

Como resumen del diagrama de procesos se tiene que hay en total 49 procesos de manufactura que se llevan a cabo en 210,3 minutos (3,5 horas), este tiempo de fabricación será tomado en cuenta para determinar el valor del producto terminado, se debe considerar en el proceso de fabricación del asiento para el conductor de autobús que las personas al trabajar están sometidos a factores como la fatiga y ergonomía que surgen al tener acciones repetitivas en su trabajo.

Tabla 67. Resumen diagrama de procesos.

Actividad	Símbolo	Número de actividades	Tiempo [min]
Operaciones		23	207,3
Transportes		16	9
Control de calidad		8	14
Almacenamiento		2	0
Total:		49	230,3

Fuente: Autor.

5.2 Construcción

Una vez establecidos todas las medidas de la estructura, y que se ha comprobado que la estructura del asiento resiste todas las cargas a las que va a estar sometida, se procede a la construcción.

5.2.1 Mecanismo de elevación: La construcción se la realizo siguiendo las especificaciones de los planos, a continuación se describe la cantidad y dimensiones de los materiales utilizados.

Tabla 68. Lista de materiales para el mecanismo de elevación.

Material	Longitud [mm]	Cantidad
Tubo redondo ASTM A500 de 1 in x 2mm	525,4	4
Tubo redondo ASTM A500 de 1 in x 2mm	260	6
Tubo redondo ASTM A500 de 37,4mm x 2mm	50	8
Tubo cuadrado ASTM A500 de 20mm x 3mm	260	4
Perfil angular ASTM A36 de 40mm x 2mm	299,16	2

Fuente: Autor.

Figura 62. Medición de un tubo para cortarlo.



Fuente: Autor.

Se marca en los cuatro tubos de 1 in x 2mm x 525,4 mm el lugar en donde se va a doblar a 90 grados como se puede observar en la figura 62.

Figura 63. Comprobando medidas para doblar.



Fuente: Autor.

Figura 64. Tubo doblado a 90 grados.



Fuente: Autor.

Después se une los tubos cuadrados ASTM A500 de 20 x 2mm con los tubos redondos para construir los brazos del mecanismo.

Figura 65. Brazo del mecanismo de elevación.



Fuente: Autor.

Luego de preparar todos los materiales que se necesita para construir el asiento del conductor, se procede a comprobar las medidas de todos los elementos y luego se une todos los materiales según la configuración que se muestra en los planos constructivos, mediante el proceso de soldadura SMAW controlando la calidad de los cordones de soldadura.

Figura 66. Materiales para el mecanismo de elevación.



Fuente: Autor.

Se procede a insertar los tubos de 1in x 2mm en los bocines, luego mediante puntos de soldadura SMAW se unen todos los tubos que conforman el mecanismo de elevación, luego se procederá a pulir los cordones de soldadura.

Figura 67. Unión mediante puntos de soldadura.



Fuente: Autor.

Figura 68. Mecanismo de elevación con el cilindro neumático.



Fuente: Autor.

5.2.2 Espaldar y banqueta: En la tabla siguiente se enlista los materiales para construir la banqueta y el espaldar:

Tabla 69. Lista de materiales para el espaldar y la banqueta.

Material	Longitud [mm]	Cantidad
Tubo redondo ASTM A500 de 1 in x 2 mm	1572,8	1
Tubo redondo ASTM A500 de 1 in x 2 mm	410	1
Tubo redondo ASTM A500 de 1 in x 2 mm	1214	1
Tubo redondo ASTM A500 de 1 in x 2 mm	383,2	1
Tubo redondo ASTM A500 de 1 in x 2 mm	300	1

Fuente: Autor.

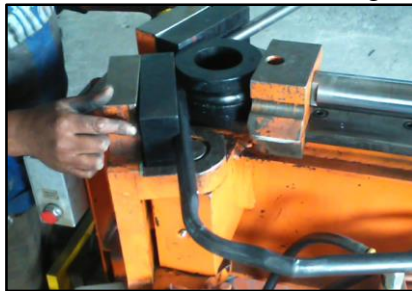
En las siguientes figuras se puede observar los tubos que fueron doblados a 162 y 110 grados respectivamente para la banqueta:

Figura 69. Tubo doblado a 162 grados.



Fuente: Autor.

Figura 70. Tubo doblado a 110 grados.



Fuente: Autor.

A continuación se puede observar los tubos que fueron doblados a 90 y 13 grados respectivamente para el espaldar:

Figura 71. Tubo doblado a 90 grados.



Fuente: Autor.

Figura 72. Tubo doblado a 13 grados.



Fuente: Autor.

Se procede a cortar y doblar los flejes para la base de la banqueta.

Figura 73. Bases para la banqueta.



Fuente: Autor.

Figura 74. Estructura de la banqueta.



Fuente: Autor.

Luego se une todas las partes que conforman la estructura de la banqueta.

Figura 75. Estructura del espaldar.



Fuente: Autor.

5.2.3 Pintura: Antes de aplicar la pintura de poliuretano se debe pulir los cordones de soldadura y verificar que cada elemento esté libre de cualquier impureza.

5.2.4 *Ensamblaje:* Finalmente se ensambla el mecanismo de elevación, el mecanismo de desplazamiento horizontal, la banqueta y el espaldar como se puede observar en la figura:

Figura 76. Estructura del asiento.



Fuente: Autor.

Se utilizó esponjas de poliuretano moldeado para el espaldar y la banqueta que cuenta con líneas para la el forrado de las esponjas, esta espuma brindara comodidad a los usuarios del asiento.

Figura 77. Esponjas de poliuretano moldeado.



Fuente: Autor.

Figura 78. Asiento terminado.

