



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Diseño de Vehículo Eléctrico Plegable

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A N

Luis Bernardo García Esteban

Juan Diego Vivia Jiménez

DIRECTOR(A) DE TESIS

Dr. Vicente Borja Ramírez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018

JURADO ASIGNADO

Presidente: Dr. Alejandro Cuauhtémoc Ramírez Reivich

Vocal: Dr. Vicente Borja Ramírez

Secretario: Dr. Adrián Espinosa Bautista

1er Suplente: Ing. Mariano García Del Gallego

2do Suplente: Dr. Ricardo Yañez Valdez

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Luis Bernardo García Esteban

A Dios por darme la capacidad de razonar y seguir adelante, pues incluso en los más oscuros momentos, he podido ver la luz.

A mis padres: No me alcanzará la vida para pagarles todo lo que han hecho de mí, por formar el ser que soy y los valores que me han inculcado, por cada palabra de aliento y cada parte de su corazón de la que formo parte. Madre y padre, gracias por todo. Los amo con el alma.

A mis hermanas, mujeres maravillosas cuya risa y sonido de voz me llena de alegría, ustedes han sido mis más sinceras amigas y compañeras en la vida. Para mí, siempre serán pequeñas, no duden que pueden contar conmigo para lo que necesiten, más que un hermano, espero ser un amigo que las escuche y brinde su mano.

A mi amigo y compañero de Tesis Juan Diego Vivia, pues sin su apoyo y esfuerzo este trabajo no sería posible.

A mi universidad, quien no solo me dio la oportunidad de aprender, sino que lo hizo brindando hacia mí los mejores profesores e instalaciones. Espero dejar tu nombre en alto y velar para defenderte ante México y el mundo.

A todo aquel que me brindó una palabra de aliento, me escucho y me acompañó en este camino, muchas gracias.

Juan Diego Vivia Jiménez

A la Universidad Nacional Autónoma de México, que no sólo me ha otorgado la mejor preparación que me pudo haber sido brindada, sino que también me ha dado lecciones de vida y a las personas más importantes en ella.

A Dios, por acompañarme en todo momento y ser parte importante en mi vida, por iluminar mi camino y protegerme, agradezco la ayuda y bendiciones que siempre me has brindado y más aún, por darme a los mejores padres y hermanos.

A mis padres, quienes con tanto esfuerzo y dedicación han logrado sacar adelante a cada uno de sus hijos, hoy les agradezco por todas las lecciones que me han enseñado a lo largo de mi vida, siempre han sido un gran ejemplo de valor, honestidad y perseverancia. Les agradezco por su amor, cariño y comprensión, pero sobre todo, por haber encontrado en ustedes el motivo de seguir adelante y no rendirme jamás ante cualquier adversidad, serán siempre mi ejemplo a seguir a lo largo de mi vida, no saben cuánto los admiro y respeto... Gracias por todo, los amo.

A Brenda Hernández Ríos, con quien tuve la fortuna de coincidir en mi paso por la universidad y que ahora es esencial en mi vida, te agradezco por tanto amor, cariño, apoyo y comprensión que tu cálido corazón me ha regalado, no solo en el desarrollo de este proyecto sino en todo aspecto de mi vida. Gracias por caminar a mi lado, escucharme, motivarme y levantarme en los momentos más difíciles, por ser una persona tan maravillosa y abrazarme con el alma cuando más lo necesitaba, gracias por todos tus ánimos, consejos y compañía en el preciso momento... ¡Te amo!

A todos mis hermanos, con quienes he crecido a su lado y me han enseñado con su ejemplo que se puede lograr cualquier cosa en esta vida, hoy concluye una etapa de la que son parte importante y que compartiremos por siempre. Gracias por sus consejos, motivación y por demostrarme su apoyo a lo largo de toda mi preparación, sé que mi vida no sería la misma sin cada uno de ustedes en ella.

A mis sobrinos, por ser la más grande muestra de amor e inocencia en mi vida, porque por ustedes también me he esforzado para algún día llegar a ser un ejemplo en su vida, han sido siempre mi concepto de pureza y quienes sin saberlo me dieron fuerzas para seguir adelante.

A todos mis amigos con quienes compartí tantas experiencias y momentos de felicidad, porque hicieron más fácil el camino al compartir logros y fracasos, al apoyarnos y demostrarnos que la amistad es fundamental en nuestras vidas.

A mi compañero de tesis, Luis, eres una gran persona y más que sólo mi compañero de tesis eres mi amigo, te agradezco por todo tu apoyo ante cualquier situación, por esa perseverancia que te caracteriza y que me lograste compartir, porque sin ella este proyecto aún estaría inconcluso.

No ha sido un camino sencillo el que he tenido que recorrer, pero sin lugar a dudas agradezco a Dios por elegirlos a todos ustedes y ponerlos en mi camino.

AGRADECIMIENTOS GENERALES

Esta investigación fue realizada gracias al programa DGAPA-PAPIIT IT101718 Y IT101716.

A nuestro director de tesis, Vicente Borja Ramirez, quien con su motivación, enseñanza y paciencia que nos brindó, hemos logrado ver el fin de este proyecto. Le agradecemos por todo el apoyo y consejos otorgados.

Al equipo de diseño industrial, Itzel Barreto Bautista, Erika Gutiérrez Hernández, Michelle Ayari Calderón Reyes, Itzel Alejandra Olivas Benitez, Erick Maravillas Mora y Luis Antonio Sidar Ortiz, pues sus actividades con lluvia de ideas, orientación y consejos de diseño fueron de gran importancia y ayuda en el desarrollo del proyecto.

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	9
2.- ANTECEDENTES	10
2.1 MEGACIUDADES	10
2.2 MOVILIDAD	11
2.3 MEGA ESTACIONAMIENTOS	14
2.4 LAST MILE VEHICLES	15
2.5 PROGRAMA ECOBICI	16
2.6 LMV COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE MOVILIDAD	17
2.7 CONTAMINACIÓN	19
3.- DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	22
3.1 OBJETIVO	22
3.2 ALCANCES	22
3.3 METODOLOGÍA	22
3.3.1 IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD.....	24
3.3.2 DEFINICION DEL PROBLEMA.....	24
4.- REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES	25
4.1 INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL	25
4.2 ANÁLISIS Y SÍNTESIS DE INFORMACIÓN	27
4.2.1 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS DE DOS RUEDAS (SIN GIROSCOPIO; EJES EN PARALELO).....	27
4.2.2 VEHÍCULO DE TRES RUEDAS	28
4.2.3 VEHÍCULOS 4 RUEDAS.....	29
4.2.4 VEHÍCULOS CON TECNOLOGÍA DE GIROSCOPIOS	30
4.2.5 ASPECTOS IMPORTANTES	32
4.2.6 SÍNTESIS DE DATOS	33
5.- DISEÑO CONCEPTUAL	38
5.1 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	38
5.1.1 PROPUESTA 1	39
5.1.2 PROPUESTA 2.....	40
5.1.3 PROPUESTA 3.....	41
5.1.4 PROPUESTA 4.....	41
5.1.5 PROPUESTA 5.....	42
5.1.6 PROPUESTA 6.....	43
5.1.7 PROPUESTA 7.....	43

5.1.8 PROPUESTA 8.....	44
5.2 SOLUCIÓN FINAL	46
5.2.1 SISTEMA DE DIRECCIÓN	46
5.2.2 CUADRO ESTRUCTURAL.....	49
5.2.2.1 MATERIALES CERÁMICOS.....	49
5.2.2.2 MATERIALES METÁLICOS.....	50
5.2.2.3 POLÍMEROS.....	50
5.2.2.4 MATERIALES COMPUESTOS.....	51
5.2.2.5 SELECCIÓN DEL MATERIAL FINAL.....	51
5.2.3 SISTEMA DE TRACCIÓN.....	52
5.2.3.1 APLICACIÓN EN TRACCIÓN.....	52
5.2.4 SISTEMA DE PLEGADO	54
5.2.5 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICO.....	56
6.- DISEÑO DE DETALLE.....	58
6.1 SISTEMA DE DIRECCIÓN	58
6.2 SISTEMA DE TRACCIÓN Y MOTOR.....	58
6.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICO	59
6.4 CUADRO ESTRUCTURAL.....	60
6.5 DIMENSIONES	60
7.- MODELOS Y PROTOTIPOS.....	62
7.1 FABRICACIÓN	62
7.1.1 PROTOTIPO DE FUNCIONALIDAD LIMITADA 1	63
7.1.2 PROTOTIPO DE FUNCIONALIDAD LIMITADA 2	63
7.1.3 PROTOTIPO DE FUNCIONALIDAD LIMITADA 3	64
8.- DISEÑO FINAL.....	65
8.2 ANÁLISIS DE ELEMENTO FINITO	65
8.2.1 ANÁLISIS DEL REPOSA PIES.....	66
8.2.2 ANÁLISIS DEL CUADRO ESTRUCTURAL.....	68
8.2.3 REDIMENSIONAMIENTO	69
8.3 PRESENTACIÓN DEL MODELO.....	71
8.3.1 PLEGADO	73
8.4. CÁLCULO DE AUTONOMÍA.....	75
8.4.1 ESPECIFICACIONES.....	75
9.- CONCLUSIONES Y COMENTARIOS	78
BIBLIOGRAFÍA.....	81
ANEXOS.....	88

A1. ERGONOMÍA	88
A2. FICHAS TÉCNICAS	96
A3. ENCUESTAS.....	124
A4. LISTA DE PARTES.....	134
A5. PLANOS.....	136

1.- INTRODUCCIÓN

Actualmente el crecimiento poblacional ha arrojado valores significativamente preocupantes pues gran cantidad de personas se han concentrado en las ciudades y áreas metropolitanas dejando como resultado un aumento en los tiempos de traslado y congestionamientos viales, además de contaminación y poco abastecimiento en los recursos básicos tales como agua, vivienda y transporte. Entre las posibles respuestas para eliminar este problema, se encuentran la descentralización de las ciudades, mejora y aumento en el uso del transporte público colectivo o bien, el uso de alternativas de movilidad como bicicletas y vehículos eléctricos.

El presente proyecto muestra el desarrollo conceptual de un vehículo eléctrico alternativo para dar respuesta a una etapa (última milla) del problema de movilidad y congestionamiento en las grandes ciudades. Se partió de un trabajo previo donde se evaluó el diseño junto con sus diferentes sistemas, sin embargo, tras un análisis riguroso, se llegó a la conclusión de que determinados aspectos de la unidad tenían que ser conceptualizados nuevamente por lo que se decidió desarrollar un diseño propio basándose en la información que se tenía, investigaciones de mercado, información técnica y opiniones de consumidores potenciales.

La estructura del trabajo comprende 8 capítulos y un apartado de anexos en los cuales se observan las distintas etapas del desarrollo del vehículo. La primera parte, integrada por los capítulos 2 y 3 nos explica los antecedentes, conceptos teóricos y alcances del trabajo. La sección de capítulos 4 y 5 se concentra en la síntesis de información y diseño conceptual que permite arrojar una primera idea del proyecto. En el capítulo 6 el diseño del vehículo se divide en subsistemas para encontrar soluciones particulares mientras que en el capítulo 7, se pasa a una etapa de evaluación mediante el uso de prototipos.

La etapa final del proyecto se presenta en el capítulo 8 en el cual se diseñó un modelo a detalle, se hizo validación de algunas piezas mediante elemento finito y se presentó la imagen del vehículo mediante un *render*. La parte final incluye también 2 anexos, uno de planos y otro de costo general del vehículo, esto sin mencionar a las fichas técnicas de la investigación de mercado, encuestas a público usuario y un apartado de ergonomía.

2.- ANTECEDENTES

2.1 MEGACIUDADES

Según las Naciones Unidas, se define a una megaciudad como aquella ciudad que cuenta con más de diez millones de habitantes. Hacia 1950 el 30% de la población mundial vivía en ciudades, en el año 2000 aumentó a 47% y para el 2007 llegó a 3.3 billones, lo que representa más de la mitad de la población mundial [1]. Se estima que para el 2030 un 60% de la población mundial se encontrará en esta situación. En la actualidad, hay 28 megaciudades, siendo Tokio la más grande con 38 millones de habitantes, seguida de Nueva Delhi, con 25 millones, Shanghái, con 23 millones, y Ciudad de México, Mumbai y San Pablo con alrededor de 21 millones cada una [2].

Las megaciudades han surgido como resultado de un crecimiento de las medianas y pequeñas ciudades, que a su vez vienen de una transición urbana y por otro lado, de un notable aumento de la población. Fig. 2.1.

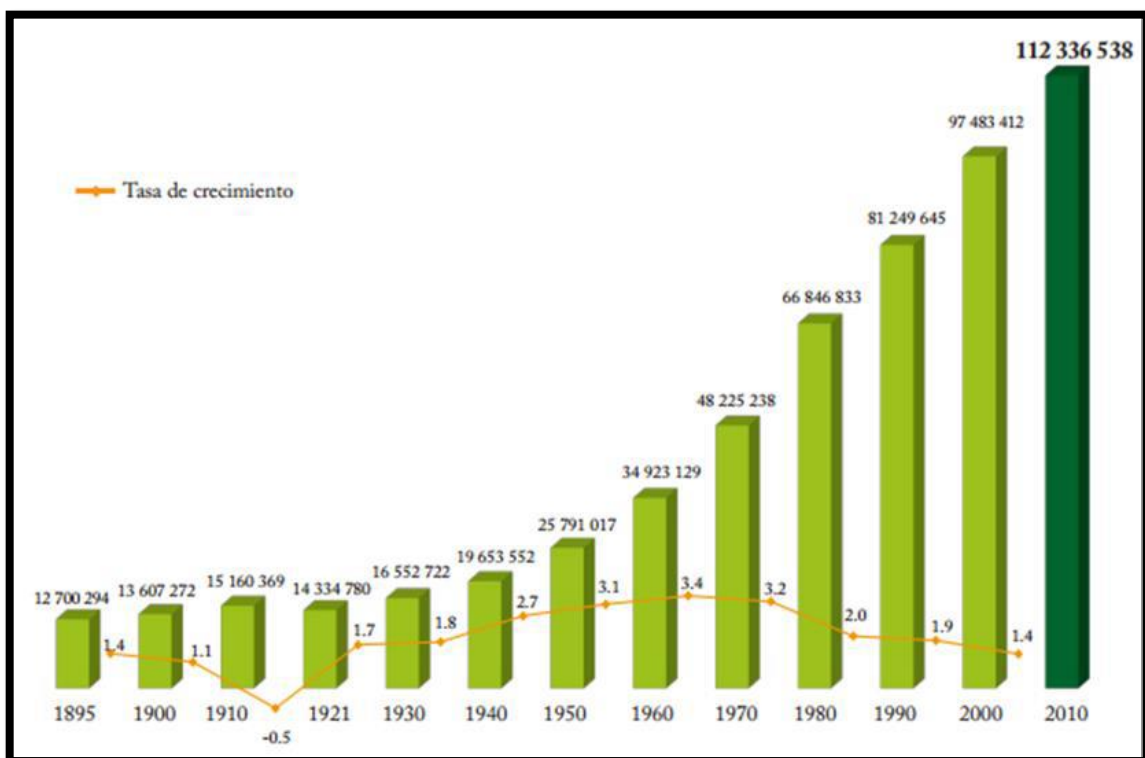


Fig. 2.1. Crecimiento de la población en México [3]

Actualmente las proyecciones que se tienen respecto a la población para el año 2030, seguirán marcando un crecimiento positivo pero con una tasa de crecimiento cada vez menor.

Debido a la gran cantidad de habitantes que se tienen dentro de una megaciudad, se presentan en ella problemas de sustentabilidad debido al crecimiento demográfico y a la mala infraestructura urbana que se ve rebasada

por la población. En conjunto, los problemas anteriores propician una degradación ambiental y peligros ecológicos para la misma población, traduciéndose en contaminación y enfermedades respiratorias.

Las posibles soluciones apuntalan a tener una movilidad menos motorizada debido a que los intentos por parte del gobierno como la construcción de segundos pisos, no ayudan a tener una movilidad sustentable en la ciudad.

2.2 MOVILIDAD

La movilidad urbana abarca el número total de traslados que se realizan en una ciudad. El problema con la movilidad se ha venido gestando desde mucho tiempo atrás cuando en las personas comenzó el deseo de tener y utilizar un automóvil propio.

El medio de transporte puede ser variado abarcando desde coche, transporte público o inclusive bicicleta. Sin embargo, la movilidad en las ciudades se ha visto reducida debido principalmente a congestionamientos viales en las principales avenidas de las mismas. El problema de la movilidad no está únicamente referenciado a la cantidad de vehículos particulares que circulan en la ciudad sino que incluye de igual forma al transporte público, siendo en este último donde se percibe el mayor impacto del problema, puesto que es más susceptible a los congestionamientos; si bien una alternativa para mejorar la movilidad consistiría en tener redes de transporte colectivo eficientes, la raíz del problema podría atacarse al descentralizar las ciudades y expandirlas hacia otras zonas menos concurridas. De esta forma la cantidad de personas que se dirigen a la ciudad se reduciría drásticamente puesto que sus empleos se encontrarían fuera de la misma.

Los problemas que hoy en día afectan en las ciudades el tiempo de traslado a los hogares, trabajos, escuelas, centros comerciales y demás, tienen una relación estrecha con la forma en que se da la movilidad y la preferencia que se tiene por un determinado medio de transporte, pues sus más notables consecuencias se relacionan con la reducción del suelo urbano que es transformado en infraestructura. Todo esto justifica que actualmente se busquen alternativas a la forma en que nos transportamos por la ciudad a fin de mejorar la movilidad.

En el caso de la ciudad de México, se cuenta con un programa por parte de la Secretaría de Movilidad que tiene como objetivo *“Fomentar, impulsar, estimular, ordenar y regular el desarrollo de la movilidad en la Ciudad de México, tomando el derecho a la movilidad como referente y fin último en la elaboración de políticas públicas y programas”* [6].

Los problemas de movilidad son un reto no solo para la CDMX, sino también para otras grandes ciudades; todos buscan actualmente programas que la mejoren y como resultado se ha convertido en un tema de gran importancia.

Tal es el caso en la CDMX, que el gobierno ha recurrido a diversos proyectos para mejorar el problema. Algunos de ellos van desde la sustitución de unidades de transporte público por otras en mejores condiciones a fin de reducir la contaminación que se produce como consecuencia, hasta la construcción de vialidades con segundos pisos, la ampliación de líneas en sistemas de transporte colectivo y ciclovías, la creación de nuevos trenes que conecten a la ciudad e incluso la creación de una Ley de Movilidad que no se ha aplicado.