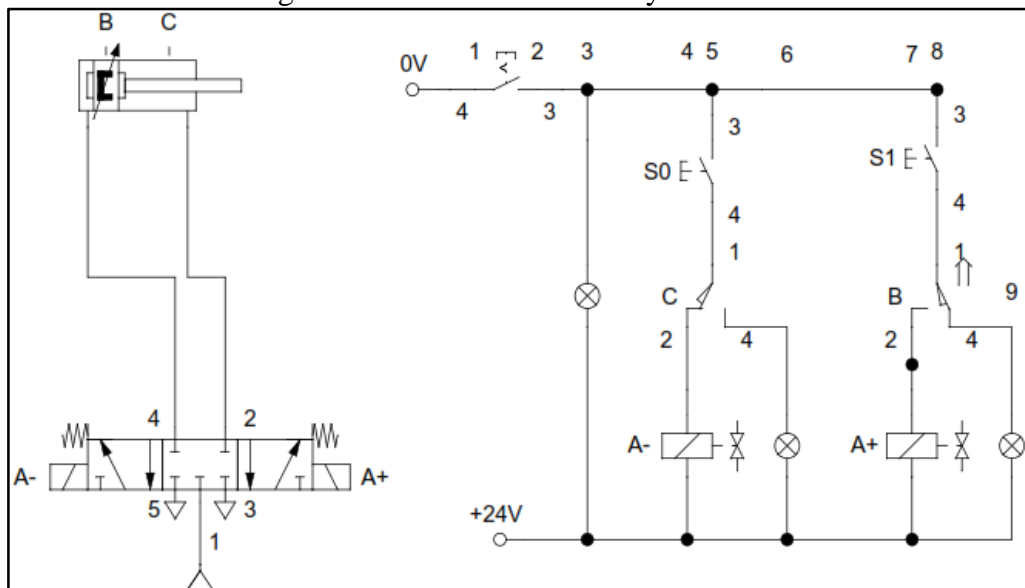


Fuente: Autor.

5.3 Conexiones eléctricas y neumáticas.

Las conexiones eléctricas necesitan una fuente de alimentación de 24 voltios y para el circuito neumático se necesita una presión de 6 a 7 bar, a continuación se presentan el circuito neumático y eléctrico en el que se describe la configuración para la conexión de todos los elementos que constituyen el circuito electro-neumático:

Figura 79. Circuito neumático y eléctrico.



Fuente: Autor.

Tabla 70. Lista de materiales para el circuito neumático y eléctrico.

Material	Cantidad
Cilindro neumático de doble efecto diámetro 50 mm, carrera 200 mm	1
Electroválvula 5/3	1
Adaptadores de acople rápido de 6 mm	6
Manguera de 6 mm	4
Cable gemelo #14 AWG	6
Cable UTP	1
Finales de carrera	2
Interruptor con indicador	1
Pulsadores	2
Terminales #14	16
Indicadores luminosos rojos	2
Indicadores luminosos verdes	1
Caja plástica	1

Fuente: Autor.

Figura 80. Componentes.



Fuente: Autor.

Figura 81. Cilindro neumático.



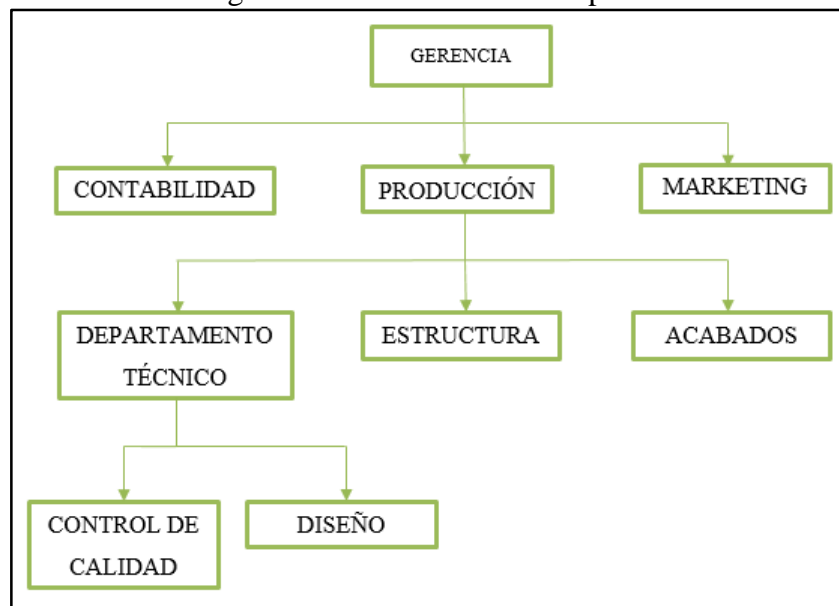
Fuente: Autor.

5.4 Estructura de la empresa.

La empresa se estructura con un modelo staff and line, este modelo divide la empresa por departamentos que tendrán tareas específicas, cada departamento contara con un supervisor que puede tomar decisiones en base a los criterios de las personas que tienen

en su departamento, en la figura 54 se detalla la estructura de la empresa:

Figura 82. Estructura de la empresa.



Fuente: Autor.

5.4.1 Estructura funcional: Las funciones de cada departamento se describen a continuación:

- Gerencia: Se encargara de planificar y ejecutar los objetivos y política de la empresa, representar a la empresa frente a los usuarios y proveedores.
- Contabilidad: Se encargara de fiscalizar activos y pasivos, controlar inventarios de suministros de la empresa.
- Producción: Se encargara de diseñar, construir el asiento, controlar la calidad de la construcción y sus acabados.
- Marketing: Se encargara de la estrategia publicitaria y de ventas del asiento.

5.5 Misión y visión de la empresa

Se define la misión para establecer la razón de ser de la empresa y la visión se define para delimitar las metas a largo plazo que la empresa desea alcanzar con el cumplimiento de su misión, a continuación se muestra la visión y misión:

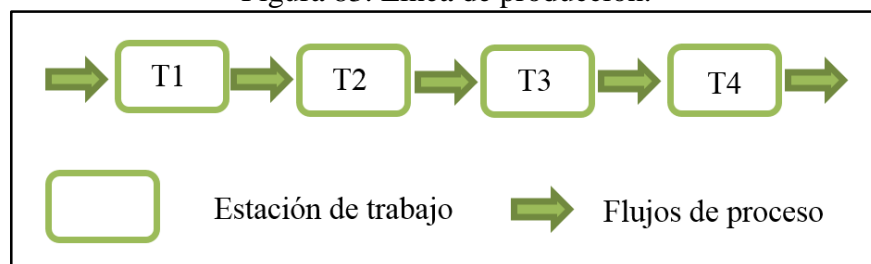
- **Visión:** La visión de esta empresa es ser la mejor opción como fabricante de autopartes en Ecuador, estar siempre comprometida en innovar con diseños ergonómicos para la industria carrocera del país respetando las normas y reglamentos del Servicio Ecuatoriano de Normalización.
- **Misión:** Ser una empresa comercializadora de confort, seguridad pasiva y ergonomía para los conductores de autobús, contribuyendo al desarrollo económico de la sociedad.

5.6 Selección del tipo de distribución de la planta

Los procesos de manufactura son importantes para establecer la organización de la planta de la empresa en la que se va a fabricar el asiento para el conductor de un autobús, para el proceso de manufactura se seleccionara la mejor opción entre los siguientes tipos de procesos de manufactura que se describen a continuación:

- **Proceso en línea:** En este tipo de proceso se dispone de una línea de producción, en la que el producto se va ensamblando en distintos puestos de trabajo y todos los elementos, herramientas y maquinaria necesaria para su fabricación se colocan alrededor de la línea de producción, este tipo de proceso se utiliza para producir grandes cantidades del producto.

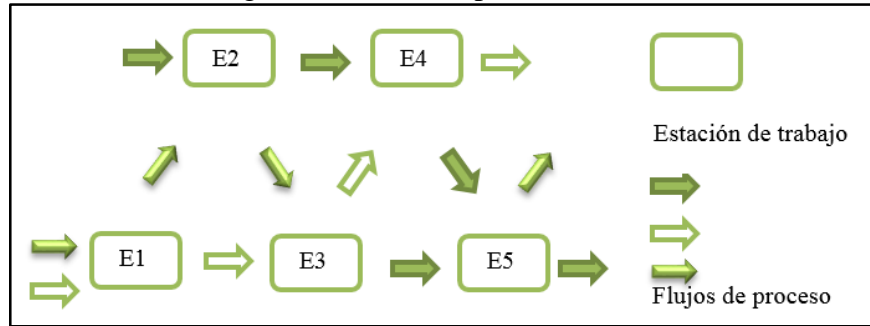
Figura 83. Línea de producción.



Fuente: Autor.

- **Proceso intermitente:** Este tipo de proceso es apto para producir productos bajo pedido o para ir reponiendo los lotes que se vayan agotando y su configuración de manufactura aprovecha todos los espacios de la planta de producción. Este tipo de distribución es usado para tener una empresa que fabrique varios productos a la vez que podría usar un puesto de trabajo para realizar reparaciones a sus máquinas.

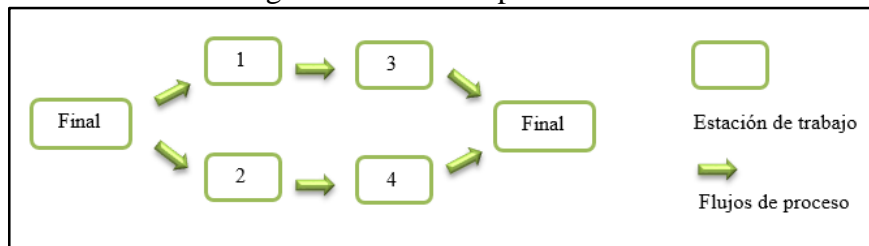
Figura 84. Línea de producción.



Fuente: Autor.

- **Proceso por proyecto:** En este tipo de proceso de manufactura se organiza la producción de tal manera que tiene una gran estandarización de procesos y participación del o los clientes, por este motivo los productos fabricados en este tipo de proceso no son iguales (Carro Paz, y otros).

Figura 85. Línea de producción.



Fuente: Autor.

5.6.1 Tipo de proceso seleccionado para la manufactura: Se evalúa el proceso de manufactura óptimo según el método ordinal corregido de criterios ponderados, se inicia con la codificación de las alternativas de los tipos de procesos de producción, para continuar con el análisis de aspectos cualitativos de los tipos de distribución que se plantearon anteriormente.

Tabla 71. Codificación de procesos.

Tipo de proceso	Codificación
En línea	P01
Intermitente	P02
Por proyecto	P03

Fuente: Autor.

Optimización de espacios = Estandarización > Producción alta > Puestos de trabajo

definidos.

Tabla 72. Ponderación de peso específico de los criterios evaluados.

Peso específico de cada criterio.	Optimización de espacios	Puestos de trabajo definidos	Estandarización	Producción	$\Sigma+1$	Ponderado
Optimización de espacios		1	0,5	1	3,5	0,32
Puestos de trabajo definidos	0		0	0	1	0,09
Estandarización	0,5	1		1	3,5	0,32
Producción	1	1	0		3	0,27
Total					11	1

Fuente: Autor.

P03 > P02 > P01

Tabla 73. Evaluación optimización de espacios.

Optimización	P01	P02	P03	$\Sigma+1$	Ponderado
P01		0	0	1	0,17
P02	1		1	3	0,5
P03	1	0		2	0,33
Total				6	1

Fuente: Autor.

P02 > P01 = P03

Tabla 74. Evaluación estandarización.

Estandarización	P01	P02	P03	$\Sigma+1$	Ponderado
P01		0	0,5	1,5	0,25
P02	1		1	3	0,5
P03	0,5	0		1,5	0,25
Total				6	1

Fuente: Autor.

P02 = P03 > P01

Tabla 75. Evaluación producción alta.

Producción	P01	P02	P03	$\Sigma+1$	Ponderado
P01		1	1	3	0,5
P02	0		0,5	1,5	0,25
P03	0	0,5		1,5	0,25
Total				6	1

Fuente: Autor.

$$P02 = P01 > P03$$

Tabla 76. Evaluación puestos definidos.

Puestos	P01	P02	P03	$\Sigma+1$	Ponderado
P01		0	0	1	0,2
P02	0		0	1	0,2
P03	1	1		3	0,6
Total				6	1

Fuente: Autor.