La Ley de Movilidad publicada en julio de 2014 otorga grandes beneficios a dichos problemas. Se establece la movilidad como un derecho de los peatones al posicionarlos, junto a los ciclistas, por encima de cualquier unidad de transporte. De alguna forma la Ley de Movilidad plantea reordenar y organizar la movilidad, sin embargo, no se ha implementado por más de dos años debido a la falta de un reglamento que la logre regir.

A junio de 2015, a pesar de que la Ley de Movilidad ya se había dado a conocer, solo cinco delegaciones de la ciudad presentaron algún plan de movilidad, mientras que las propuestas de algunos de los dirigentes de las otras delegaciones solo quedaron en la intención [9]. Por razones como ésta, la movilidad en la CDMX es muy mala, llegando inclusive a ocupar el primer puesto en congestionamientos según el índice de movilidad TOMTOM al 2016 [10].

El índice de movilidad TOMTOM ofrece información sobre los niveles de congestionamiento en las zonas urbanas a nivel mundial tomando como referencias dos situaciones: los tiempos de traslado en condiciones de hora pico y, por otro lado, el tiempo en que se recorrería el mismo trayecto libre de congestionamientos. Los porcentajes de congestionamiento mostrados significarán entonces, cuánto tiempo de más se invierte en el trayecto debido al tránsito.

En el caso de la CDMX, la movilidad ha sido mal calificada por segundo año consecutivo, subiendo 7% respecto al año pasado; el resultado del análisis arrojó que, a los habitantes de la CDMX, les toma un 66% más de tiempo realizar sus traslados. Fig. 2.2.

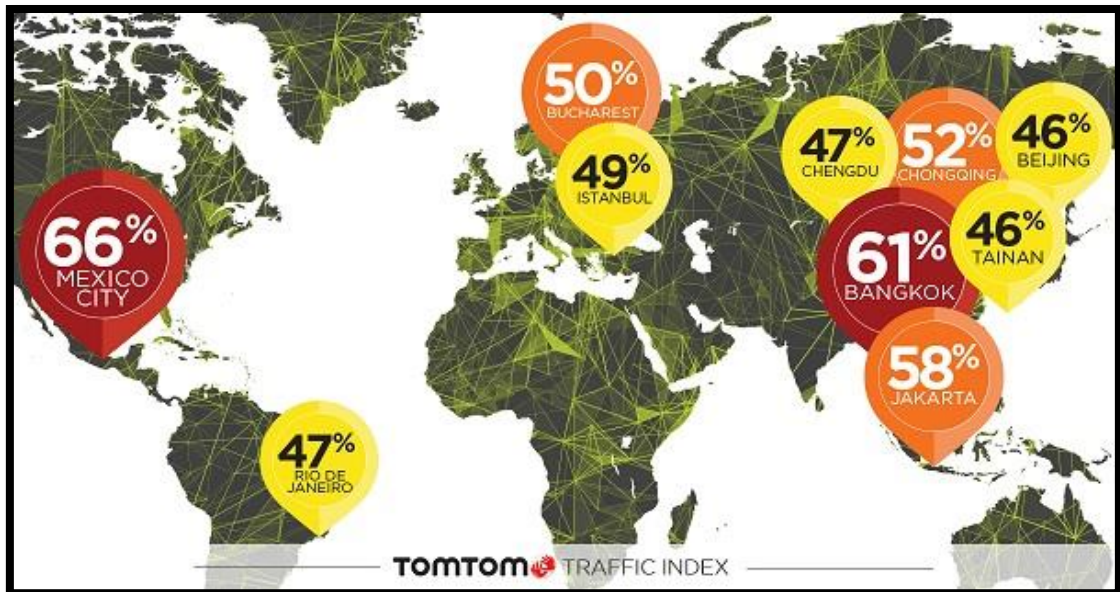


Fig. 2.2. Congestión global de tránsito. [10]

Actualmente, existen otros estudios similares a éste en el que se compara los congestionamientos que se sufren en diversas ciudades en todo el mundo. Tal es el caso de INRIX, en el que, caso contrario a lo que se indica con anterioridad, la CDMX no se encuentra como la más congestionada, sino que ocupa el lugar número 14 a nivel mundial pero el primero en todo México. Fig. 2.3.

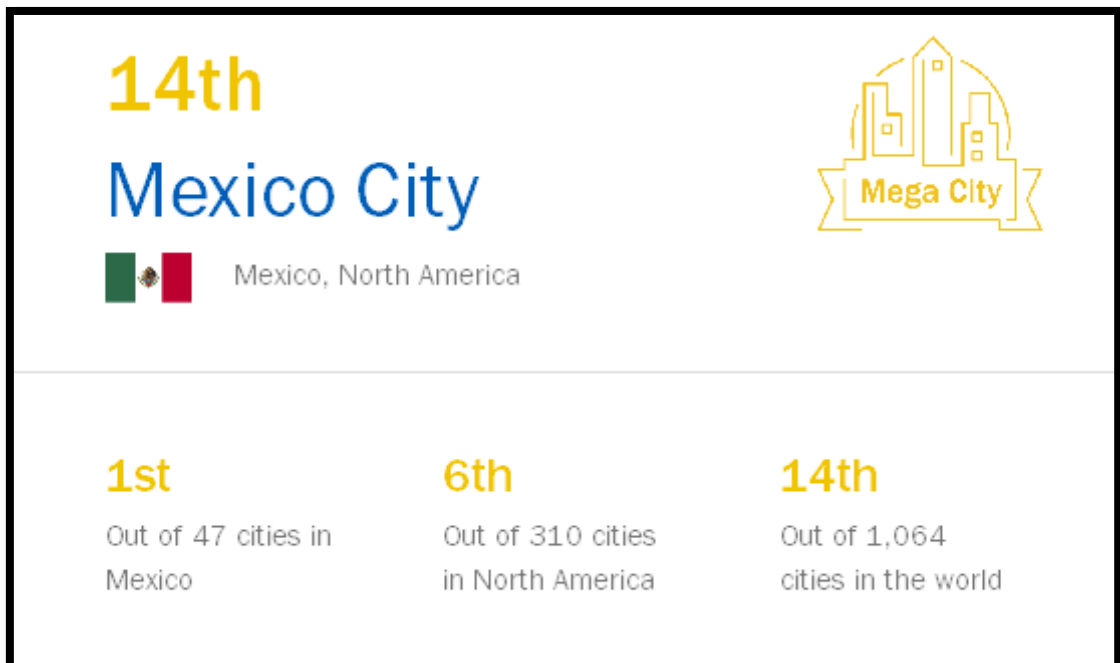


Fig. 2.3. Clasificación de la CDMX [11]

Este estudio también mostró que, en su recorrido, los capitalinos pasan el 13% del tiempo de su trayecto atorados en un congestionamiento, traduciéndose en poco más de 60 horas perdidas al 2016.

La metodología que usa INRIX en su estudio consiste en calcular el porcentaje de tiempo que los conductores pasan en una congestión de tránsito a diferentes horas del día o semana. Además, el estudio se realiza en diferentes partes de la red de carreteras de una ciudad. Las ciudades se clasificaron por las horas pico que el conductor promedio pasó en el congestionamiento, siendo las horas pico la parte más crítica del día y cuando la mayoría de las personas se ven afectadas.

Podemos notar una clara diferencia entre ambos índices debido a que se basan en diferentes metodologías para mostrar sus resultados, sin embargo, en ambos se muestra que la CDMX tiene fuertes problemas de congestionamiento que habrán de solucionarse.

Expertos en el tema consideran a México como poco móvil debido a que *la ciudad es muy grande para la infraestructura que tiene y que la solución viable para el problema son los llamados edificios funcionales donde oficinas y viviendas se encuentren en la misma edificación. Por otro lado, recomienda políticas metropolitanas de transporte que busquen limitar el empleo del automóvil al elevar el precio de su uso* [13].

2.3 MEGA ESTACIONAMIENTOS

Debido a los problemas de movilidad a los que se enfrenta la CDMX actualmente, se han buscado alternativas como las que ya se han mencionado. Sin embargo, la CDMX cuenta actualmente con la denominada “*Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico*” [20]. Este reglamento de construcciones establece el número mínimo de cajones de estacionamiento que se deben construir por la cantidad de metros cuadrados que ocupe el inmueble; lo cual podría resultar contraproducente ya que de alguna forma se estaría fomentando el uso del vehículo particular, caso contrario a lo que se pretende si se habla de movilidad.

Por otro lado, hay quienes consideran que otra alternativa viable a la solución de los problemas de movilidad en la CDMX, es la construcción de los denominados mega estacionamientos; son como su nombre lo indica, lugares construidos especialmente para albergar los vehículos de los trabajadores. La idea detrás de los mega estacionamientos es construirlos en zonas cercanas a las terminales del transporte público como el metro o bien, en la periferia de la ciudad; esto con la finalidad de que los trabajadores dividan su viaje mediante el uso de diferentes medios de transporte.

Normalmente una persona que se dirige a cualquier lugar, ya sea que ocupe su vehículo solamente u otro medio de transporte público o privado, por lo general la última o primera parte de su recorrido la hará caminando, y es aquí donde entra la importancia de contar con vehículos alternativos que le permitan hacer este último recorrido de forma más eficiente.

2.4 LAST MILE VEHICLES

La denominación de “última milla” en el tema de movilidad, hace referencia a la etapa final del recorrido de una persona durante su viaje. Los *last mile vehicles* (LMV) tienen como propósito cubrir este último trayecto del viaje, pero teniendo como prioridades la comodidad, tamaño y por sobre todo el ser amigables con el medio ambiente.

El concepto de LMV surge como una alternativa de solución a los grandes problemas de movilidad y contaminación que se hacen presentes a diario para los habitantes de las grandes ciudades. Esta propuesta de solución pretende ser una opción viable para reducir tanto los congestionamientos viales como los lapsos de traslados y, por último, la contaminación en las ciudades. Esto se pretende lograr teniendo en cuenta que la principal idea de los LMV es tener muy bajo impacto ambiental o inclusive nulo, por lo que encontraremos que la gran mayoría de ellos serán eléctricos disminuyendo con esto, los niveles de contaminación en las grandes ciudades. La idea completa detrás de los LMV es contar con grandes estacionamientos en la periferia a fin de extender la *última milla*, logrando así reducir la densidad vehicular dentro de la ciudad.

Este es un tema que últimamente ha puesto a trabajar a personal experto en transporte y que atrae el interés por empresas de orden mundial. Para colocar un ejemplo de lo anterior, se puede ver la más reciente presentación de la marca de autos *HYUNDAI*® en la *Consumer Electronic Show* (CES) celebrada el pasado 7 de enero del 2017 en las Vegas, donde dieron a conocer su propuesta para agilizar el recorrido de última milla de los consumidores de su auto eléctrico *IONIQ* ® [21]. Se trata del *IONIQ SCOOTER* ®, complemento que está diseñado para plegarse y ser guardado en la puerta delantera del auto que lleva su mismo nombre. Las principales ventajas de este scooter son el bajo peso y las dimensiones reducidas. Fig. 2.4.



Fig. 2.4 IONIQ SCOOTER, HYUNDAI [21]

2.5 PROGRAMA ECOBICI

Como se ha comentado, el gobierno de la CDMX ha implementado medidas para mejorar la movilidad y una de las más relevantes tanto para la ciudad como para el proyecto que aquí se desarrollará, es el programa “ECOBICI”; el cual consiste en un sistema de bicicletas que los habitantes pueden utilizar para trasladarse a diferentes zonas de la ciudad en lugar de usar el vehículo o transporte público. La forma en que funciona es muy sencilla, un usuario previamente registrado puede tomar una bicicleta en cualquier cicloestación y debe regresarla en otra que se encuentre próxima a su destino.

Debido al éxito que ha representado el programa, ha podido extenderse, al grado que después de 7 años cuenta con cerca de 40 millones de recorridos de los 230 mil usuarios que cuenta, realizando 35 mil viajes diarios. El proyecto ha resultado tan funcional que incluso después del llamado gasolinazo, la cantidad de usuarios aumentó en 18%; algo muy importante de este programa recae en que la mayoría de los usuarios usan este medio para llegar al trabajo o bien complementan su trayecto con las bicicletas. Esto para nosotros justifica en gran parte el proyecto, dado que podemos encontrar aquí un mercado potencial.

Ahora bien, a pesar del éxito de este programa, se debe de tomar en cuenta que tiene varias desventajas; los problemas van desde la mala infraestructura donde el mismo jefe de gobierno Miguel Ángel Mancera admitió no son las adecuadas: *“Hay algunas ciclovías que se hicieron muy forzadas; hay algunas ciclovías que se hicieron prácticamente donde es muy difícil que haya ciclovía; las que se están trabajando y diseñando ahora, vamos a buscar que sean con mayor nivel de seguridad”* [22]. Otros problemas tratan la poca seguridad que se le brinda al usuario ya sea por la mala ubicación de las ciclovías estando a la derecha de los carriles, siendo estos por donde las unidades de transporte público suben pasajeros o simplemente, por la poca señalización y reglamentos vigentes.

2.6 LMV COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE MOVILIDAD

Actualmente los vehículos última milla se han presentado como una alternativa de solución a los problemas de movilidad que enfrentan las grandes ciudades. Los LMV se han desarrollado cada vez más durante los años como un complemento al trayecto que hace una persona en su vehículo. Estos, son una buena alternativa para transportarse en la llamada “última milla” de su recorrido; esta parte final de su camino bien puede ser del estacionamiento hacia su destino final, o de la parada del transporte público a su hogar. Todo con la finalidad de darle mejor valor al tiempo al evitar estar en los congestionamientos.

El año pasado la compañía Ford lanzó un reto de movilidad última milla, en el que se buscaba desarrollar vehículos que mejoraran la forma de transporte de las personas; los diseñadores debían estar conscientes de las necesidades del usuario sin perder de vista los problemas a los que se enfrentan las ciudades actualmente.

Los diseños presentados resultaron en innovadoras formas urbanas de transporte para mejorar y solucionar la movilidad. Tal es el caso del denominado Carr-E y el TriCiti [25]. Fig. 2.5.

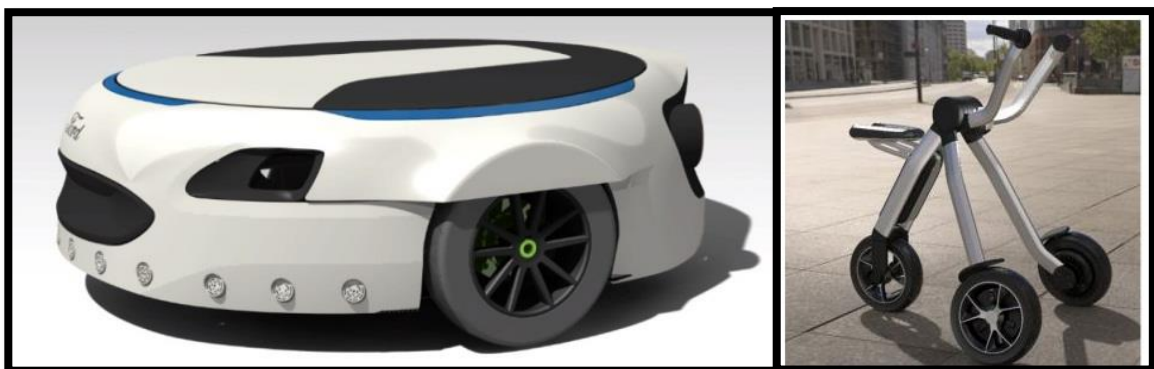


Fig. 2.5. Vehículos Carr-E (izq) y TriCiti (der) desarrollados por Ford [25].

Recientemente, con la finalidad de contrarrestar los problemas de tráfico urbano y todo lo que implica, en la ciudad de Berlín se ha implementado la idea de una “movilidad compartida”. Se trata de “COUP”, un servicio ofrecido a través de una aplicación en la que mediante el uso de un teléfono inteligente y una conexión Bluetooth, se puede acceder a una plataforma virtual de eScooters (scooters eléctricos); en dicha aplicación se podrá encontrar el scooter disponible más cercano, revisar su nivel de carga de la batería y pagar por la renta del servicio [26].

Por otro lado, los vehículos están conectados a una nube que otorga a los proveedores un constante monitoreo sobre el estado de los eScooters, tal como lo es el nivel de batería restante, permitiendo así, reemplazar las baterías agotadas de una manera muy eficiente.

El impacto de esta movilidad compartida ha sido tal, que en tan solo un año se pasó de tener 200 eScooters en un inicio, a 1000 eScooters al 2017. Actualmente, se pretende extender COUP a otras ciudades como Paris, con la finalidad de comenzar a reducir los impactos negativos de la movilidad urbana.

Entre las características del equipo a utilizar se encuentran la autonomía de 100km y velocidad máxima de 45km/h [27]. Fig. 2.6.



Fig. 2.6. Scooter eléctrico desarrollado por Gogoro [28]

2.7 CONTAMINACIÓN

La presencia de la contaminación en el ambiente está acompañada de elementos químicos, físicos o biológicos que dañan la salud de la vida humana, animal y vegetal. La contaminación toma lugar cuándo el medio natural no es capaz de descomponer a un elemento que ha sido introducido de una manera antinatural.

Algunos tipos de contaminación son los mostrados en la figura 2.7.

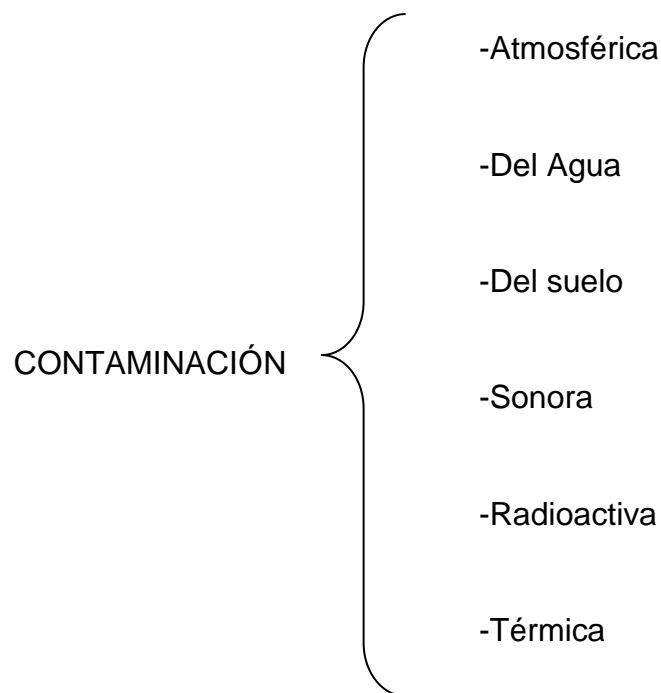


Fig. 2.7. Distintos tipos de contaminación.

En el caso de la contaminación atmosférica, ésta puede ocurrir debido a causas naturales tales como cenizas de erupciones volcánicas o incendios forestales. Sin embargo, el mayor aporte a la contaminación de este tipo es proporcionado por el ser humano de diferentes formas; entre ellas se encuentran:

- Industrias
- Transporte
- Actividades agrícolas
- Actividades comerciales
- Residencial

Las principales consecuencias de la contaminación las podemos ver en la degradación medio ambiental, en la salud humana, calentamiento global, decrecimiento de la capa de ozono y la infertilidad de la tierra. Los principales gases contaminantes se muestran en la tabla 2.1.

GASES CONTAMINANTES EN LA ATMÓSFERA		
GAS	CAUSA	CONSECUENCIAS
Monóxido de carbono CO	Combustión incompleta	Impide el transporte de oxígeno en el organismo.
Dióxido de carbono CO ₂	Incremento en el uso de combustibles fósiles	Efecto invernadero, cambio climático.
Monóxido de nitrógeno NO	Quema de combustibles fósiles en la industria y transporte	Al oxidarse produce NO ₂ y HNO ₃ , lluvia ácida.
Dióxido de Azufre SO ₂	Producto de combustión	Irritaciones nasales y lluvia ácida
Metano CH ₄	Descomposición orgánica	Aumenta la retención de calor en la atmósfera
Ozono O ₃	Componente Atmosférico	Problemas respiratorios

Tabla 2.1. Principales contaminantes en la atmósfera [29]



Fig. 2.8 Calidad del aire CDMX [30]

En el caso de la ciudad de México, se estima que el 85% de la contaminación es proveniente de la industria, basura y gas, mientras que el 15% restante es debido al transporte. Fig. 2.9.

Entre la ciudad de México y el Estado de México se generan anualmente un aproximado de 55 millones de toneladas de emisiones contaminantes, 60% de estas cifras son generadas por el EDOMEX. Las principales zonas industriales están concentradas en Naucalpan, Cuautitlán, Tultitlán, Tepotzotlán, Tlalnepantla, Vallejo-Azcapotzalco e Iztapalapa. Es necesario decir que solo un 25% del total de industrias que generan la mayor contaminación están reguladas por el gobierno federal [31].

La contribución de emisiones por sector en cuanto a PM10, PM2.5, NOX y COV (compuestos orgánicos volátiles) en la zona metropolitana del valle de México se puede apreciar en las Figs. 2.9 y 2.10.

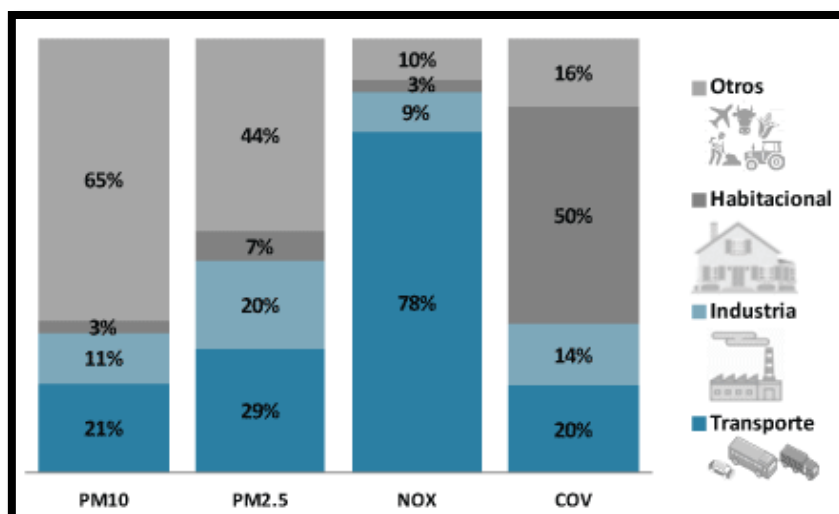


Fig.2.9. Emisiones contaminantes por sector [32]

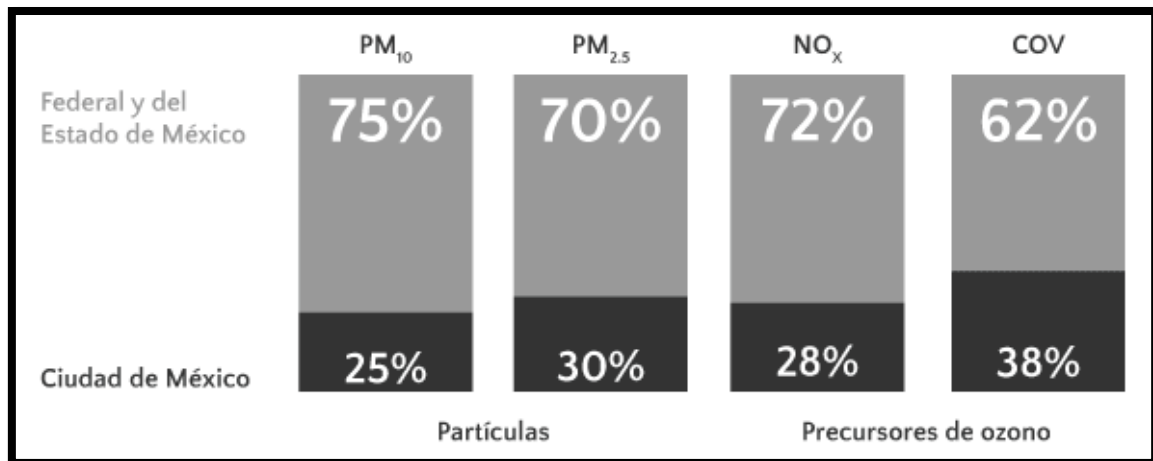


Fig. 2.10. Emisiones contaminantes por jurisdicción [32]

3.- DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

3.1 OBJETIVO

El objetivo de esta tesis es diseñar un vehículo eléctrico plegable que tenga la posibilidad de ser cargado, arrastrado, llevado en el transporte público o guardado en el maletero de un automóvil. Este tipo de vehículos son conocidos como “Vehículos de Última Milla”.

3.2 ALCANCES

Los alcances planteados para este proyecto son:

- Investigación sobre el problema de movilidad en la CDMX.
- Estudio comparativo de vehículos última milla (LMV).
- Especificaciones de un LMV.
- Diseño conceptual de un vehículo de última milla.
- Planos constructivos.

3.3 METODOLOGÍA

El proceso empleado para el desarrollo del proyecto se basó en alcance de etapas y sub objetivos predeterminados. Con lo anterior se buscó que el avance en el proyecto fuera progresivo. Se partió de lo más esencial, como lo fue el planteamiento del problema, hasta la búsqueda de alternativas de solución.

Identificación de la necesidad

- Búsqueda de la oportunidad de mejora.
- Búsqueda de información.

Definición del problema

- Delimitación del tema.
- Características generales.
- Hacer especificaciones de diseño.

Diseño conceptual

- Búsqueda de información.
- Describir los sistemas del vehículo.
- Seleccionar la mejor configuración.
- Evaluar las propuestas de diseño.
- Propuesta final de diseño.

Diseño de detalle

- Detalle del producto y subconjuntos.
- Verificación de sistemas.

Generación de modelos

- Dibujos y bocetos.
- Prototipos de funcionalidad limitada.

Diseño final

- Generación de modelo en CAD.
- Validación estructural.
- Planos.

3.3.1 IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

Como resultado del constante crecimiento de la población y ante la constante necesidad de las personas de transportarse, las ciudades actuales tienen millones de automóviles y camiones en sus vialidades; lo anterior provoca poca fluidez de tránsito y aumento en tiempo de traslados. Como soluciones a lo anterior se ha implementado el transporte público; en el caso de México, el uso de autobuses y metro ha ayudado a transportar a muchas personas día con día. Se trata de sistemas colectivos que basan su funcionamiento en trayectos entre bases, permitiendo el ascenso y descenso de usuarios en puntos intermedios. El público que emplea este medio de viaje busca la forma de llegar al transporte, y al descender de la unidad, se mueve a una última etapa de su recorrido que bien puede ser empleo, escuela o casa; en esta última etapa no necesariamente hay un transporte de por medio por lo que se debe hacer caminando.

El Estado y la Ciudad de México son lugares en donde las personas se trasladan por cientos de miles; la gran mayoría de ellos busca llegar al transporte colectivo metro para trasladarse a los distintos puntos de la ciudad y así llegar a su destino.

Lo anterior, presenta el escenario ideal para que vehículos portables eléctricos puedan ayudar a aliviar problemas de congestionamiento, sobre todo en lo que respecta a trayectos cortos de última milla, pues las propuestas tecnológicas que manejan son innovadoras y muestran tendencia a mejorar con el tiempo. Es necesario decir que los vehículos existentes manejan rangos muy elevados de precio, por lo que otorgar una alternativa económica que no deje de lado lo bueno de la tecnología es una intención del proyecto.

3.3.2 DEFINICION DEL PROBLEMA

Diseñar un vehículo que tenga las siguientes características:

- Uso para trayectos cortos.
- Que pueda ser manejado en lugares destinados para bicicletas.
- Que pueda ser plegado para subir al transporte público o privado.
- Que sea un vehículo eléctrico capaz de competir contra las propuestas existentes en el mercado.
- Económico.
- De buena rigidez estructural.
- Ergonómico.
- De diseño atractivo.

4.- REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES

4.1 INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Para tener una idea más clara acerca de lo que engloba un vehículo de última milla se procedió a buscar información técnica de dichas soluciones, todo con la intención de favorecer el diseño propio, lo anterior se colocó en fichas técnicas (Anexo A2).

Los resultados arrojan variadas soluciones no solo en vehículos, sino en combinaciones entre programas y tecnologías que buscan centrar la atención en el problema de movilidad existente de las grandes ciudades, como es el caso de Berlín, Alemania, en la que se ha implementado el programa ya descrito de *Movilidad Compartida*.

Por otro lado, se tienen diversas variedades de vehículos última milla que de igual forma, pretenden resolver los problemas de movilidad. Durante el proceso de investigación, se recabaron un total de 30 fichas técnicas, de las cuales, a continuación, se presentará una de ellas a manera de ejemplo. Fig. 4.1.

Como parte del proceso de diseño se buscó la opinión de los posibles usuarios mediante la aplicación de dos encuestas, una en línea y otra directamente a los estudiantes de Ciudad Universitaria. En ambas se evaluó el diseño del que partió el proyecto aquí presentado [3].

De las encuestas realizadas se encontró un gran interés por el producto, al ser la mayoría de los encuestados los que estarían dispuestos a comprar un vehículo con estas características. Sin embargo, los resultados mostraron un claro interés hacia el precio del mismo, poniéndolo como su principal criterio a la hora de decidir adquirir el LMV, seguido por el diseño. Los resultados a detalle de las encuestas son mostrados en el Anexo 3.

ONEBOT T8

DESCRIPCIÓN

Ofrece un manejo más seguro al contar con unos frenos traseros dobles evitando así, posibles vuelques hacia el frente; por otro lado, cuenta con un sistema de iluminación que asegura la integridad del usuario por las noches. Cuenta con las mismas baterías que los coches eléctricos Tesla.

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 25[km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; 20.6[kg]

VOLUMEN DESPLEGADO; 1320mm x 650mm x 939mm

VOLUMEN PLEGADO; 770mm x 320mm x 1200mm

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 9

ESTABILIDAD; 9

FACILIDAD DE CONDUCIR; 9

PLEGABLE; SI

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA; ELÉCTRICA

CARGA MÁXIMA; 150

NO. RUEDAS; 2

AUTONOMIA; 35–40[km]

USUARIOS

RANGO DE EDADES; -

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Intermedia

PRECIO; USD \$1700



Fig. 4.1. Ejemplo de ficha técnica [A2]

4.2 ANÁLISIS Y SÍNTESIS DE INFORMACIÓN

Con base en la necesidad encontrada se procedió a la búsqueda de información, centrando la atención en las distintas alternativas de solución ya existentes para traslados de última milla.

Un aspecto que pareció relevante en la investigación, fue la relación que existe entre el número de ruedas y sus consecuencias directas en aspectos importantes del diseño de este vehículo como lo son el volumen ocupado, peso, complejidad de mecanismos de la dirección, entre otras.

El número de llantas observado en la búsqueda de información es de 4, 3, 2 y 1, sin embargo, los de 1 y 2 llantas son casos muy particulares debido a que su disposición les permite implementar diferentes tecnologías.

- 2 Ruedas. - Dentro de los vehículos de dos ruedas, se pueden encontrar dos tipos de tecnologías existentes, que deben su variación de acuerdo a los ejes de rotación de las llantas. Por un lado, si los ejes son colineales, la forma de desempeñar el equilibrio del vehículo se basa en tecnología de péndulo invertido. Fig. 4.6. Sin embargo, con ejes en paralelo el equilibrio se logra con el mismo principio de una bicicleta. Fig. 4.2.
- 1 Rueda. - Con una rueda se cae en la categoría de monociclo eléctrico. En este caso la única forma de mantener el equilibrio en forma eléctrica es con tecnología de giroscopios como el mostrado en la Fig. 4.7.

4.2.1 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS DE DOS RUEDAS (SIN GIROSCOPIO; EJES EN PARALELO)

Gran parte de la investigación realizada centra su atención en vehículos de este tipo, probablemente se deba a que cumplen con las prestaciones adecuadas para entrar dentro de la categoría de vehículos de última milla pues su peso y volumen ocupado regularmente es pequeño, lo que ayuda mucho al momento de ser transportados volviéndose más cómodos para el usuario.

Bajo dos llantas y sin considerar a un sistema con giroscopios, la única posibilidad de cambio de dirección es mecánica, lo que lo hace un sistema con mecanismos relativamente sencillos y simples. Entre sus principales desventajas se encuentra la estabilidad a la hora de manejar, pues de manera similar a como si de una bicicleta se tratase, ésta dependerá directamente de la capacidad del usuario para mantener el equilibrio de su propio cuerpo.

Por el lado de plegado, las posibilidades para hacerlo son realmente variadas, además, debido a que con dos llantas la cantidad de barras tiende a disminuir, la forma de plegar el vehículo se vuelve más sencilla. Fig. 4.2.



Fig. 4.2 Ejemplo de vehículo de dos ruedas con ejes en paralelo [A2]

4.2.2 VEHÍCULO DE TRES RUEDAS

Estos vehículos al contar con tres puntos de apoyo, tenderán a mantener el equilibrio de una forma natural, por lo que, a comparación con un vehículo de dos ruedas con ejes en paralelo, su estabilidad será mucho mayor. Por otra parte, la configuración del vehículo, dos llantas atrás y una motriz al frente, afectará directamente al volumen, el peso y la transportabilidad del mismo, resultando complicado llevarlo en el transporte público y siendo ésta su principal desventaja.

Ahora bien, estos vehículos por lo general no son plegables debido a las dimensiones de los elementos que conforman su cuadro estructural, lo que limitará en gran medida las formas de plegado. La dirección, por otro lado, recaerá en la llanta frontal mediante un sencillo sistema conformado por un manubrio, un eje y una tijera, que, junto a los bujes, rodamientos y tazas, otorgaran el cambio de dirección de forma similar a una bicicleta. Fig. 4.3.



Fig. 4.3. Vehículo eléctrico de 3 ruedas [A2].

De forma general estos vehículos ofrecen una gran estabilidad y un mando intuitivo. A la hora de conducir e incluso cuando se está detenido, mantener el equilibrio no representará mayor problema para el usuario, sin embargo y a pesar de estas ventajas, actualmente el mercado no ofrece muchas alternativas de estos vehículos a tres ruedas.

4.2.3 VEHÍCULOS 4 RUEDAS

Los vehículos de cuatro ruedas que se encuentran en el mercado y que cumplen con las características buscadas, son prácticamente de dos tipos: tipo skateboard/hoverboard y vehículos plegables de 4 ruedas. Fig. 4.4.



Fig. 4.4. Vehículos eléctricos de cuatro ruedas disponibles. [A2]

Por un lado, las hoverboards son muy ligeras y pequeñas, por lo que el volumen, peso y transportabilidad parece superar por mucho a cualquier otro vehículo en su clase. Vehículos de este tipo pueden ser utilizadas por niños inclusive, pero tienen la desventaja de no poder trasladarse a velocidades por encima de los 20 km/h (consultar ficha técnica), y su autonomía está muy por debajo de la que se requiere en el proyecto a desarrollar.

Algunos comentarios relativos a las hoverboards aseguran que, a pesar de contar con buen balance, no son las mejores para los terrenos irregulares y cualquier borde o tope te saca de equilibrio. Por otro lado, se necesita estar en alto total para descender de él sin riesgos y cuando se avanza a su velocidad máxima, la sensación de seguridad que otorga al usuario no es la mejor [33].

De forma general, la seguridad que ofrecen este tipo de vehículos, será relativamente baja puesto que se está totalmente expuesto a los mismos riesgos que podría sufrir una persona en una patineta convencional.

Los vehículos de cuatro ruedas plegables en cambio, son bastante robustos y su tamaño aumenta significativamente debido a las llantas, por lo que ocupan mucho espacio aun estando plegados. Por otra parte, su peso no los hace fácilmente transportables como para considerar llevarlos en el transporte público, a pesar de que pueden ser fácilmente arrastrados como si de una maleta se tratase.

Al contar con cuatro ruedas la estabilidad no es mayor problema en ambos casos, sin embargo, la facilidad de manejo podría cambiar radicalmente de un modelo a otro considerando que en uno la disposición es sentado y conduciendo con un volante de forma intuitiva, mientras que en el otro se necesita de la inclinación del cuerpo o de un mando que el usuario tendría en su mano todo el tiempo.

4.2.4 VEHÍCULOS CON TECNOLOGÍA DE GIROSCOPIOS

El primer vehículo empleado con esta tecnología es el Segway PT (*Segway Personal Transporter*) de la marca Segway. Está compuesto por giroscopios sólidos, sensores de inclinación, microprocesadores de alta velocidad y motores eléctricos de gran potencia cuyo fin es mantener el sistema en equilibrio. Básicamente los sensores del vehículo detectan los cambios en el terreno y la posición del ocupante a razón de 100 veces por segundo, lo que da información precisa para la realimentación del control del dispositivo. Fig. 4.5



Fig. 4.5. Vehículo Segway con tecnología de giroscopios. [A2]

Gracias al lanzamiento e innovación de este vehículo, el mercado para máquinas con este tipo de tecnología ha incrementado drásticamente pudiendo observar ahora dispositivos ligeros, de sólo dos ruedas y divertidos donde el usuario solamente va de pie controlando su equilibrio. Fig. 4.6.



Fig. 4.6. HOVERTRAX. Ideal para interiores y superficies suaves [A2].