Según los resultados del análisis el tipo de proceso de manufactura con mejor ponderación es la alternativa P02, seguida muy cerca por la alternativa P03 y al final la alternativa P01.

Tabla 77. Evaluación final.

Codificación	Optimización de espacios	Puestos de trabajo definidos	Estandarización	Producción	$\Sigma+1$	Ponderado
P01	0,17	0,25	0,5	0,2	2,12	3
P02	0,5	0,5	0,25	0,2	2,45	1
P03	0,33	0,25	0,25	0,6	2,43	2

Fuente: Autor.

Se seleccionó el proceso de manufactura intermitente porque tiene las siguientes ventajas:

- Se estandariza los procesos de manufactura para fabricar en corto tiempo los productos.
- Al tener puestos de trabajo no definidos los trabajadores no se especializaran en una sola actividad y podrán desempeñar cualquier actividad.

5.7 Requerimientos de la empresa

La empresa que va a fabricar el asiento deberá contar con un número óptimo de personal, herramientas necesarias y espacio necesario para que tengan los operarios comodidad.

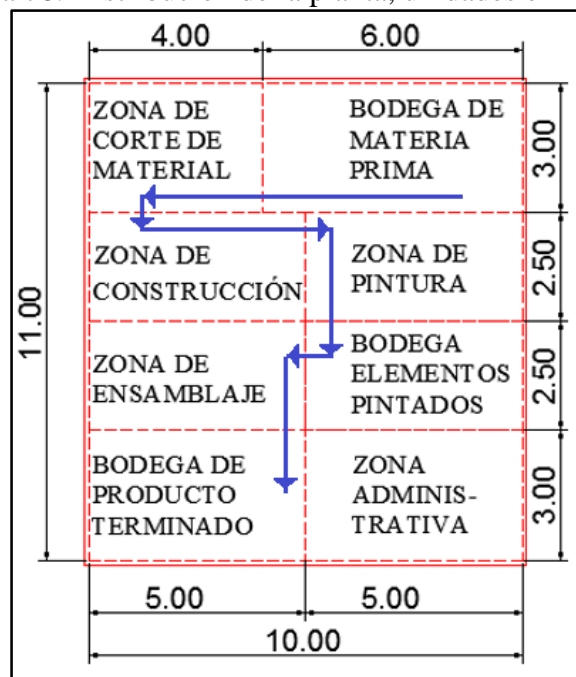
5.7.1 Máquinas y herramientas para la fabricación. Se necesita para construir el asiento las siguientes:

- Dobladora de tubos.

- Máquina de soldar.
- Cortadora de disco abrasivo manual.
- Cortadora estática de disco abrasivo.
- Taladro.
- Flexómetro.
- Mordaza.
- Llave fija de dos bocas.

5.7.2 Espacio de la planta de producción: La distribución de las zonas de trabajo que se plantea para la empresa está diseñada para tener un flujo continuo de los procesos de manufactura, iniciando por el almacenamiento de material en la bodega de materia prima de ahí se iniciara el proceso de fabricación en la zona de corte de material, siguiendo el proceso constructivo y pulido de cada elemento en la zona de construcción luego se procederá a pintar todos los elementos en la zona de pintura, estos elementos serán transportados a una bodega para luego ser llevados a la zona de ensamblaje en la que se unirán todos los elementos que componen la estructura del asiento incluyendo las esponjas y el tapizado, una vez que se ha terminado todo el proceso de fabricación se transportara el asiento a una bodega, en esta bodega permanecerá hasta que sea comercializado a algún cliente. En la figura 58 se detalla la distribución de la planta.

Tabla 78. Distribución de la planta, unidades en metros.



Fuente: Autor.

5.8 Pruebas de funcionamiento

Al final del proceso de fabricación del asiento se debe comprobar que cumpla los desplazamientos que especifica la norma, también se verificara el funcionamiento eléctrico y neumático, este control se deberá registrar en una hoja de verificación. Equipos para verificar el correcto funcionamiento del asiento:

- Multímetro.
- Manómetro.
- Flexómetro.
- Reloj.

Tabla 79. Comprobación de desplazamientos.

Verificación del sistema eléctrico:				
Voltaje de alimentación:	Voltaje de referencia [voltios]	Voltaje medido [voltios]	Cumple	No cumple
	24	24	x	
Verificación del sistema neumático:				
Presión del compresor:	Presión medida [bar]	Presión de referencia [bar]	Cumple	No cumple
	6	6,8	x	
Verificación de desplazamiento vertical:				
Desplazamiento:	Desplazamiento medido [mm]	Desplazamiento de referencia [mm]	Cumple	No cumple
	150	150	x	
Verificación de desplazamiento horizontal:				
Desplazamiento:	Desplazamiento medido [mm]	Desplazamiento de referencia [mm]	Cumple	No cumple
	120	120	x	
Verificación de inclinación del espaldar:				
Inclinación	Desplazamiento [grados]	Desplazamiento [grados]	Cumple	No cumple
	90° - 110°	90° - 110°	x	

Fuente: Autor.

Se verifico el tiempo con el que el mecanismo de elevación llega a desplazarse 150 milímetros con tres una personas de 70, 80 y 90 kilogramos de peso respectivamente, para tener una referencia de la velocidad que elevara el mecanismo con los pesos descritos anteriormente.

Tabla 80. Tiempo para alcanzar 150 mm verticalmente

Peso	Tiempo [s]																	Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
70 kg	1,5	1,4	1,6	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5	1,6	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,5	1,6	1,6	1,5
80 kg	1,7	1,6	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,6	1,6	1,5	1,6	1,5	1,6	1,8	1,8	1,9	1,7
90 kg	3,2	3,5	3,2	3,6	3,2	3,3	3,2	3,5	3,8	3,6	3,5	3,6	3,2	3,3	3,5	3,6	3,2	3,4

Fuente: Autor

CAPÍTULO VI

6. ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

En este capítulo se va a analizar todos los factores que intervienen en la producción del asiento del conductor, estos factores serán el costo unitario de la materia prima, el sueldo para el personal de recursos humanos, la inversión que se necesita para adquirir el espacio físico, el costo de las máquinas y herramientas que se necesita para fabricar un asiento. Se realizara una proyección para cinco años sobre la producción del asiento para hallar el punto de equilibrio.

6.1 Costo unitario de la materia prima para fabricar el asiento

El costo de los materiales para fabricar un asiento es 286,15 dólares, a continuación se detalla los materiales con sus valores respectivos.

Tabla 81. Costo materia por unidad.

Cantidad	Descripción	Valor unitario [USD]	Valor total [USD]
3 m	Tubo ASTM A500 d=1 plg x 2 mm	6,00	3,00
4,5 m	Tubo ASTM A500 d=7/8 plg x 1,5 mm	5,70	4,28
6 m	Tubo ASTM A500 d=37,40 mm x 2 mm	6,30	6,30
1,5 m	Tubo cuadrado ASTM 20 mm x 2 mm	9,38	2,35
1,5 m	Perfil angular ASTM A36 40 mm x 2mm	12,50	3,13
1,5 m	Flejes ASTM A36 e=2 mm	4,00	1,00
6 m	Eje frio ASTM A36 7/8 plg	3,30	3,30
1	Pintura base	10,00	10,00
1	Pintura de poliuretano	25,00	25,00
1	Disco de corte	5,00	5,00
1	Disco de desbaste	5,00	5,00
1	Cilindro neumático	50,00	50,00
10	Electrodos	1,00	10,00
3	Racores 3mm x 1/8	0,80	2,40
4	Manguera plástica de 6 mm	0,85	3,40
2	Esponjas de poliuretano inyectado	46,00	92,00
1	Tapizado del asiento	60,00	60,00
Total			286,15

Fuente: Autor.

6.2 Recursos humanos

Para la empresa se consideró un grupo de empleados que serán parte de recursos humanos, se tendrá un gerente, una secretaria, un ingeniero, un soldador, un maestro metal - mecánico y un ayudante, para estos cargos se consideraron los sueldos de acuerdo a lo que definió el Ministerio de Relaciones laborales de Ecuador para el 2015, aportaciones al instituto ecuatoriano de seguridad social (IEES), Centro Nacional de Capacitación y Formación Profesional (CNCF), los décimo cuarto, décimo tercer sueldo y vacaciones de acuerdo a las leyes ecuatorianas.

Tabla 82. Pago mensual total de recursos humanos.

Cargo	Sueldo [USD]	IESS [USD]	CNCF [USD]	IECE	Vacaciones [USD]	Fondos de reserva [USD]	Décimo cuarto [USD]	Décimo tercero [USD]	Pago mensual [USD]
Gerente	1200	133,80	6,00	6,00	50,00	100,00	29,50	100,00	1625,30
Secretaría/ contadora	500	55,75	2,50	2,50	20,83	41,67	29,50	41,67	694,42
Ingeniero en Planta	1000	111,50	5,00	5,00	41,67	83,33	29,50	83,33	1359,33
Soldador	500	55,75	2,50	2,50	20,83	41,67	29,50	41,67	694,42
Maestro	354	39,47	1,77	1,77	14,75	29,50	29,50	29,50	500,26
Ayudante	354	39,47	1,77	1,77	14,75	29,50	29,50	29,50	500,26
Total									5373,99

Fuente: Autor.

6.3 Bienes inmuebles

Se consideró conveniente que la fábrica esté ubicada en el sector rural de Riobamba, el costo del metro cuadrado en este sector es de 5 dólares el metro cuadrado y con un costo de construcción de la infraestructura de 500 dólares. Se consideró la ubicación en el sector rural como se indica en la figura 86 para obtener un mayor espacio para las instalaciones de la empresa.

Tabla 83. Bienes inmuebles.

Descripción	Cantidad [m ²]	Valor unitario	Valor total
Terreno	1 500	5	7 500
Edificación	110	500	55 000
Total			62 500

Fuente: Autor.

Figura 86. Croquis de la posible ubicación la empresa.



Fuente: Autor.

6.4 Mobiliario y equipos de oficina

Se debe adquirir mobiliario y equipo de oficina para iniciar con el funcionamiento de la empresa que construirá el asiento para el conductor del autobús, los equipos y el mobiliario se describe en detalle a continuación en las siguientes tablas con sus valores respectivos:

Tabla 84. Mobiliario.

Descripción	Cantidad	Valor unitario [USD]	Valor total [USD]
Escritorios en L	2	300	600
Sillas giratorias	1	60	60
Silla para gerente	1	300	300
Archiveros	1	100	100
Mesas de trabajo	1	150	150
Sillas metálicas	10	60	600
Pizarrones tiza líquida	3	50	150
Total			1 960

Fuente: Autor.

Tabla 85. Equipos de oficina.

Descripción	Cantidad	Valor unitario [USD]	Valor total [USD]
Computador de escritorio	1	1 000	1 000
Computador portátil	1	1 200	1 200
Impresora multifunción	1	500	500
Total			2 700

Fuente: Autor.

6.5 Máquinas y herramientas

Las herramientas y la maquinaria que se detalla a continuación son necesarias para iniciar con la manufactura del asiento para el conductor del autobús.

Tabla 86. Maquinaria.

Descripción	Cantidad	Valor unitario [USD]	Valor total [USD]
Dobladora de tubos	1	1 900	1 900
Cortadora de tubos	1	500	500
Máquina de soldar	1	400	400
Amoladora	1	400	400
Taladro de banco	1	2 000	2 000
Compresor	1	500	500
Total			5 700

Fuente: Autor.

Tabla 87. Herramientas.

Descripción	Cantidad	Valor unitario [USD]	Valor total [USD]
Juego de llaves de tuercas	2	40	80
Taladro manual	1	180	180
Total			260

Fuente: Autor.

6.6 Inversión total

El costo total que se necesita invertir para iniciar la fabricación del asiento y un periodo de un mes considerando que se venderá todo el lote de asientos fabricados durante ese mes. La inversión total en la empresa es de \$78493,99

Tabla 88. Inversión total.