Las principales desventajas se encuentran en el precio, la facilidad de manejo e integridad del ocupante pues la tecnología de giroscopios depende directamente de la energía eléctrica suministrada por la batería y de la fiabilidad de los sistemas redundantes para mantener los giroscopios en funcionamiento adecuado. Existen videos documentados en donde personas sufren aparatosos accidentes intentando manejar estos vehículos, quizá el caso más sorprendente es el del mismo propietario de la empresa Segway, Jimi Heselden, quien murió tras tener un accidente en uno de sus nuevos productos todo terreno. Por otro lado, dependiendo del tipo de suelo en donde se requiera manejar el peso del vehículo aumenta, disminuyendo drásticamente la posibilidad de cargarse cómodamente en el transporte público.

Actualmente el mercado de estos vehículos se encuentra muy cerrado, pues está orientado para clientes con un status económico un tanto elevado e incluso algunas opiniones lo ven como un juguete muy caro más que como una opción válida de movilidad por los inconvenientes mostrados, aunque con la evolución del producto a través de los años, la tecnología del equilibrio dinámico ha pasado a desarrollar vehículos como;

- Solowheel: Monociclo con tecnología de giroestabilizador, cuenta con una velocidad máxima de 16km/h y una autonomía de 16km, además de ser muy ligero y portable. Fig. 4.7.



Fig.4.7. Solowheel en color negro [A2]

- Orbitwheel: Como si fuera un “Solowheel” pero de dimensiones menores, se encuentra este producto que reemplaza los patines convencionales para hacer uso de la tecnología más avanzada y dar alternativas de entrenamiento mucho más sofisticadas. Fig. 4.8.



Fig. 4.8. Orbitwheel [A2]

4.2.5 ASPECTOS IMPORTANTES

El que el número de ruedas sea un factor muy importante en las especificaciones de diseño de un LMV, atrae consigo determinadas consideraciones.

- Consideraciones en peso: Entre mayor sea el número de ruedas, la necesidad de aumentar el número de ejes y barras para la estructura del vehículo también incrementará, teniendo como consecuencia una mayor masa de material. Sin embargo, la distribución de carga del usuario se hace mucho mejor.
- Consideraciones en estabilidad: Se debe directamente a los puntos de apoyo de las ruedas sobre el suelo. En el caso de 3 ó 4 ruedas el equilibrio del vehículo es más sencillo de alcanzar debido a que tiene más zonas para recargarse en el suelo. Para el caso con dos ruedas, la estabilidad depende directamente del sistema que se use, por ejemplo, en una bicicleta se logra cuando el cuerpo humano cambia su centro de masa y con ello llega al equilibrio. Sin embargo, bajo la misma disposición de dos ruedas se puede usar la tecnología de giroscopios como en el caso de los vehículos tipo “miniPro” [A2] o “Segway”.
- Consideraciones de energía suministrada en motores: La potencia demandada por un motor eléctrico al aumentar el número de llantas se hace función del peso y la fricción generada por los propios neumáticos pues las superficies de contacto aumentan la fuerza que se debe emplear para mover al vehículo del reposo.
- Consideraciones en el volumen ocupado: El espacio que requiera el vehículo al momento de ser transportado se reflejará directamente en su volumen al ser plegado, esto a su vez estará dado por el número de llantas; un vehículo con una dirección a dos ruedas implica más elementos, y por lo tanto requerirá más espacio para transportarse a la hora de estar plegado.
- Consideraciones en transportabilidad: Si conforme aumenta el número de ruedas aumenta el peso y el volumen necesario para transportar al

vehículo, la transportabilidad decaería y esto es una desventaja en el producto.

- Consideraciones en facilidad de manejo: En este caso, la facilidad de manejo podría relacionarse con el tipo de dirección que se tenga; por accionamiento mecánico o electrónico ya sea en una o dos ruedas. Una diferencia muy marcada se podría reflejar en la complejidad del sistema de dirección, debido a que un sistema con alta complejidad podría elevar el costo del LMV.

4.2.6 SÍNTESIS DE DATOS

Con la intención de tener características técnicas de lo existente en el mercado respecto a vehículos de última milla y con ello tener una referencia de diseño, se evaluaron 26 vehículos en aspectos de peso, precio, carga máxima, velocidad y autonomía. Los resultados se muestran en las figuras 4.9 – 4.13.

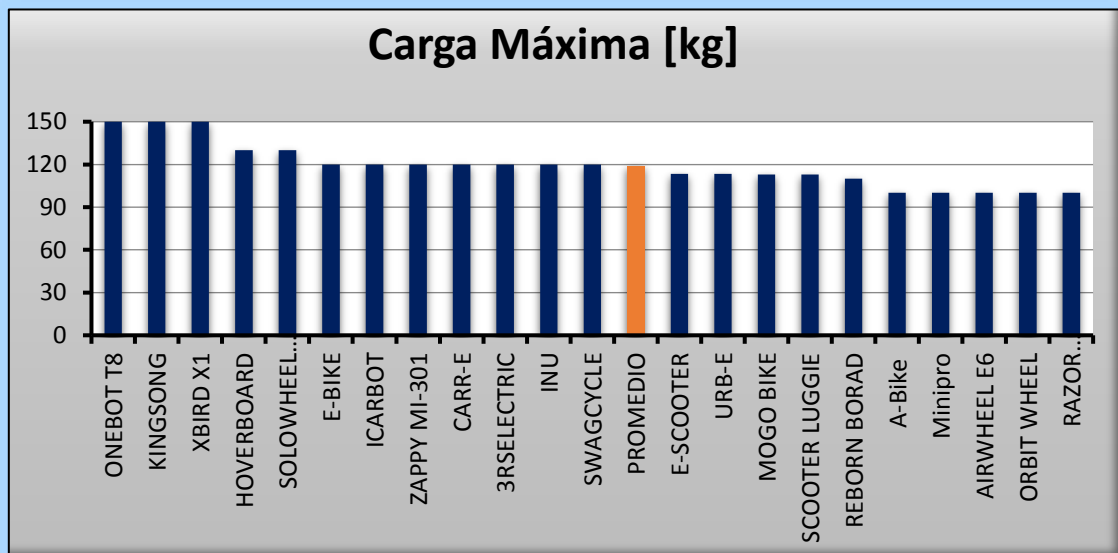


Fig. 4.9. Gráfica de Carga Máxima.

En la figura 4.7, se puede observar que el peso que un vehículo con estos fines puede soportar es en promedio superior a los 100 kg. Para nuestro caso adoptaremos la carga soportada promedio de 120 kg debido a que se debe considerar la carga extra del equipaje de usuario.

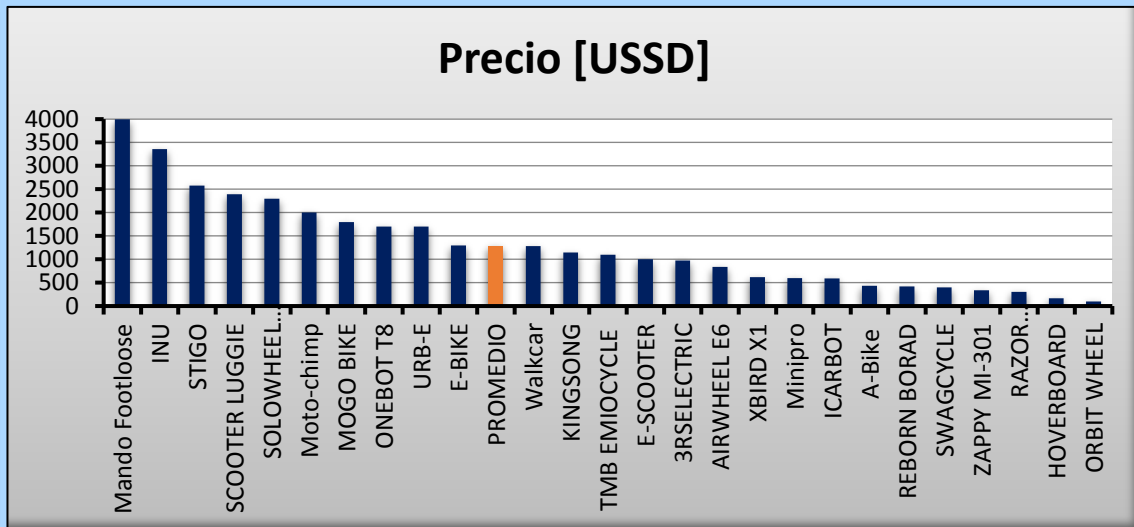


Fig. 4.10. Gráfica de Precio.

Los precios varían entre los vehículos de forma considerable, sin embargo, existe cierta tendencia en los vehículos que se mantienen por debajo del promedio. Debido a que nuestro producto planea competir directamente en el mercado, lo situaremos lo más por debajo de la media como sea posible sin descuidar otros aspectos.

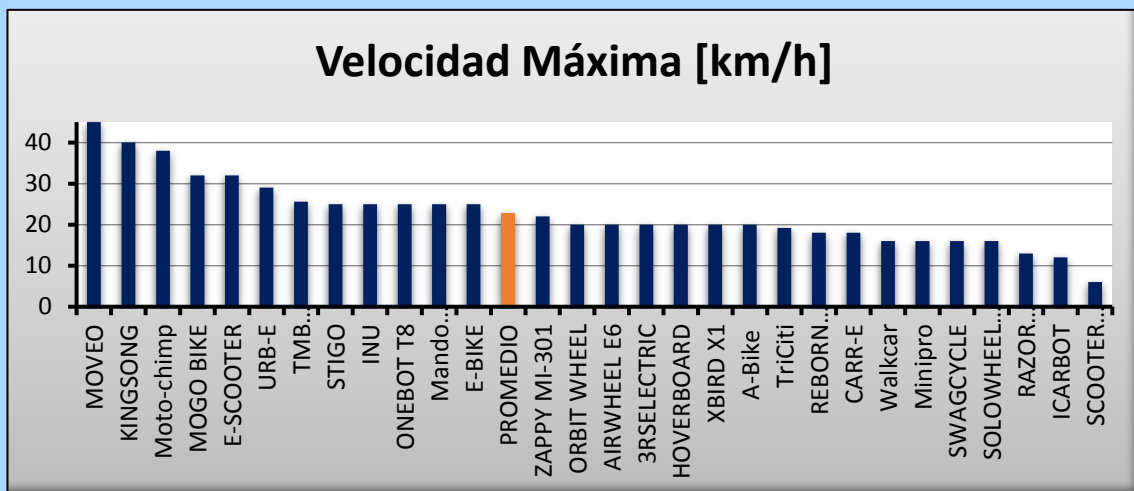


Fig. 4.11. Gráfica de Velocidad Máxima.

Respecto a la velocidad máxima, el promedio se ubica en 25 km/h, lo cual es una ventaja para el proyecto debido a que, con dicho valor, se puede circular en el carril confinado para bicicletas [34].

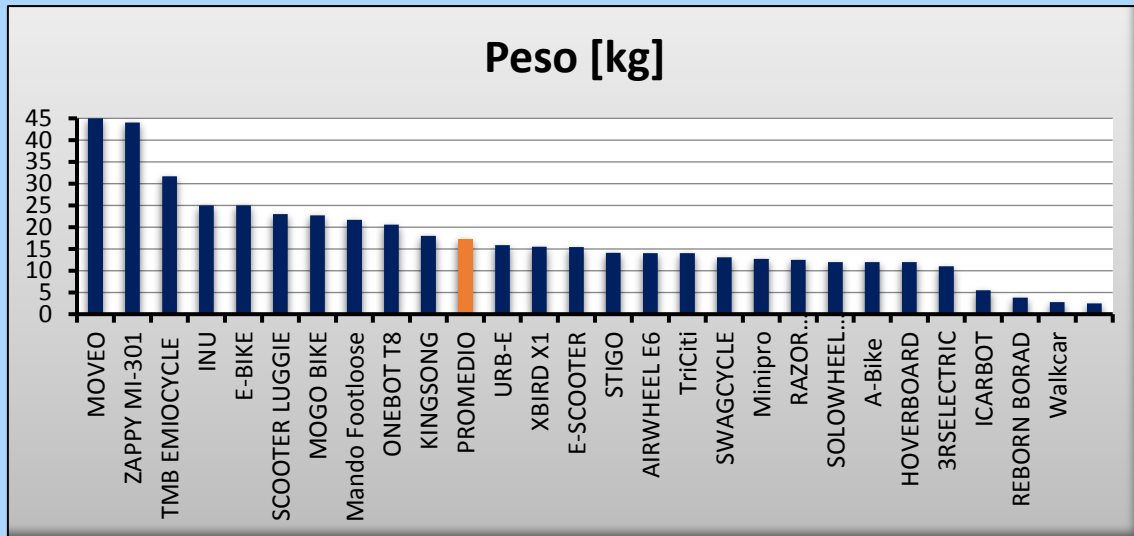


Fig. 4.12. Gráfica de Peso.

En cuanto al peso del vehículo observamos que prácticamente todos sobrepasan los 10 kg y que el promedio se encuentra por arriba de los 15 kg; nuestro vehículo está pensado para que sea lo más ligero posible, teniendo como límite de peso 15 kg siendo este un valor considerado como óptimo considerando que se debe llevar en el transporte público.

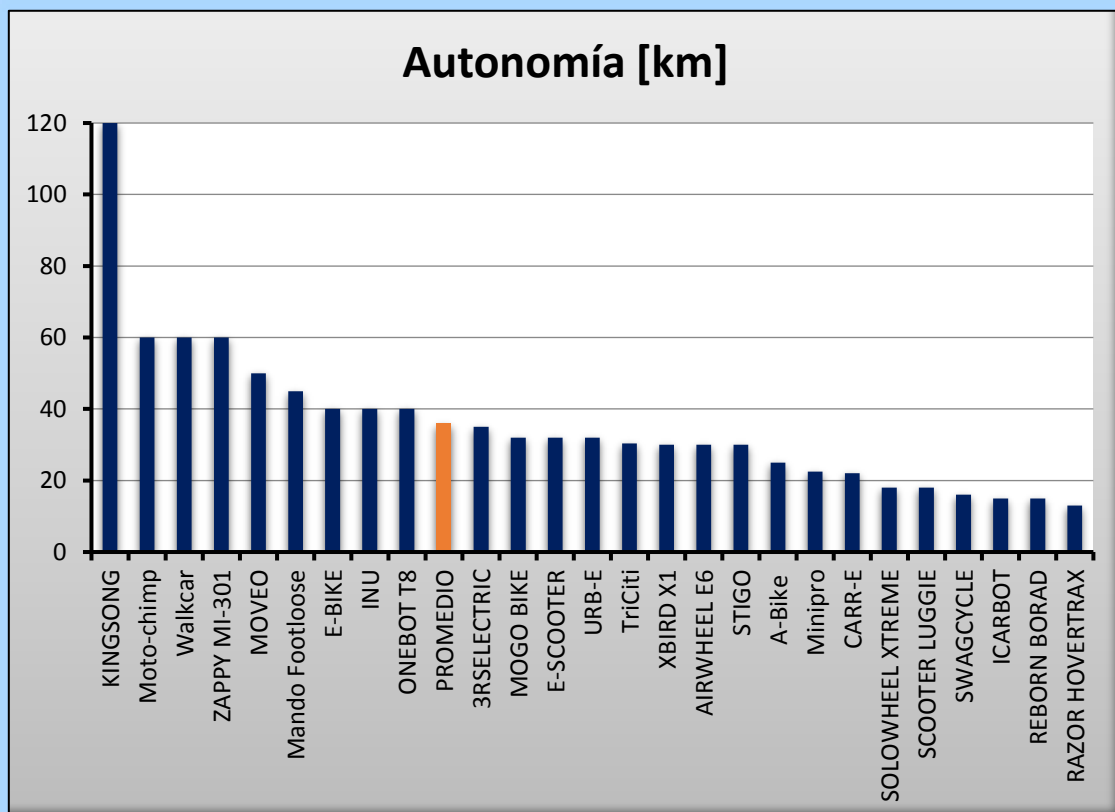


Fig. 4.13. Gráfica de Autonomía.

La autonomía del vehículo dependerá en gran medida del peso del usuario y el peso del mismo vehículo, sin embargo, todos parecen mantener una tendencia por debajo de los 40[km]. Dado que el vehículo estará diseñado bajo el concepto de última milla, se tendrá una autonomía de 40[km], abarcando así la última parte del recorrido de una persona en un viaje redondo. De forma general se muestran a continuación los resultados de la investigación realizada. Tabla 4.1.

CARACTERÍSTICAS GENERALES	
CARGA MÁXIMA	120 kg
PRECIO	1200 USD
VELOCIDAD MÁXIMA	25 km/h
PESO	15 kg
AUTONOMÍA	40 km

Tabla 4.1. Características Generales.

La observación de los vehículos investigados también ha llevado a proponer:

- Un lugar para cargar maletas.
- Vehículo para un rango de edades de entre 16 y 50 años.
- Diseño ergonómico.
- Facilidad al manejar.
- Sencillo de transportar.
- Plegable.

Tomando como criterio inicial la relación que tiene el número de ruedas con las características de diseño, se implementó una matriz que compara el posible desempeño que puede tener un vehículo bajo dichos criterios analizados.

Escala			
		(*)	
Muy bueno	5	Muy alto	1
Bueno	4	Alto	2
Regular	3	Regular	3
Malo	2	Bajo	4
Muy malo	1	Muy Bajo	5

Tabla 4.2. Escala utilizada en la evaluación de los LMV. El (*) hace referencia a una segunda escala empleada.

CONCEPTOS						
REQUERIMIENTOS	PUNTOS	4 RUEDAS	3 RUEDAS	2 RUEDAS	PÉNDULO INVERTIDO (una rueda)	PÉNDULO INVERTIDO (dos ruedas)
Peso (*)	9	1	4	5	5	3
Adecuado para edades de 16 a 50 años	1	5	5	5	3	3
Transportabilidad	3	2	4	4	4	2
Sistema de Plegado	4	2	4	5	5	3
Complejidad del vehículo (*)	5	2	3	5	1	1
Seguridad	2	5	4	3	2	3
Estabilidad	6	5	4	2	3	3
Volumen ocupado (*)	8	1	3	4	5	3
Facilidad de manejar	7	5	4	3	3	3
TOTAL		121	168	178	168	122
(*) CAMBIA LA ESCALA APLICADA						

Tabla 4.3. Evaluación de criterios.

Bajo un criterio de descarte de alternativas quedaron 3 conceptos finalistas; 3 ruedas, 2 ruedas y 1 rueda con tecnología de péndulo invertido. Cabe decir que el vehículo de 3 ruedas evaluado, tiene una disposición de dos llantas en la parte trasera y una en la delantera sirviendo como dirección.

5.- DISEÑO CONCEPTUAL

5.1 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Con base en la información obtenida de la investigación y el análisis de información, se hizo una primera iteración de conceptos plasmados en papel. Fig. 5.1.

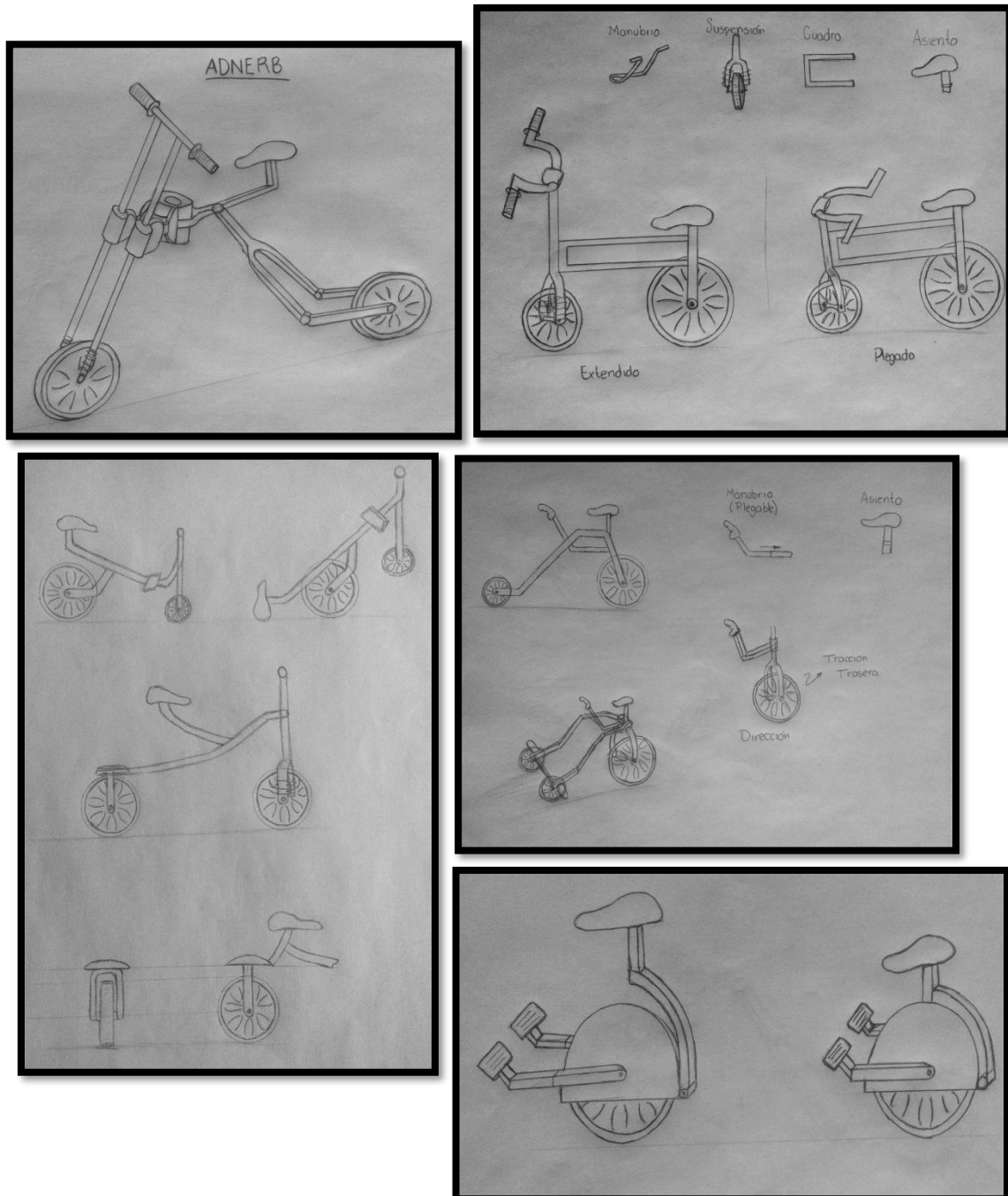


Fig. 5.1. Propuestas de diferentes conceptos.

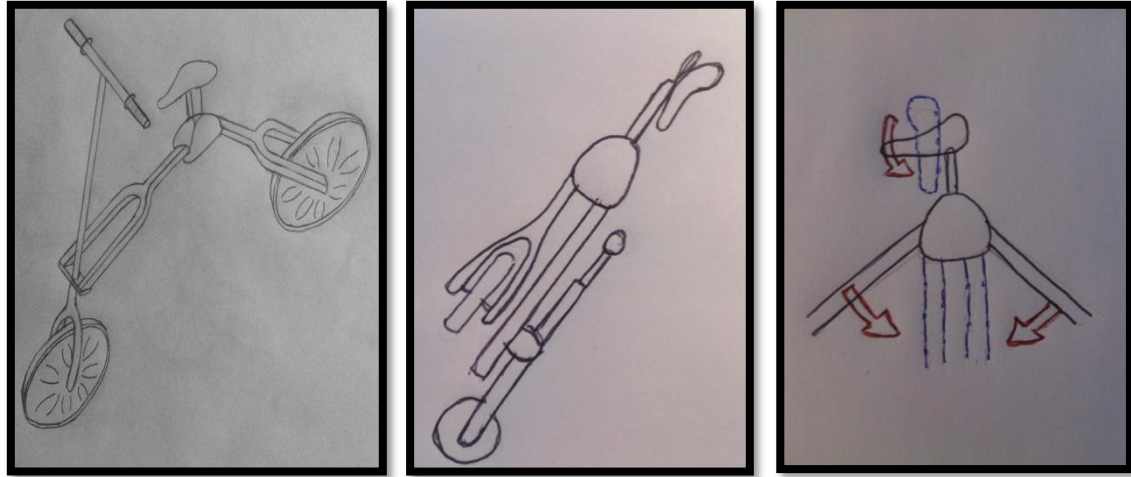


Fig. 5.3. Propuesta 1.

El sistema de plegado pretende tener un mecanismo desde la base del asiento lo que le permitirá dar vuelta al par de barras y al asiento permitiendo arrastrar la unidad.

5.1.2 PROPUESTA 2

Es una variación de la propuesta 1, las disposiciones de muchos de los elementos son similares, sin embargo, aspectos como el giro de la llanta trasera para plegarse son omitidos en este prototipo. Cuenta con dos seguros que permiten el giro del tubo de la dirección y la tijera trasera.

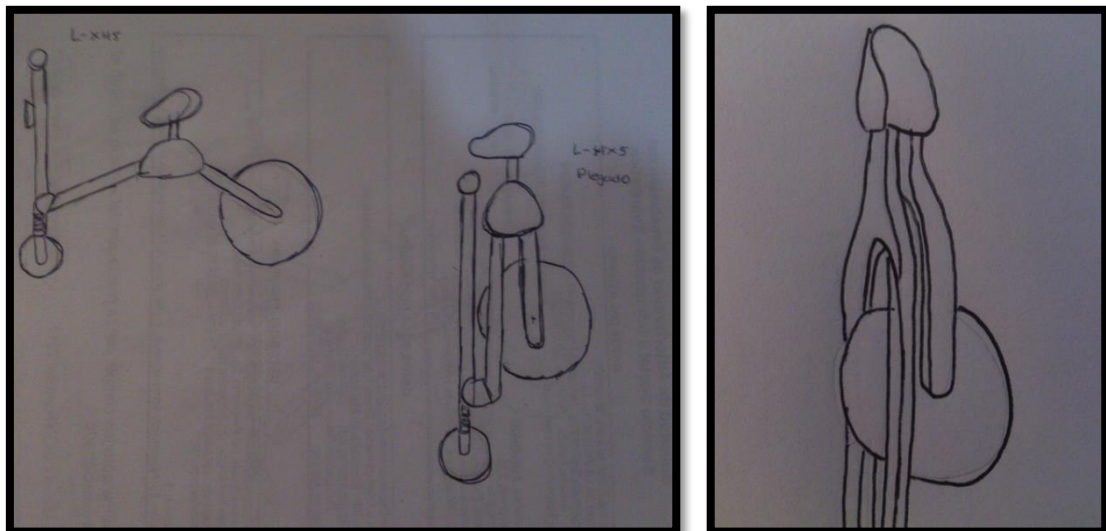


Fig. 5.4. Propuesta 2.

La disposición de plegado en este caso no permite girar la tijera trasera, sino que la guarda en medio de las dos barras del cuadro delantero. Fig. 5.4.

5.1.3 PROPUESTA 3

Mediante una configuración de dos ruedas con tracción en la llanta trasera, la propuesta 3 está pensada para que, con solo 3 movimientos, el vehículo quede totalmente plegado y pueda arrastrarse del manubrio sobre la rueda delantera.

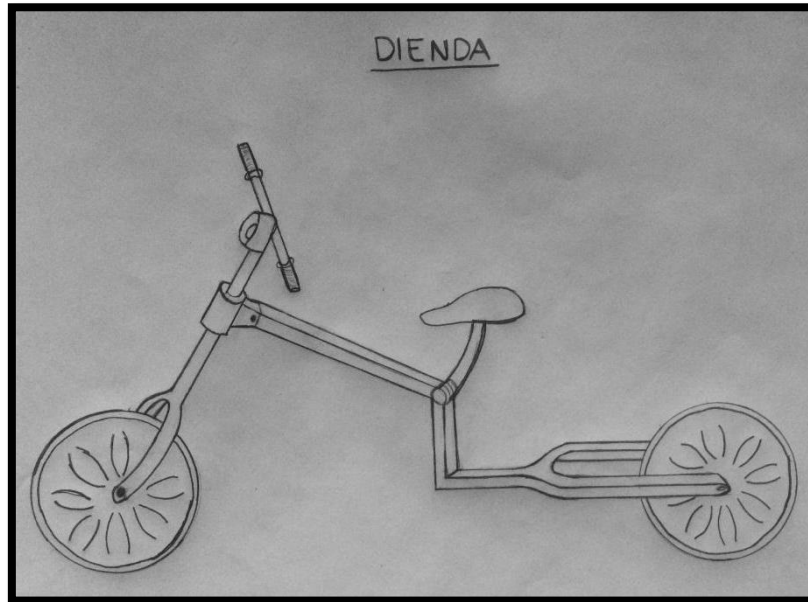


Fig. 5.5. Propuesta 3.

El sistema de plegado contará con una serie de seguros en la parte del cuadro estructural que permitirán al usuario llevar la llanta trasera a la altura del manubrio. Para esta propuesta se piensa que tanto el sistema de plegado como el de la dirección, sean mecánicos. Fig. 5.5.

5.1.4 PROPUESTA 4

Es una propuesta futurista que está pensado para viajes cortos, pero más largos que el de una milla. Usa dos ruedas coincidentes en un mismo eje y emplea tecnología de giroscopios para mantener el equilibrio, el usuario se encuentra seguro en una cúpula que abre por la parte delantera. Debido a sus dimensiones no está pensado para usarse en transporte público y no es posible plegarlo, sin embargo, su idea como transporte unipersonal contiene ventajas ante congestionamientos viales pues en comparación con automóviles, su volumen ocupado es menor. Fig. 5.6.

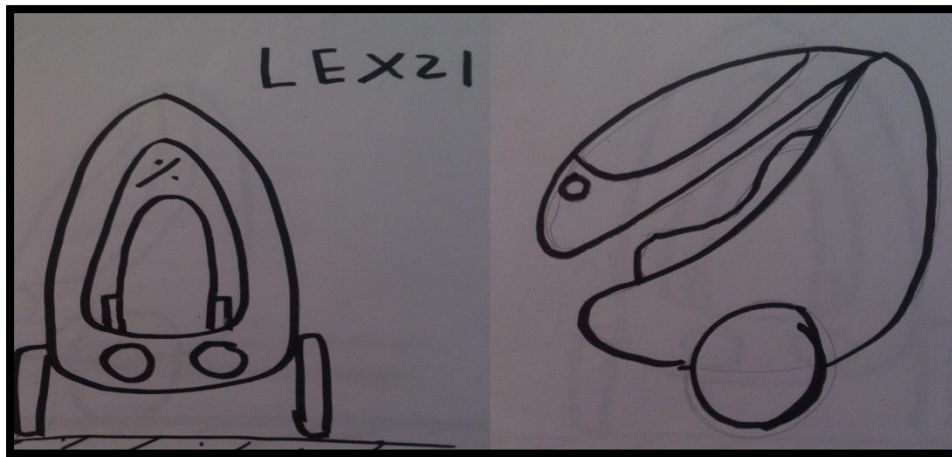


Fig. 5.6. Propuesta 4.

5.1.5 PROPUESTA 5

Para esta opción se tienen 3 puntos de apoyo, su dirección es de dos ruedas y la tracción viene de un motor eléctrico en la parte trasera, su forma de plegarse y su diseño permite guardar la llanta de tracción para de esta manera ser arrastrado como un carrito de supermercado, adicional a esto, la base de la dirección permite al usuario colocar los pies otorgando con esto una mejor forma de manejo. Fig. 5.7.

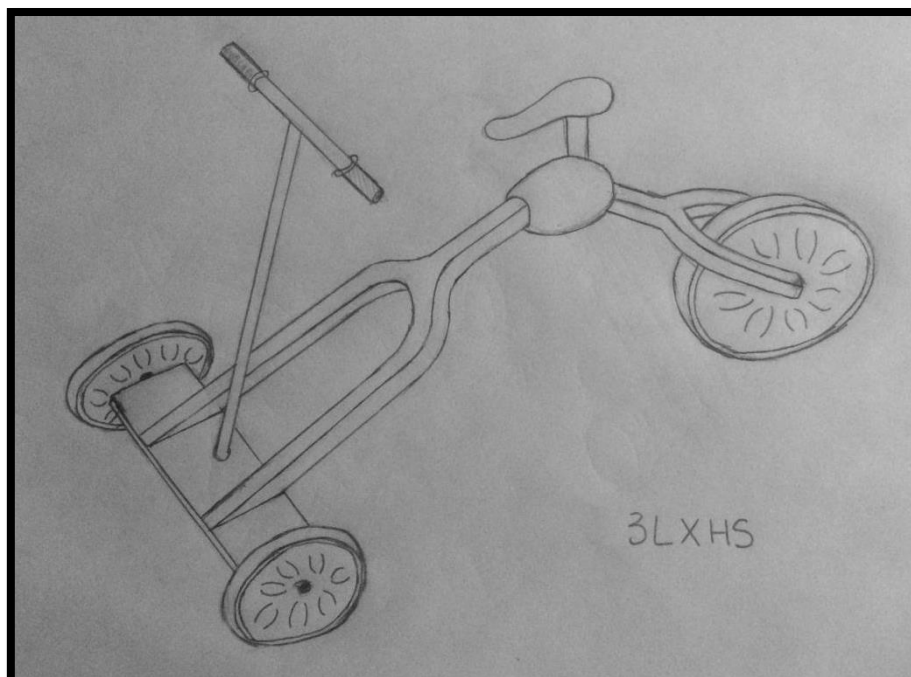


Fig. 5.7. Propuesta 5.

5.1.6 PROPUESTA 6

Con una rueda y empleando tecnología de péndulo invertido, este vehículo cuenta con un diseño que busca comodidad en el usuario debido a que reparte el peso humano en extremidades como las rodillas, pies y glúteos. Su volumen ocupado es un tanto menor debido a su única rueda, pero debido a los giroscopios su peso se incrementa dado que necesita de poderosos motores y sensores que controlen en cada momento la posición del cuerpo humano con el fin de evitar una volcadura.

No tiene sistema de plegado y las maletas se puedan colgar directamente del asiento del ocupante, las manijas para brazos son asistentes directos del giro, por lo que debe moverse la cintura apoyándose de dichos manubrios para vencer la inercia y dar una vuelta con esta propuesta.

Cuenta con luces, lugar para poner los pies, cojín para soportar las rodillas y un asiento. Fig. 5.8.

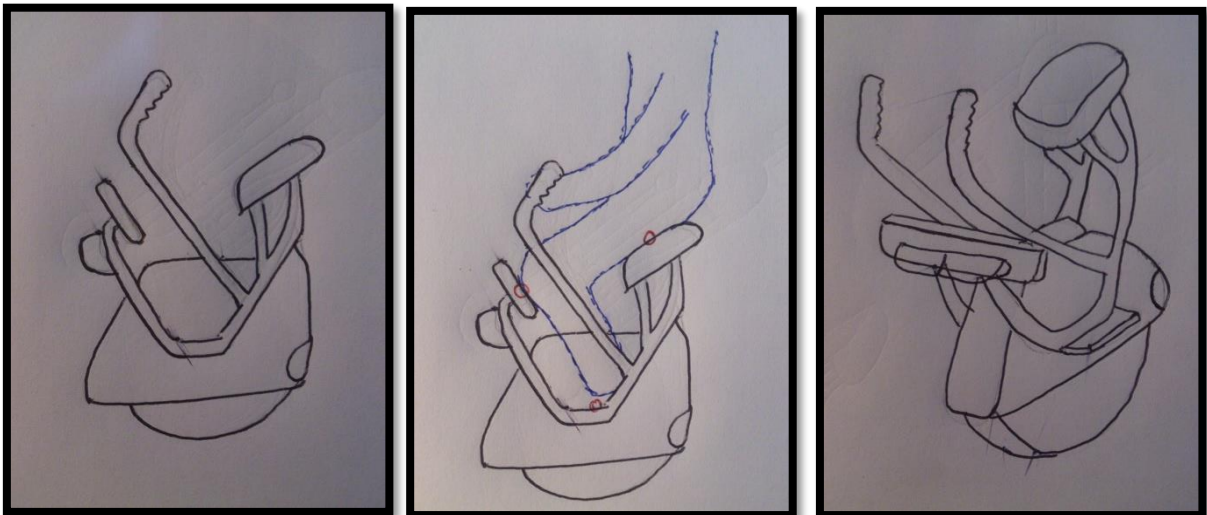


Fig. 5.8. Propuesta 6.

5.1.7 PROPUESTA 7

Es una primera aproximación de vehículo personal, cuenta con dos ruedas sobre un mismo eje de giro, emplea tecnología de péndulo invertido para mantener el equilibrio e integridad de los ocupantes. Una de sus principales características es que cuenta con un mecanismo muy similar al de las escaladoras para hacer ejercicio mientras el vehículo funciona.

Está pensado para tener un lugar especial para colocar el teléfono celular y otros accesorios que el usuario pudiera llevar. Fig. 5.9.