Descripción	Valor [USD]
Recursos humanos	5 374
Bienes inmuebles	62 500
Mobiliario	1 960
Maquinaria	5 700
Herramientas	260
Equipos de oficina	2 700
Inversión total:	78 494

Fuente: Autor.

6.7 Análisis del préstamo

Se necesitara un capital de trabajo de \$63462,26 para cubrir los sueldos y costos de producción mensual, así que se debería realizar un préstamo en la Corporación financiera nacional (CFN) de \$141956,25 con una tasa de interés de 9,5% y será amortizado en 120 periodos mensuales de 30 días.

Tabla 89. Amortización del préstamo a 10 años.

Pago anual	Interés [USD]	Principal [USD]	Dividendo [USD]
Año 1	11 847	13 013	24 860
Año 2	11 632	14 196	25 827
Año 3	11 079	15 379	26 458
Año 4	8 822	14 196	23 018
Año 5	7 473	14 196	21 669
Año 6	6 125	14 196	20 320
Año 7	4 776	14 196	18 972
Año 8	3 428	14 196	17 623
Año 9	2 191	15 379	17 570
Año 10	618	14 196	14 814

Fuente: Autor.

6.8 Proyección de la producción para cinco años

En la proyección a cinco años se tomó como la demanda el número de carrocerías revisadas por los entes de revisión mencionados en el primer capítulo, y la oferta se tomó como referencia que las carrocerías adquieren los asientos para el conductor en empresas ecuatorianas y las empresas que más carrocerías producen anualmente fabrican sus propios asientos.

6.8.1 Demanda: En el mes de abril se revisaron 228 carrocerías en todo el país según la información que proporciona la agencia nacional de tránsito en su página en internet y se estimó que la producción anual será de 2736 carrocerías, esta producción anual será tomada como la demanda. En la tabla 92 se muestra la participación en el mercado ecuatoriano que tienen las principales empresas fabricantes de carrocerías.

6.8.2 Oferta: Para la oferta se consideró que las empresas que producen más de 200

carrocerías anualmente fabrican sus propios asientos, en la siguiente tabla se muestra las empresas que producen 60 o más carrocerías anualmente y su participación en el mercado ecuatoriano.

Tabla 90. Producción anual de carrocerías.

Empresa	Carrocerías producidas por año	Participación en el mercado [%]
BUSCARS	120	4,39
CEPEDA	300	10,96
DAVMOTOR	120	4,39
IMCE	372	13,6
MEGABUSS	192	7,02
METALICAS PILLAPA	192	7,02
MIRAL	264	9,65
MONCAYO	132	4,82
PATRICIO CEPEDA	192	7,02
AMBATOUR	72	2,63
IMPA	84	3,07
MANBUSS	72	2,63
OLYMPICA	60	2,19
Otros	564	20,61
Total	2 736	100

Fuente: Autor.

Tabla 91. Empresas que producen sus asientos.

Producción anual	
CEPEDA	300
IMCE	372
PATRICIO CEPEDA	192
Total	936

Fuente: Autor.

6.8.3 *Demanda insatisfecha:* La demanda insatisfecha se obtendrá de la resta entre la demanda menos la oferta para establecer cual es el espacio de mercado que tenemos.

6.8.4 *Demanda objetivo:* La demanda objetivo es el porcentaje de la demanda insatisfecha que se desea ocupar en el mercado, se determinó que la demanda objetivo para los próximos cinco años, con una tasa de crecimiento anual de 4% y un porcentaje

captado de la demanda insatisfecha del 98%, debería ser 1764 unidades para el primer año y al cabo de cinco años la demanda objetivo debe ser 2064 unidades.

Tabla 92. Demanda objetivo

Años	Demanda	Oferta	Demanda insatisfecha	Demanda objetivo
2015	2 736	936	1 800	1 764
2016	2 845	973	1 872	1 835
2017	2 959	1 012	1 947	1 908
2018	3 077	1 052	2 025	1 985
2019	3 200	1 094	2 106	2 064

Fuente: Autor

6.8.5 Depreciación de los activos de la empresa: Los activos de la empresa se depreciaran cada año de acuerdo a los porcentajes que establece el servicio de rentas internas (SRI).

Tabla 93. Porcentaje de depreciación según el SRI.

Activos fijos	Depreciación anual [%]
Inmuebles (excepto terrenos), naves, aeronaves, barcasas y similares	5
Instalaciones, maquinarias, equipos y muebles	10
Vehículos, equipos de transporte y equipo caminero móvil	20
Equipo de cómputo y software	33

Fuente: Autor.

En siguiente tabla se observa la depreciación que sufren los activos durante cada año en un lapso de cinco años, el único activo que no se deprecia es el terreno y se puede verificar que al finalizar el tercer año los equipos se deprecian totalmente. El valor inicial de los activos es de 73120 dólares y al final del quinto año es de 3542 dólares.

Tabla 94. Depreciación de los activos.

Valor inicial [USD]	Vida útil	Año 1 [USD]	Año 2 [USD]	Año 3 [USD]	Año 4 [USD]	Año 5 [USD]
7 500						
55 000	20	2 750	2 750	2 750	2 750	2 750
5 700	10	570	570	570	570	570
260	10	26	26	26	26	26
1 960	10	196	196	196	196	196
2 700	3	900	900	900		
73 120		4 442	4 442	4 442	3 542	3 542

Fuente: Autor

6.8.6 Estado de resultados y flujo de caja: En el estado de resultados se comprueba la utilidad al final de cada año suponiendo que se cubre la demanda insatisfecha que se propone la empresa cubrir cada año. En el estado de resultados se muestra los valores de los todos los gastos e ingresos de la empresa.

Tabla 95. Estado de resultados.