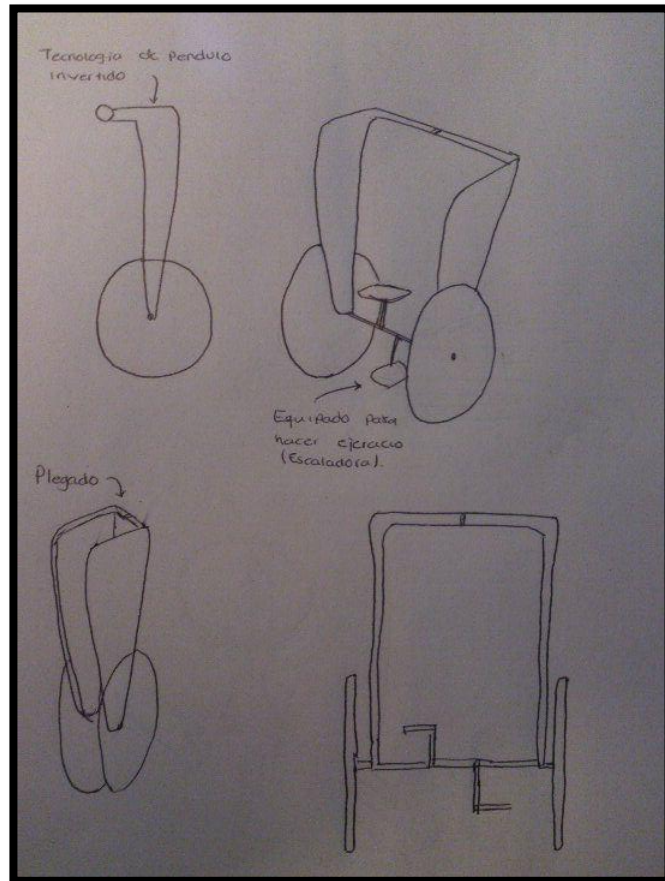


Fig. 5.9. Propuesta 7.

Su forma de plegado le permite llevarse de una manera muy cómoda en el transporte, además el mecanismo de escaladora podría ayudar a recargar las baterías del vehículo. Se debe tomar en cuenta que ya sea o no utilizando el mecanismo de escaladora, el vehículo tiene su propia fuente eléctrica de alimentación.

5.1.8 PROPUESTA 8

En esta opción se presentan dos alternativas, una emplea tecnología de péndulo invertido, mientras que la otra dispone de los ejes de las ruedas en paralelo.

Sus influencias son muy cercanas a las de muchos transportes que emplean las ventajas de la rigidez giroscópica para mantenerse de pie y poder avanzar con dos ruedas con los ejes de giro colineales, su diseño visual es muy atractivo y llama la atención. Fig. 5.10.

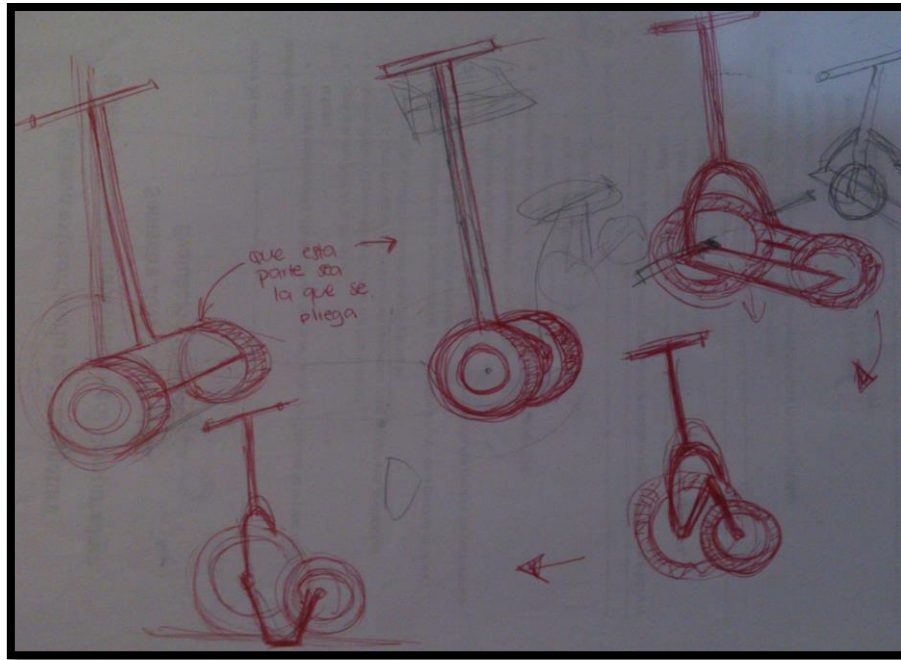


Fig. 5.10. Propuesta 8.

La dinámica anterior permitió hacer una tercera iteración de diseño tomando en consideración las propuestas realizadas durante la retroalimentación.

Se trata de un vehículo de 3 ruedas, el usuario va de pie y cuenta con motor eléctrico. Fig. 5.11.

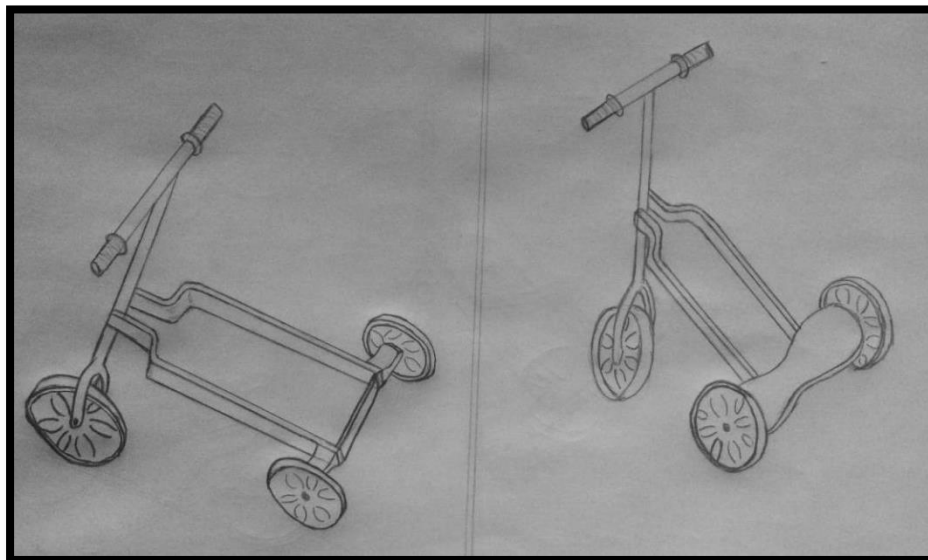


Fig. 5.11. Propuesta 9.

Se decidió optar por este modelo debido a sus prestaciones de estabilidad, facilidad de conducir y las prestaciones otorgadas para llevarlo en el transporte. Al igual que las propuestas predecesoras se evaluó y aceptó dicho modelo, sin embargo, se decidió hacer una búsqueda de información más detallada sobre los diferentes subsistemas del vehículo para con ello tener un diseño definitivo.

5.2 SOLUCIÓN FINAL

Para llegar a una propuesta final de diseño, se dividió el vehículo en los siguientes subsistemas, esto con la intención de tener mayor conciencia del detalle, características y consideraciones necesarias.

- Sistema de dirección.
- Cuadro estructural.
- Sistema de tracción.
- Sistema de plegado.
- Sistema de alimentación eléctrico.

5.2.1 SISTEMA DE DIRECCIÓN

Es un conjunto de mecanismos que tienen como objetivo orientar los elementos directrices de un vehículo con el fin de girarlo, esto se debe lograr de la forma más sencilla posible y sin mucho esfuerzo para el usuario. Los principales elementos con los que cuenta el sistema de dirección son el volante, la barra de dirección y caja de dirección.

Existen diversos tipos de dirección que pueden ser: mecánica, eléctrica, hidráulica o una combinación entre ellas. Sin embargo, muchos de los criterios para elegir una dirección se basan en el número de ruedas a controlar, así como complejidad y seguridad.

Para dos ruedas los principales sistemas de dirección son:

- Sistemas de tornillo sin fin y bolas.
- Sistema de cremallera.
- Sistema hidráulico.
- Sistema electro hidráulico.

Para los vehículos que integran nuestra categoría se pueden pensar básicamente en dos tipos: mecánica y eléctrica.

Las alternativas de solución para direcciones mecánicas son basadas en mecanismos de 4 barras que tienen como entrada un piñón cremallera o una junta.

Piñón cremallera

Es un sistema de pocas piezas, es compacto, ligero, tiene muy poca fricción y ofrece sensibilidades de manejo muy precisas. Funciona como una conexión dentada, el piñón entra en contacto con la cremallera y su movimiento circular es transferido a uno de traslación que empuja las barras del mecanismo. Fig. 5.12 & Fig. 5.13.

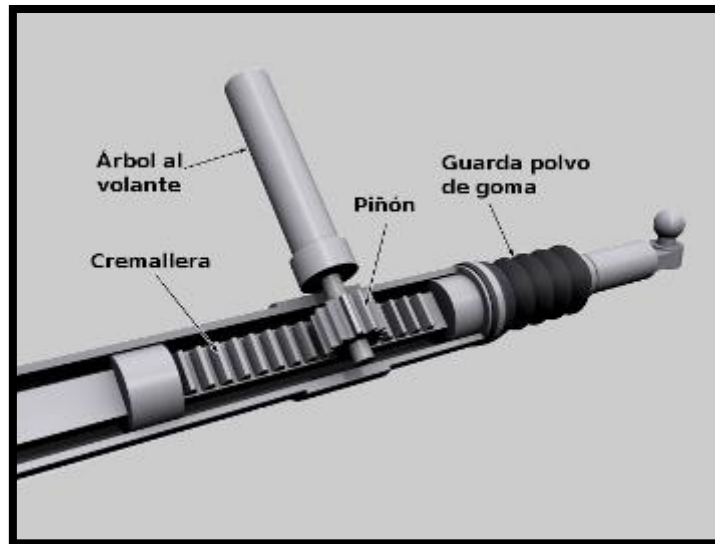


Fig. 5.12. Dirección tipo piñón-cremallera. [35]

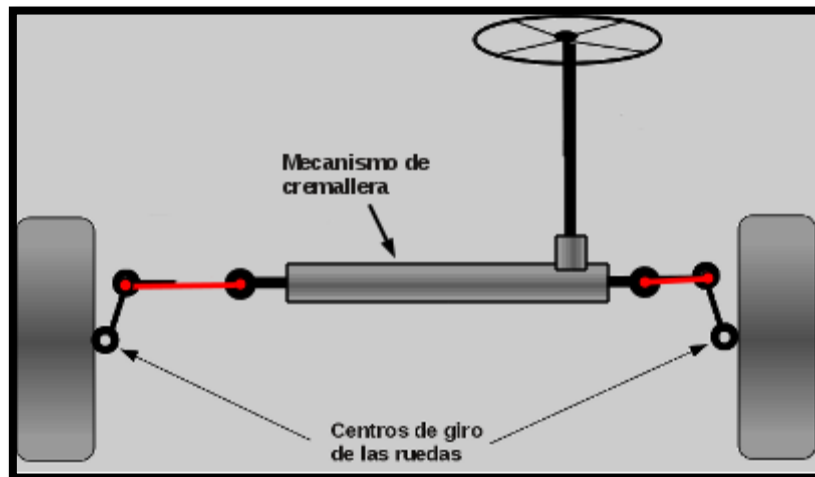


Fig. 5.13. Mecanismo de dirección tipo piñón-cremallera. [35]

La dirección de alimentación por junta lleva también mecanismos de 4 barras, sin embargo, esta percibe el movimiento directamente de la barra de la dirección por medio de una junta. Se aprecia mucho en vehículos como los go karts y su principal objetivo es el de mover de izquierda a derecha las barras que proporcionan el giro a las ruedas. Fig. 5.14.

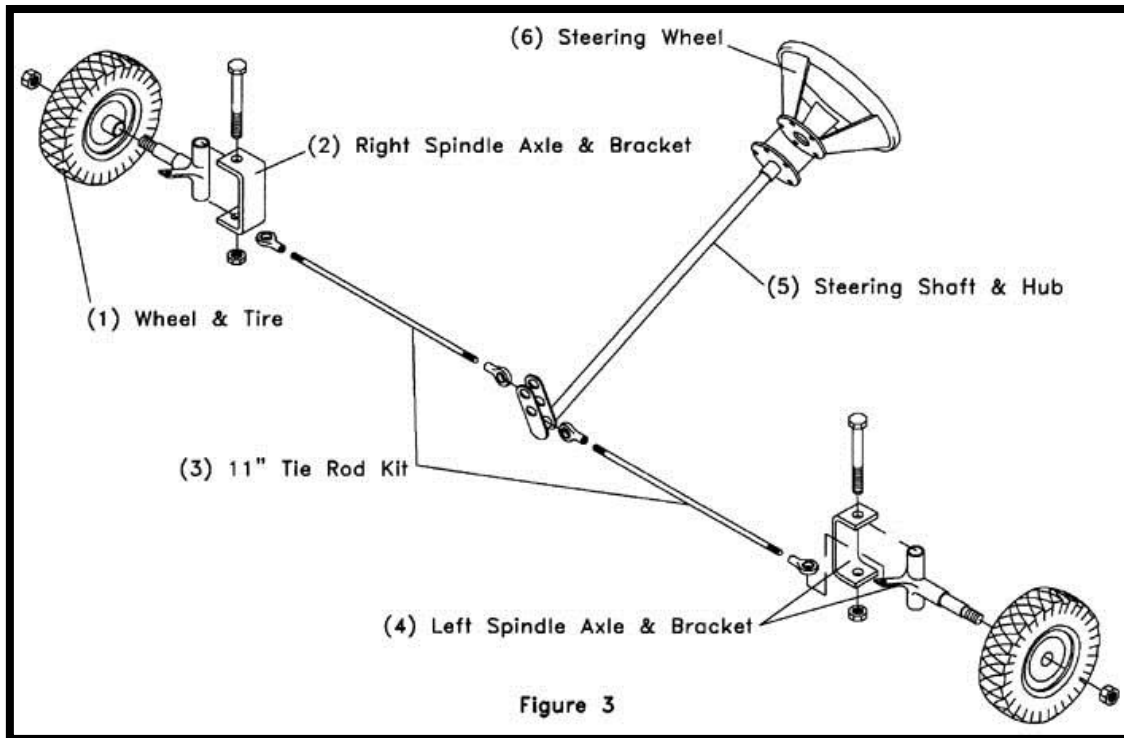


Fig. 5.14. Dirección de alimentación por junta. [36]

Las direcciones eléctricas por otro lado, basan su funcionamiento en diferencias de velocidades, cada rueda de dirección tiene un motor eléctrico que puede variar su velocidad a partir de cambios en la alimentación de tensión e inclinando sus ruedas. Fig. 5.15.



Fig. 5.15. Dirección eléctrica.

Debido a que el objetivo del proyecto es el desarrollo de un vehículo que sea ligero, compacto, y sencillo en su construcción para que no se vea afectado directamente al precio del mismo, se optará por un sistema de dirección a una rueda, reduciendo así, la cantidad de elementos móviles que lo conformarán. Ahora bien, al determinar la dirección en una rueda y al ser el diseño final de tres ruedas, la disposición del diseño del vehículo quedará restringida a ser la llanta frontal la encargada de la dirección.

5.2.2 CUADRO ESTRUCTURAL

El cuadro estructural conformará la mayor parte del vehículo y será sobre el que se distribuirán la mayoría de las cargas, por lo que se vuelve un elemento esencial a la hora del diseño; lo más importante ante esto será el material a emplear debido a que factores como la resistencia mecánica, peso y precio juegan un papel importante que se verá directamente reflejado sobre las ventajas del vehículo ante otros disponibles en el mercado.

En esta sección, se trata primordialmente de hacer una selección de material adecuada entre materiales cerámicos, metales, polímeros y compuestos.

5.2.2.1 MATERIALES CERÁMICOS

Son soluciones complejas que se caracterizan por tener uniones entre enlaces iónicos y/o covalentes, están constituidos primordialmente por elementos metálicos y no metálicos. A temperatura ambiente son materiales con alta dureza y muy frágiles. En su gran mayoría son buenos aislantes térmicos y eléctricos debido a que tienen alta resistencia y una baja constante dieléctrica.

Estos materiales se pueden clasificar como cerámicos tradicionales y cerámicos de usos en ingeniería. Tabla 5.1.

CERÁMICOS TRADICIONALES
ARCILLA
SÍLICE
FELDESPATOS
CERÁMICOS DE INGENIERÍA
ÓXIDO DE ALUMINIO
CARBURO DE SILICIO
NITRURO DE SILICIO

Tabla 5.1. Tipos de cerámicos [37].

Las aplicaciones mayoritarias de los cerámicos son:

- Alfarería.
- Losetas térmicas.
- Materiales de construcción.
- Aislantes electrónicos.
- Moldes refractarios.
- Vidrios.

5.2.2.2 MATERIALES METÁLICOS.

Son materiales que se unen mediante enlaces metálicos y son elementos que se pueden extraer directamente de la naturaleza. Se clasifican en metales ferrosos y no ferrosos. Tabla 5.2.

FERROSOS
ACEROS
ACEROS INOXIDABLES
HIERRO FUNDIDO
NO FERROSOS
ALEACIONES DE ALUMINIO
METALES PRECIOSOS

Tabla 5.2. Clasificación de materiales metálicos [38].

Suelen ser materiales que dependiendo de sus compuestos tienen buenas propiedades tales como resistencia mecánica, dureza, ductilidad y punto de fusión.

Son generalmente buenos conductores eléctricos y térmicos además de que presentan características magnéticas.

Las aplicaciones de los materiales metálicos son muy diversas estando presentes en ámbitos de la construcción, electricidad, medios de comunicación, manufactura etc.

5.2.2.3 POLÍMEROS

Son macromoléculas formadas por monómeros que se repiten a lo largo de una cadena. Las cadenas pueden tener patrones de repetición entre monómeros que van desde 1 (polietileno), 2 (ABS), etc.

Su clasificación abarca fibras, elastómeros y plásticos:

- **FIBRAS:** Son polímeros naturales, compuestos por moléculas alargadas y estiradas. Algunos de ellos son el algodón, lana, seda, nailon, poliéster y dacrón.
- **ELASTÓMEROS:** Son polímeros de alta elasticidad como el caucho y neopreno.
- **PLÁSTICOS:** Son polímeros sintéticos que pueden moldearse con la elevación de temperatura o presión; en el caso de los plásticos, existe una subclasificación en termoestables y termoplásticos.
 - **Termoplásticos:** Se reblandecen a altas temperaturas y al enfriarse se vuelven rígidos. Su principal característica es que, aunque se aumente su temperatura, las fuerzas de cohesión son débiles lo que les permite separarse y ser reciclados sin cambiar su estructura molecular.

- Termoestables: A diferencia de los termoplásticos, estos sólo se moldean durante su formación a alta temperatura y en el enfriamiento sus cadenas se entrelazan, inhabilitando cambios posteriores en su estructura.

Entre las principales ventajas de usar este tipo de material son las prestaciones de flexibilidad, aislante eléctrico y propiedades inertes. Tienen amplio uso en la medicina, electrodomésticos, automotriz y sector alimenticio.

5.2.2.4 MATERIALES COMPUESTOS

Un material compuesto es aquel formado por dos o más componentes teniendo como resultado, un material con propiedades finales mejores que cualquiera de los materiales en forma individual, su estructura se compone de una matriz y un refuerzo.

La matriz se encarga de dar geometría y transmitir las solitudes entre las fibras, pueden ser de materiales cerámicos, metálicos o poliméricos. Por otro lado, los refuerzos pueden ser de fibras de vidrio, carbono, aramida y naturales.

Los materiales compuestos más empleados son aquellos de matriz polimérica con refuerzo en forma de fibra, debido a que pueden llegar a sustituir a materiales metálicos en aplicaciones donde se debe tener una buena relación entre las propiedades mecánicas y el peso.

5.2.2.5 SELECCIÓN DEL MATERIAL FINAL.

Para este apartado, se utilizó la tesis “*Diseño y manufactura de vehículo eléctrico alternativo*”, trabajo precedente en donde también se diseñaba un vehículo plegable, por lo que los requerimientos de rigidez, resistencia, peso y precio eran muy similares [3]. En dicho estudio se partió de gráficos de Ashby tomando como referencia los materiales más utilizados a la hora de construir bicicletas. Bajo las distintas características mecánicas, la primera iteración arrojó cerámicos, fibras, aleaciones de aluminio y materiales compuestos. Después del empleo de matrices de decisión se llegó a la conclusión de que el material más adecuado para el vehículo era un material compuesto, sin embargo, se descartó debido a su precio y a que su forma de manufacturar era muy compleja, por lo que al final se optó por la aleación de aluminio 6061 que tiene prestaciones similares. Tabla 5.3.

El aluminio 6061 es un material endurecido que contiene como principales elementos aluminio, magnesio y silicio. Sus usos mayoritarios están en moldes de inyección y soplado, fuselajes y alas de aviones, así como en partes de automóviles.

Densidad	2700	Kg/m ³
Módulo de elasticidad	69500	MPa
Coeficiente de Poisson	0.33	

Tabla 5.3. Propiedades mecánicas del Aluminio 6061 [39].

Debido a la similitud entre aplicaciones, la aleación de aluminio 6061 fue seleccionada también como material para el vehículo de última milla.

5.2.3 SISTEMA DE TRACCIÓN

El vehículo propuesto cuenta con 3 llantas que funcionan como puntos de apoyo. La disposición de las mismas hace que se tengan dos posibilidades para iniciar con la transmisión del movimiento.

La primera posibilidad centra su atención en la llanta delantera, buscando que esta sea la encargada de iniciar con la transmisión del movimiento. Las formas para que esto sea posible pueden ser con transmisiones por cadena o buscando llantas que ya tengan integrado al motor.

La segunda opción es iniciar con el movimiento mediante las ruedas traseras, para ello las posibilidades son variadas, sin embargo, una tracción trasera requeriría de más elementos considerando que la disposición del vehículo es de una llanta frontal y dos traseras, por esta razón, se descartará esta opción y se centrará la atención en una tracción delantera sobre la rueda frontal.

5.2.3.1 APLICACIÓN EN TRACCIÓN

Para las alternativas de tracción se buscaron las posibilidades para hacerla con motores con y sin escobillas. Una de las opciones es emplear llantas con motor incluido; en la actualidad existen llantas que tienen en su interior un motor del tipo brushless, esta disposición permite tener un sistema de tracción sin necesidad de un sistema por transmisión flexible. Este tipo de tecnología es muy encontrada y empleada en bicicletas eléctricas, tiene un número muy bajo de elementos móviles y alto rendimiento, sin embargo, su principal desventaja es el precio. Fig. 16.



Fig. 5.16. Kit de motor en llanta [40].

Por otro lado, se puede usar un motor con escobillas de corriente directa, su ventaja primordial es el precio pues pueden llegar a ser hasta 60% más económicos. Sin embargo, entre sus desventajas se encuentran que en el mercado no hay muchos kits que tengan este motor en una disposición tipo llanta, sino que lo manejan con una salida de piñón por lo que se debería hacer el ajuste a una transmisión por cadena, además de que al tener más elementos móviles y estar en contacto entre ellos el sistema se hace más complejo, por lo que se tendría que hacer un mantenimiento en las escobillas del motor cada 15000 km en promedio.



Fig. 5.17. Motor escobillas DC, Kit eléctrico [41]

5.2.4 SISTEMA DE PLEGADO

La propuesta para el sistema de plegado del vehículo se procurará que sea lo más sencilla posible; considerando como sencillo, aquel sistema que tome menos tiempo y movimientos para llevar al vehículo de un estado a otro, desplegado a plegado y viceversa. Se deberá tomar en cuenta el no descuidar la finalidad del plegado, que es reducir en mayor medida posible sus dimensiones.

De forma general, el plegado de un vehículo puede hacerse mediante diferentes configuraciones y no habrá una única solución para resolver esta cuestión. A continuación, se presentan diferentes arreglos para este sistema.



Como primer ejemplo presentaremos a “Tricity”, el vehículo diseñado por FORD para resolver los problemas de movilidad; como bien puede observarse, el vehículo cuenta con un sistema de plegado alrededor de un solo eje, en el que las llantas delanteras se alinean a la trasera al recorrerse hacia ella. Por otro lado, las barras que conforman al manubrio se jalarán hacia atrás junto con el asiento, quedando de la forma mostrada. Fig. 5.18.

A pesar de que la forma de plegado es innovadora, el número de movimientos que toma llevarlo a ese estado son elevados (5), debido a que cada llanta y eje del manubrio se mueven de manera independiente y no simultánea, ahora bien, el vehículo en estado plegado no cuenta con una agarradera que ayude al usuario a arrastrarlo cómodamente.

Fig. 5.18. Tricity [A2]



Nuestro segundo ejemplo trata del “XBIRD X1”, este vehículo alcanza el estado plegado mediante un mecanismo similar a una corredera y con un solo movimiento, con esto, se permite que su cuadro estructural llegue a la misma posición que la del eje de la dirección, mientras que el manubrio descenderá hacia los lados logrando con esto, que pueda arrastrarse sosteniéndolo del borde del asiento. El tiempo que lleva el plegado de esta configuración será de 2[s], lo que lo hace una muy buena alternativa de solución. Fig. 5.19.

Fig. 5.19. XBIRD [A2]

Para nuestro tercer ejemplo mostraremos a “STIGO”, un sencillo vehículo eléctrico con un sistema de plegado en dos movimientos, llevarlo de un estado a otro no deberá de tomar más de 3[s]. El primer movimiento para plegar el vehículo consiste en liberar un seguro que se encuentra en el asiento, permitiendo al mismo, descansar sobre la rueda trasera; el segundo, consiste en llevar la dirección hacia la barra del cuadro estructural, quedando prácticamente una llanta sobre a otra. Fig. 5.20. La forma de arrastrar este vehículo se hará mediante las dos ruedas extras exclusivas para este fin, se encuentran en la parte final de la tijera que sostiene la llanta trasera, por lo que una vez plegado se jalara del mismo manubrio, desplazándose de una forma muy sencilla.



Fig. 5.20. STIGO [A2]



Fig. 5.21. URB-E [A2]

El último vehículo por presentar es el “URB-E”, que con tan solo dos movimientos puede ser plegado en su totalidad y en un tiempo no mayor a 3[s]. Los movimientos consisten en recorrer en su totalidad la llanta trasera hasta tocar con la carcasa que protege a la batería, y por otro lado, bajar el asiento hasta tocar con la barra que conforma al cuadro estructural. Este vehículo a pesar de contar con un sistema de plegado considerablemente rápido y con muy pocos movimientos no reduce en gran medida sus dimensiones de un estado a otro, siendo esta su principal desventaja. Fig. 5.21.

Como bien puede observarse, cada forma de plegado será única y dependerá en su mayoría de la forma de su cuadro estructural, sin embargo, todas cumplen con un primordial objetivo que es reducir el volumen en estado plegado. Finalmente, el tiempo y los movimientos necesarios para hacerlo se procurará sean los menos posibles.

Para el desarrollo de nuestro proyecto, se planea que el plegado se lleve a cabo con tres movimientos solamente, mediante el uso de dos seguros de fácil acceso para el usuario y se espera que no sobrepase los 6[s].

5.2.5 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICO

Debido a que el motor es eléctrico será necesaria una batería como fuente de alimentación.

Las baterías son dispositivos que convierten la energía de una reacción química en energía eléctrica. Existen diferentes tipos de baterías, sin embargo, las más empleadas en vehículos de transporte eléctrico son las de plomo, níquel y litio.

Baterías de plomo: Basan su funcionamiento en un electrodo positivo y otro negativo que están sumergidos en una solución líquida llamada electrolito. Son económicas, de manufactura sencilla y no se les puede sobrecargar ni descargar completamente. Su peso y volumen son elevados respecto a la capacidad de energía que tienen para almacenar [42].

Baterías de Níquel:

- Ni-Cd: Los electrodos son de cadmio y el electrolito de hidróxido de potasio, tienen la ventaja de poder sobrecargarse sin sufrir daños, admiten descargas completas y una cantidad de ciclos de carga-descarga aceptable, sin embargo, sufren mucho el efecto de memoria. Su volumen y peso es menor que el de las baterías de plomo.
- Ni-MH: Los electrodos son de cadmio e hidruro metálico, a diferencia de las Ni-Cd tienen menor efecto de memoria y una mayor capacidad de retención de carga, pero el número de ciclos es más reducido. La temperatura juega un papel importante en su desempeño pues cuando es baja se reduce su capacidad [42].

Baterías Ión de Litio: Los electrodos son de grafito y óxido de cobalto. Tienen una alta capacidad de retención de carga y factor de auto descarga reducido. El peso y volumen en comparación a los otros tipos de baterías es aún más reducido, además, el efecto de memoria se presenta en pocas ocasiones. Entre sus desventajas están la poca tolerancia a los cambios radicales de temperaturas y la reducción de su vida útil con las descargas completas [42].

Debido a las ventajas que presentan estas baterías con respecto a las otras, se decidió que el vehículo del proyecto a desarrollar, contará con baterías de ión de litio, de esta forma se espera que el vehículo sea lo más ligero posible y no tenga inconvenientes con el volumen al momento de ser arrastrado en el transporte público.

6.- DISEÑO DE DETALLE

6.1 SISTEMA DE DIRECCIÓN

Después de analizar las distintas posibilidades para dar dirección al vehículo, se decidió optar por tener una de una sola rueda. Los elementos mecánicos que comprenderán su sistema son muy similares a los de una bicicleta, por lo que la complejidad en la misma se verá muy reducida. Además, tiene muy pocos elementos móviles y es sencilla de manufacturar por lo que se tendrán muchas ventajas en cuanto peso y espacio.

6.2 SISTEMA DE TRACCIÓN Y MOTOR

Ligado al tema de la dirección, se encuentra la tracción, pues de las dos posibilidades existentes (transmisión por cadena o motor en la llanta), se eligió la configuración del motor integrado a la llanta, pues atrae consigo demasiadas ventajas. Las principales a destacar son la sencilla configuración de sus mecanismos y la incorporación de un motor de alta tecnología sin escobillas que no sólo reducirá la complejidad del vehículo, sino que también se reducirá el peso en el mismo. Fig. 6.1 – Fig. 6.2



Fig. 6.1 Motor Brushless con potencia de 500 W. [40]



Fig. 6.2 Kit de motor electrico. [40]

6.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICO

Es una batería de Ion de Litio. Fue elegida gracias a su baja auto descarga, su buena densidad de energía y alta corriente potencial. Fig. 6.3 & Fig. 6.4.

Voltaje: 36 V

Corriente: 12 A



Fig. 6.3 Bateria de Ion de Litio. [40]



Fig. 6.4 Bateria y cargador. [40]

6.4 CUADRO ESTRUCTURAL

Es la aleación de aluminio 6061. Tiene una amplia variedad comercial de productos prefabricados, por lo que su suministro no debe presentar ningún problema. Además, sus características mecánicas se adaptan de manera adecuada a las que el proyecto requiere.

6.5 DIMENSIONES

Del anexo presentado sobre ergonomía [A1], nos basamos en la información recabada por un estudio y con ello proponer las dimensiones iniciales del vehículo basándonos en criterios de comodidad que no afectan la integridad del ocupante. Tabla 6.1.

Las dimensiones tomadas son:

PARÁMETRO TOMADO	PERCENTIL	
	P95 (mm)	P5 (mm)
Altura de codo	1107,32	960,08
Distancia codo-dedo medio	491,25	420,05
Ancho bideltoideo	525,65	437,44
Diámetro de empuñadura	43,28	28,74
Diámetro máximo de mano	107,92	78,33
Largo del pie con zapato	294,53	252,18
Ancho del pie con zapato	110	89,62

Tabla 6.1 Parámetros utilizados para dimensionar al LMV.

- Altura de codo y codo dedo medio: Nos ayudará a tener una noción sobre la dimensión adecuada para el manubrio del vehículo desde la superficie suelo-llanta, además, nos aproximará a la distancia adecuada para que el usuario no tenga que estirarse en una posición poco cómoda los brazos.
- Ancho bideltaideo: De la información recabada sobre ergonomía, la posición más cómoda y sana para tener los pies separados es una muy cercana a la distancia entre hombros. Con la dimensión que tenemos del bideltaideo obtenida del estudio antropométrico asignaremos una medida adecuada para que el usuario que vaya parado lo haga de la mejor forma posible.
- Diámetro máximo de empuñadura y máximo de mano: Aportan la dimensión ideal que tendría el tubo del manubrio en el vehículo.
- Largo y ancho del pie con zapato: Nos ayudan a esclarecer las medidas adecuadas que deben tener las bases en donde el conductor colocará lo pies de manera que aún con zapatos, exista el espacio necesario para poder recargar el peso del ocupante.

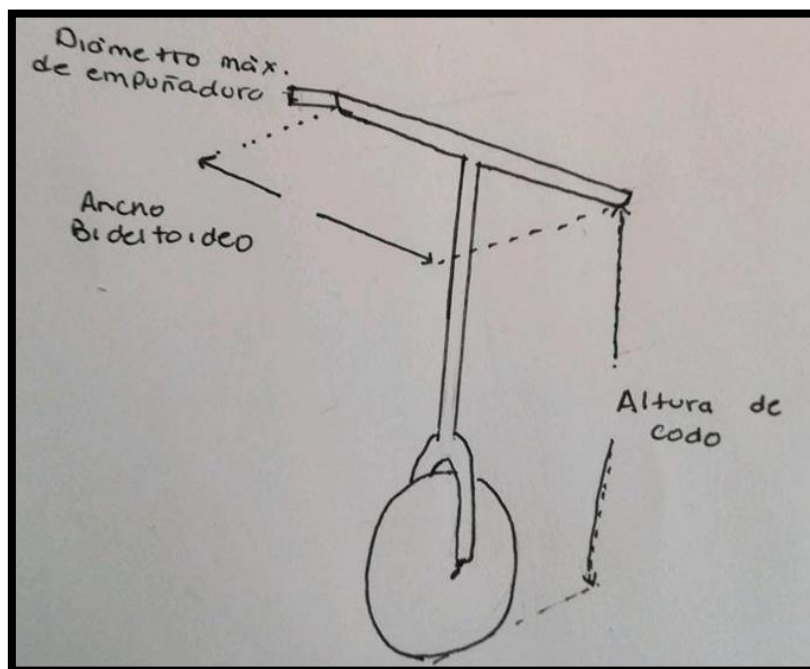


Fig. 6.5 Parámetros ergonómicos en la dirección.

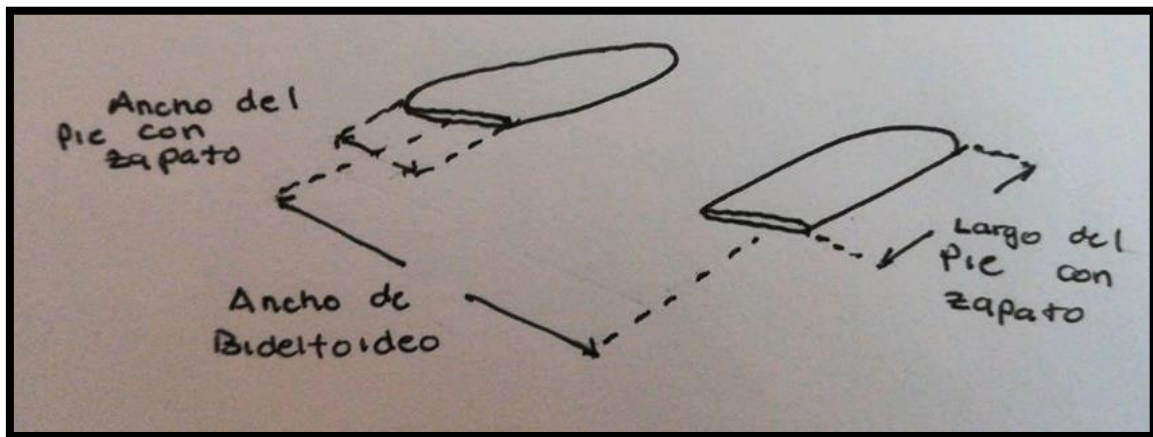


Fig. 6.6 Parámetros ergonómicos en el descanso de pies.

7.- MODELOS Y PROTOTIPOS

Como parte del proceso de diseño y tomando en cuenta que se partió de un diseño previamente hecho, se implementaron diferentes iteraciones a los conceptos propuestos con la finalidad de corregir y mejorar el diseño. El resultado arrojó varios modelos diseñados en CAD los cuales fueron evaluados mediante prototipos de funcionalidad limitada.

Los prototipos de funcionalidad limitada (que denominaremos PFL de ahora en adelante), tienen como objetivo evaluar al modelo por completo o bien, a los sistemas que lo conforman sin la necesidad de fabricarlo con los materiales finales, reduciendo así los costos del proyecto.

7.1 FABRICACIÓN

Para la fabricación de los PFL del vehículo, se utilizaron materiales que se tuvieran al alcance y que simularan los elementos reales del modelo. A continuación, se mostrarán y describirán los PFL desarrollados en las iteraciones del diseño del LMV. Fig. 7.1 – Fig. 7.3.

7.1.1 PROTOTIPO DE FUNCIONALIDAD LIMITADA 1

El primer PFL corresponde a la primera iteración del diseño del LMV.