Detalle	Año 1 [USD]	Año 2 [USD]	Año 3 [USD]	Año 4 [USD]	Año 5 [USD]
Número de unidades producidas	1 764	1 835	1 908	1 985	2 064
INGRESOS TOTALES	705 600	769 599	839 026	915 221	997 800
Precio	400	419	440	461	483
Costos directos					
Materias Primas	504 760	549 557	572 618	595 770	619 498
Total de costos directos	541 411	589 507	616 164	643 234	671 234
Gastos					
Servicios básicos	100	105	110	115	121
Transporte	17 640	19 206	20 011	20 821	21 650
Publicidad	1 000	1 049	1 099	1 153	1 209
Depreciación	4 442	4 442	4 442	3 542	3 542
Suministros de seguridad personal y aseo (planta de ensamblaje)	1 000	1 049	1 099	1 153	1 209
Suministros de oficina	500	524	550	576	604
Subcontratos de servicios	70 560	76 822	80 046	83 282	86 599
Otros (mantenimiento)	2 626	2 836	3 019	3 170	3 381
Total de gastos	125 705	136 373	143 450	149 861	157 608
Utilidad operacional	38 484	43 719	79 413	122 125	168 957
Otros ingresos/ gastos					
Gastos financieros	11 847	11 632	11 079	8 822	7 473
Total otros gastos	11 847	11 632	11 079	8 822	7 473
Utilidad Antes de Impuestos	26 637	32 087	68 334	113 303	161 484
Participación trabajadores	-3 996	-4 813	-10 250	-16 995	-24 223
Impuesto a la renta (25%)	-6 659	-8 022	-17 083	-28 326	-40 371
Utilidad del ejercicio	15 982	19 252	41 000	67 982	96 890

Fuente: Autor.

En el flujo de caja se obtiene el flujo neto por periodo tomando en cuenta la distribución de utilidades, impuestos, la depreciación y el flujo descontado neto que es de 12% en cada año: También se puede verificar que se calculó todos estos montos para cinco periodos de un año cada uno en los que se puede observar el flujo neto que tendrá la empresa con las operaciones de venta.

Tabla 96. Flujo de caja.

Periodo	Año 0 [USD]	Año 1 [USD]	Año 2 [USD]	Año 3 [USD]	Año 4 [USD]	Año 5 [USD]
Ingresos Totales	0	70 5600	769 599	839 026	915 221	997 800
Costo de producción total	0	-54 1411	-589 507	-616 164	-643 234	-671 234
Costos Fijos	0	-12 1263	-131 931	-139 008	-146 319	-154 066
Depreciación	0	-4 442	-4 442	-4 442	-3 542	-3 542
Utilidad antes de impuestos	0	38 484	43 719	79 413	122 125	168 957
Depreciación	0	4 442	4 442	4 442	3 542	3 542
UAI + Depreciación	0	42 926	48 161	83 855	125 667	172 499
Repartición a trabajadores (15%)	0	-6 439	-6 558	-11 912	-18 319	-25 344
UAI + Depreciación - 15% de trabajadores	0	36 487	41 603	71 943	107 348	147 156
Impuestos	0	-9 122	-10 401	-17 986	-26 837	-36 789
Flujo Efectivo de Operación	0	27 366	31 202	53 957	80 511	110 367
Terreno	7 500	0	0	0	0	0
Edificación	55 000	0	0	0	0	0
Maquinaria	5 700	0	0	0	0	0
Herramientas	260	0	0	0	0	0
Mobiliarios	1 960	0	0	0	0	0
Equipos	2 700	0	0	0	0	0
Variación de Capital	-73 120	0	0	0	0	0
Capital de trabajo necesario	55 223	55 223	60 120	62 931	65 796	68 775
Variación Capital de Trabajo	-55 223	0	-4 897	-2 811	-2 865	-2 979
Flujo neto	-128 343	27 366	26 305	51 146	77 646	107 388
Periodo	0	1	2	3	4	5
Flujo Neto descontado [15%]	-128 343	24 434	20 970	36 405	49 345	60 935

Fuente: Autor.

6.8.7 Balance general: Se establece un resumen de todos los activos, pasivos y el patrimonio con el que cuenta la empresa al final de cada periodo que es considerado como un año calendario durante los próximos cinco años, con estos datos se calcula también el punto de equilibrio que determina cuantas unidades se debe producir en un tiempo que se puede considerar de un periodo, para que la empresa termine ese periodo sin deudas.

Tabla 97. Activos

Detalle	Año 1 [USD]	Año 2 [USD]	Año 3 [USD]	Año 4 [USD]	Año 5 [USD]
Activos	0	0	0	0	0
Activo corriente	0	0	0	0	0
Disponibile	0	0	0	0	0
Caja	55 223	60 120	62 931	65 796	68 775
Exigible	0	0	0	0	0
Ctas. por Cobrar	58 800	64 133	69 919	76 268	83 150
Realizable	0	0	0		0
Inventarios	45 118	49 126	51 347	53 603	55 936
Activo fijo	0	0	0	0	0
Depreciables	0	0	0	0	0
Edificación	55 000	55 000	55 000	55 000	55 000
Maquinaria	5 700	5 700	5 700	5 700	5 700
Herramientas	260	260	260	260	260
Mobiliarios	1 960	1 960	1 960	1 960	1 960
Equipos	2 700	2 700	2 700	0	0
Depreciaciones acumuladas	4 442	4 442	4 442	3 542	3 542
No depreciables	0	0	0	0	0
Terrenos	7 500	7 500	7 500	7 500	7 500
Total activos	236 702	250 941	261 759	269 629	281 823

Fuente: Autor.

Tabla 98. Pasivos.

Detalle	Año 1 [USD]	Año 2 [USD]	Año 3 [USD]	Año 4 [USD]	Año 5 [USD]
Pasivo corriente	56 965	60 757	62 426	62 425	63 410
Cuentas Por Pagar	45 118	49 126	51 347	53 603	55 936
Hipotecas por Pagar	11 847	11 632	11 079	8 822	7 473
Pasivo no corriente	0	0	0	0	0
Hipotecas por pagar	0	0	0	0	0
Total pasivos	56 965	60 757	62 426	62 425	63 410

Fuente: Autor.

Tabla 99. Patrimonio.

Detalle	Año 1 [USD]	Año 2 [USD]	Año 3 [USD]	Año 4 [USD]	Año 5 [USD]
Capital social	163 755	170 931	158 333	139 223	121 523
Utilidad acumulada	15 982	19 252	41 000	67 982	96 890
Total patrimonio	179 738	190 184	199 333	207 205	218 414
Total pasivos y patrimonio	236 702	250 941	261 759	269 629	281 823

Fuente Autor.

6.8.8 Punto de equilibrio: Se calculó el número de unidades que se debe producir en varios periodos por ejemplo, para el tercer año de funcionamiento de la empresa se debe producir y vender 1228 asientos para tener un ingreso de 540055,25 dólares con un precio de venta de 439,74 dólares. Este valor de unidades e ingresos del punto de equilibrio es para que la empresa termine el tercer año de funcionamiento sin deudas.

Tabla 100. Punto de equilibrio.

Detalle	Año 1 [USD]	Año 2 [USD]	Año 3 [USD]	Año 4 [USD]	Año 5 [USD]
Precio de venta	400	419	440	461	483
Costo de producción unitario	307	321	323	324	325
Costos fijos	121 263	131 931	139 008	146 319	154 066
Depreciación	4 442	4 442	4442	3 542	3 542
Unidades en punto de equilibrio	1 351	1 390	1 228	1 094	996
Ingresos en punto de equilibrio	540 214	582 773	540 055	504 276	481 562

Fuente: Autor.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Mediante el análisis de la ergonomía y el reglamento técnico ecuatoriano INEN 043 se determinó las medidas del asiento para un diseño antropomórfico correcto que se presenta en la tabla siguiente:

Designación	Medidas [mm]
Altura poplítea	395
Longitud nalga - poplíteo	400
Longitud nalga - rodilla	645
Altura de la parte superior de los muslos	173
Anchura entre codos	544
Anchura de la cadera	450
Altura del hombro, desde el asiento	500
Recorrido vertical	400 - 550
Recorrido horizontal	120
Inclinación de espaldar	90° - 110°

Luego del análisis en el software de elementos finitos se comprobó que para tener buenos resultados se debe aplicar un valor cercano al espesor del material en la operación de sizing.

El factor de seguridad que tiene mayor importancia es el del análisis a fatiga.

Se determinó que el acero ASTM A500 grado B y el acero ASTM A36 son una buena opción para la fabricación del asiento en base a los análisis que se realizaron en la herramienta de análisis por el método de elementos finitos, también son fáciles de conseguir en el mercado ecuatoriano.

Se realizó un análisis de costos en la construcción del asiento y se determinó que se debería fabricar 1351 unidades incluyendo los asientos para los pasajeros del autobús. Se estableció los protocolos de prueba donde se validó el cumplimiento de la normativa teniendo como resultado un promedio de tiempo para alcanzar la altura máxima el mecanismo de elevación de 1,52 segundos en elevar una persona de 70 kilogramos, 1,66

segundos en elevar a una persona de 80 kilogramos, 3,39 segundos en elevar una persona de 90 kilogramos

7.2 Recomendaciones

Realizar el análisis estático y dinámico con una malla que no presente errores, para que los resultados no generen datos erróneos por singularidades que se forman por efectos de la malla.

En el proceso de fabricación se debe utilizar el equipo de protección personal necesario como lentes, guantes de seguridad, overol, mascara para soldar y protección auditiva.

La empresa que se planteó en esta tesis debería fabricar también los asientos para los pasajeros del autobús, para tener mayor beneficio en cada periodo.

BIBLIOGRAFÍA

Cabello, Esperanza Valero. 2015. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. *Centro Nacional de Nuevas Tecnologías*. [En línea] 01 de Enero de 2015.
<http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno%20del%20puesto/DTEAntropometriaDP.pdf>.

Carro Paz, Roberto y González Gómez, Daniel. Nulan. [En línea] [Citado el: 16 de 04 de 16.] http://nulan.mdp.edu.ar/1613/1/08_diseno_procesos.pdf.

D1.3, AWS. AWS D1.3.

Flores, Cecilia. 2001. Ergonomía para el diseño. *coursehero*. [En línea] 2001. [Citado el: 20 de Enero de 2015.] <https://www.coursehero.com/file/6499950/48834009-ERGONOMIA-PARA-EL-DISENO/>.

INEN RTE 043. 2014. *BUS INTERPROVINCIAL E INTRAPROVINCIAL*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. 2014. pág. 28.

Lincolnelectric. lincolnelectric. [En línea] [Citado el: 29 de 06 de 2015.] <http://www.lincolnelectric.com/es-es/support/promotions/Pages/download-catalogues.aspx>.

Media, Diser. <http://www.alumac.com.mx/prod/aluminio.html>.
<http://www.alumac.com.mx/prod/aluminio.html>. [En línea] [Citado el: 02 de 03 de 2015.]

Miechielsen, Ing. Luis Zamuddio. 2013. AHMSA. *WWW.AHMSA.COM*. [En línea] 2013. [Citado el: 23 de 02 de 2015.]
http://www.ahmsa.com/Acero/Complem/Manual_Construccion_2013/MANUAL_AHMSA_2013.pdf.

Panero, Zelnik y. *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*. [ed.] Santiago Castán para la edición castellana. Mexico : Ediciones G. Gili, S.A. de C.V.

Pinilla, Martha Helena Saravia. *Ergonomía de concepción. Su aplicación al diseño y otros procesos proyectuales*. s.l. : Facultad de Arquitectura y Diseño.

Ramos, Gabriel Poveda. *Modelo matematico y dimensional para el planeamiento optimo de industrias de procesos*.

Romeva, Carles Riba i. 2002. *Diseño concurrente*. 2002.

servicios, Imeca soluciones y. [En línea] [Citado el: 23 de 06 de 2015.]

Solé, Antonio Creus. *Neumática e Hidraulica*. s.l. : MARCOMBO.

Suárez, Manuel Ramón Ríos. *Ergonomía del puesto de conductor en motocicletas*.

ANEXOS

ANEXO A

Catálogo de selección del cilindro neumático.

ANEXO B
Casa de la calidad.

PLANOS