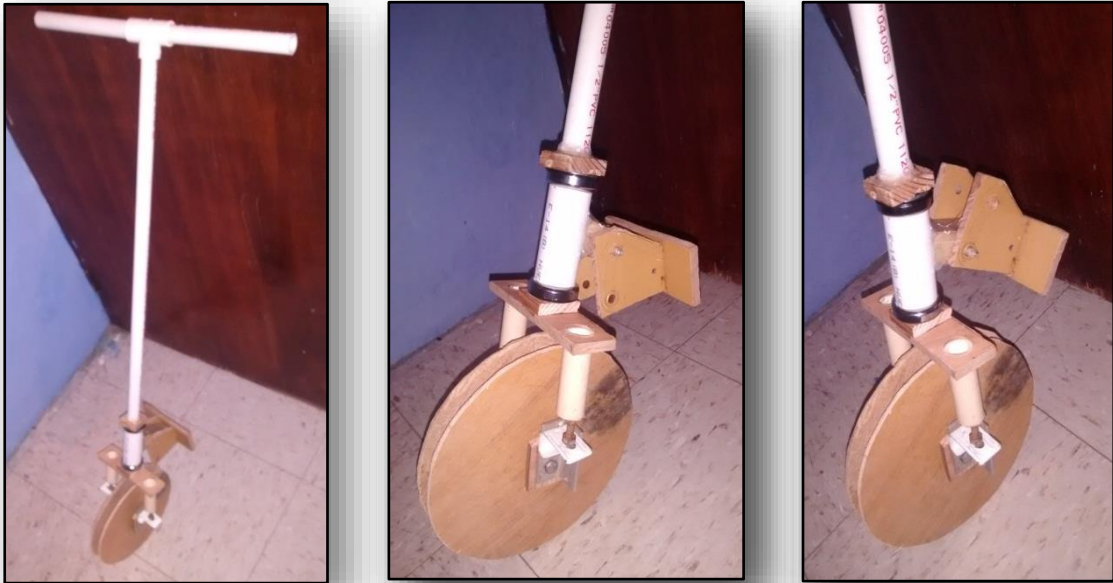


Fig. 7.1 PFL #1 (Sistema de dirección)

En este PFL se evaluaron dos sistemas, por un lado, se verificó el sistema de dirección y, por otra parte, el sistema de plegado. En ambos casos el resultado fue satisfactorio y no hubo necesidad de hacer más correcciones al diseño.

7.1.2 PROTOTIPO DE FUNCIONALIDAD LIMITADA 2

Luego de haberse evaluado otras nuevas posibles alternativas de solución, se decidió junto al equipo de diseñadores, que el concepto que mejor cumplía con los requerimientos, tanto en sencillez como en un plegado intuitivo sería el llamado: "LMV-LP". El segundo PFL corresponde a la primera iteración del nuevo concepto desarrollado. Fig. 7.2.

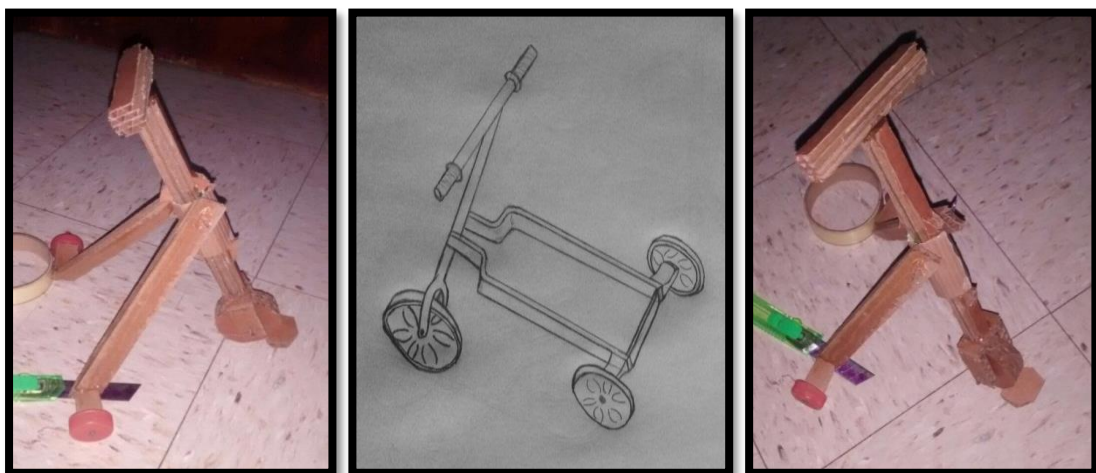


Fig. 7.2. PFL #2

Este modelo consta de tres ruedas, se piensa que el usuario vaya de pie sobre la base de las llantas traseras y el mando de la dirección quede sobre la rueda delantera. Al ser un vehículo de tres ruedas, contará con todas las ventajas que se han descrito en la sección 4.2.2; el sistema motriz recaerá en la llanta frontal y los mandos de velocidad y frenado se encontrarán en el manubrio al alcance del usuario en todo momento. Para el plegado, las “patas” traseras se recorrerán de tal forma que queden paralelas al manubrio de dirección, el vehículo se arrastrará sobre las llantas traseras y se sostendrá por el manubrio, similar a una maleta de viaje.

7.1.3 PROTOTIPO DE FUNCIONALIDAD LIMITADA 3

Una vez construido el PFL 2, se encontró que debido a que el usuario recargaba su peso en las llantas traseras, la llanta motriz delantera no tenía la distribución de peso necesaria por parte del ocupante para estar recargada sobre el suelo y con ello generar la tracción necesaria para poder avanzar. Para esta situación se construyó otro PFL en el que se vería otra forma en la que el usuario viajaría en su recorrido.

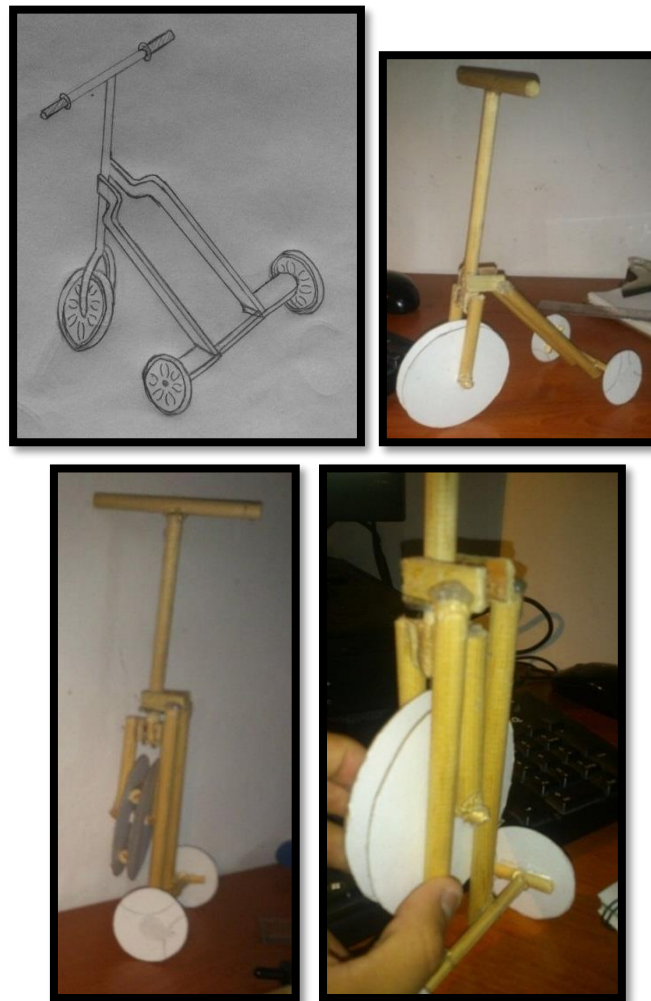


Fig. 7.3 PFL # 3

Para este PFL, la diferencia residió en las ruedas traseras y la altura a la que quedaba unida la dirección y el cuadro estructural; por una parte, se retiró la base en la que el usuario viajaría de pie y, por otro lado, se pensó en un arreglo diferente para la dirección con la finalidad de mejorar la estética y sencillez del vehículo. Luego de analizar la posición en la que viajaría el usuario, se decidió que fuera a la mitad del vehículo para así distribuir la carga en las tres ruedas. El sistema de plegado, el sistema de dirección y motriz se conservaron. Fig. 7.3.

8.- DISEÑO FINAL

Con base en los bocetos a mano alzada, la investigación de fichas técnicas y prototipos de funcionalidad limitada se procedió a realizar un primer archivo CAD.

Es un vehículo de 3 ruedas donde el pasajero va de pie.

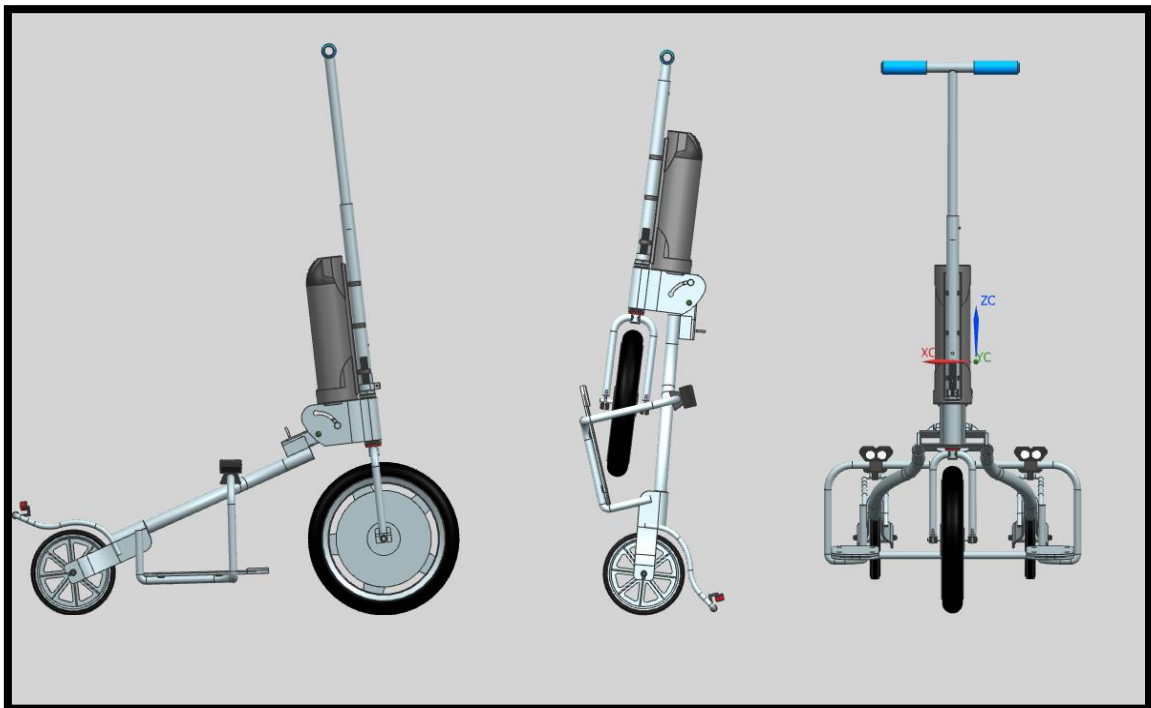


Fig. 8.1

Este primer archivo CAD muestra los principales sistemas del vehículo como lo son el sistema de tracción y número de llantas, permite observar la disposición del cuadro estructural, así como el reposa pies.

8.2 ANÁLISIS DE ELEMENTO FINITO

Debido a que para el desarrollo de este producto es muy importante la validación de elementos, pues ellos implican la integridad del ocupante, se procedió a validar dos piezas críticas del vehículo: el reposa pies y marco estructural.

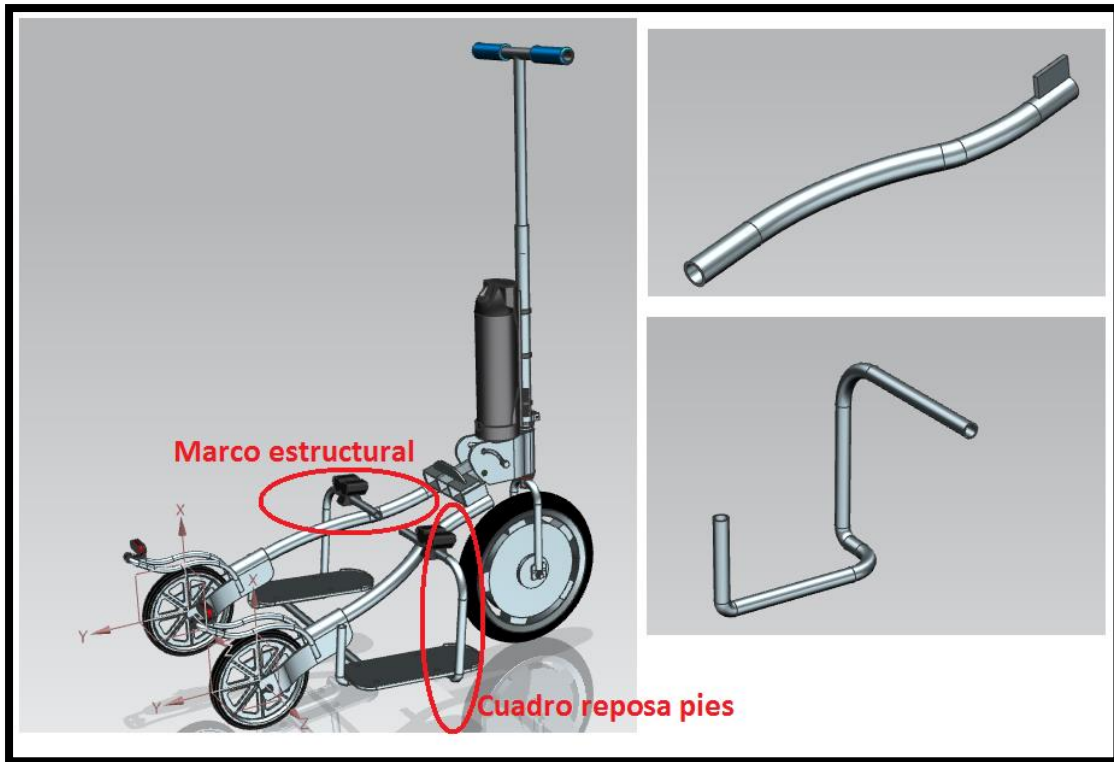


Fig. 8.2 Disposición de piezas a analizar

8.2.1 ANÁLISIS DEL REPOSA PIES

Para realizar la simulación se empleó el software Unigraphics 10 (Nx10®) con el módulo NASTRAN. Se partió de un análisis con cargas críticas y debido a la simetría entre las piezas solo se hizo el análisis en uno de los elementos. La fuerza de 1177.2 [N] representa la carga máxima de 120 [kg] que puede soportar el vehículo.

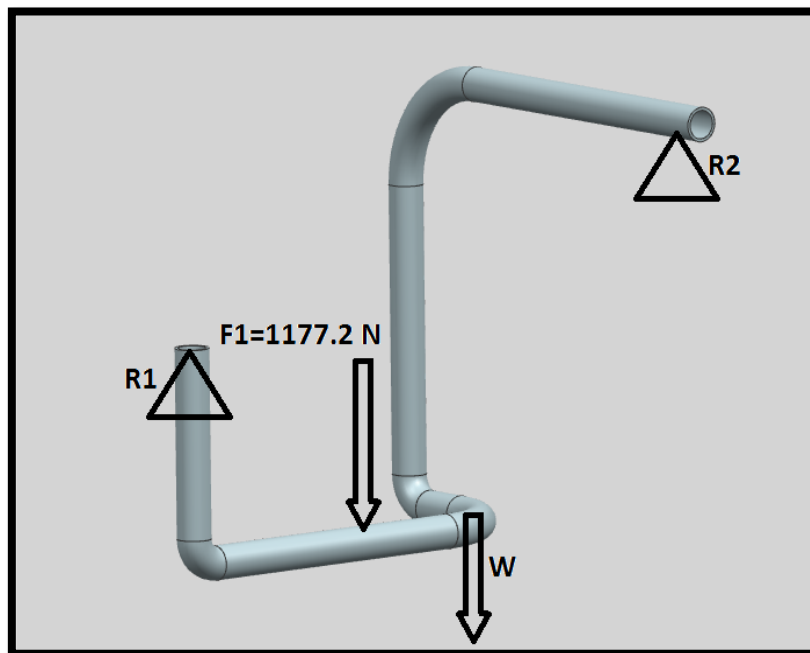


Fig. 8.3 Diagrama de cuerpo libre de reposa pies.

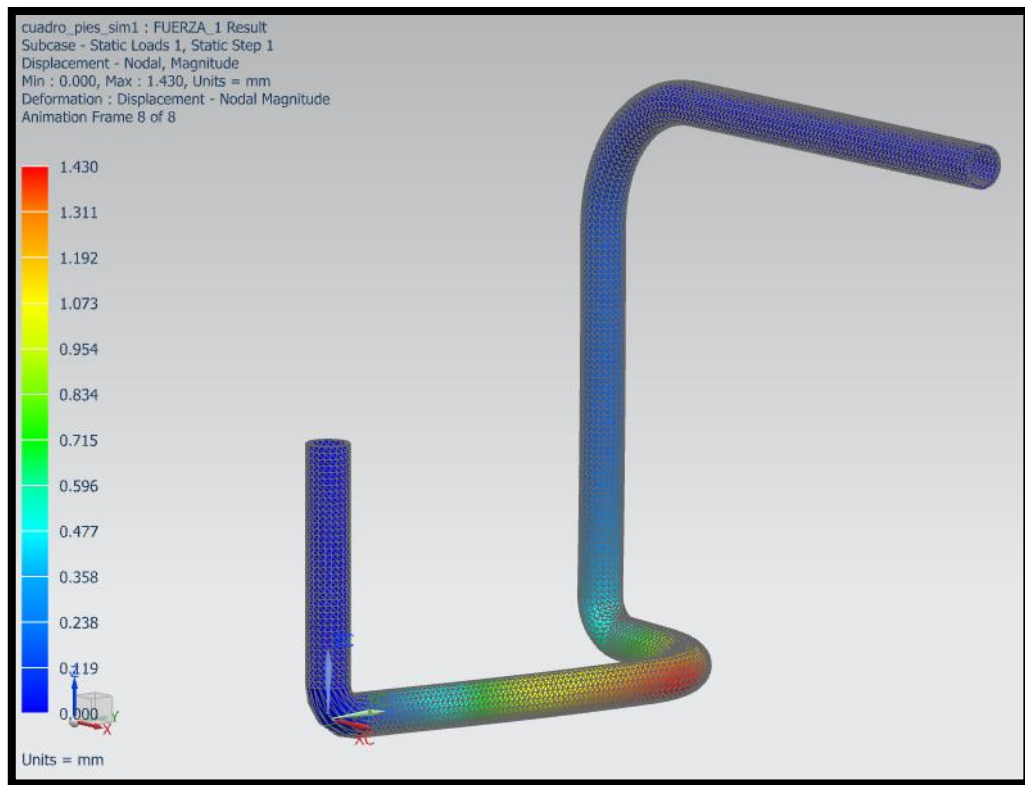


Fig.8.4 Resultados de desplazamiento

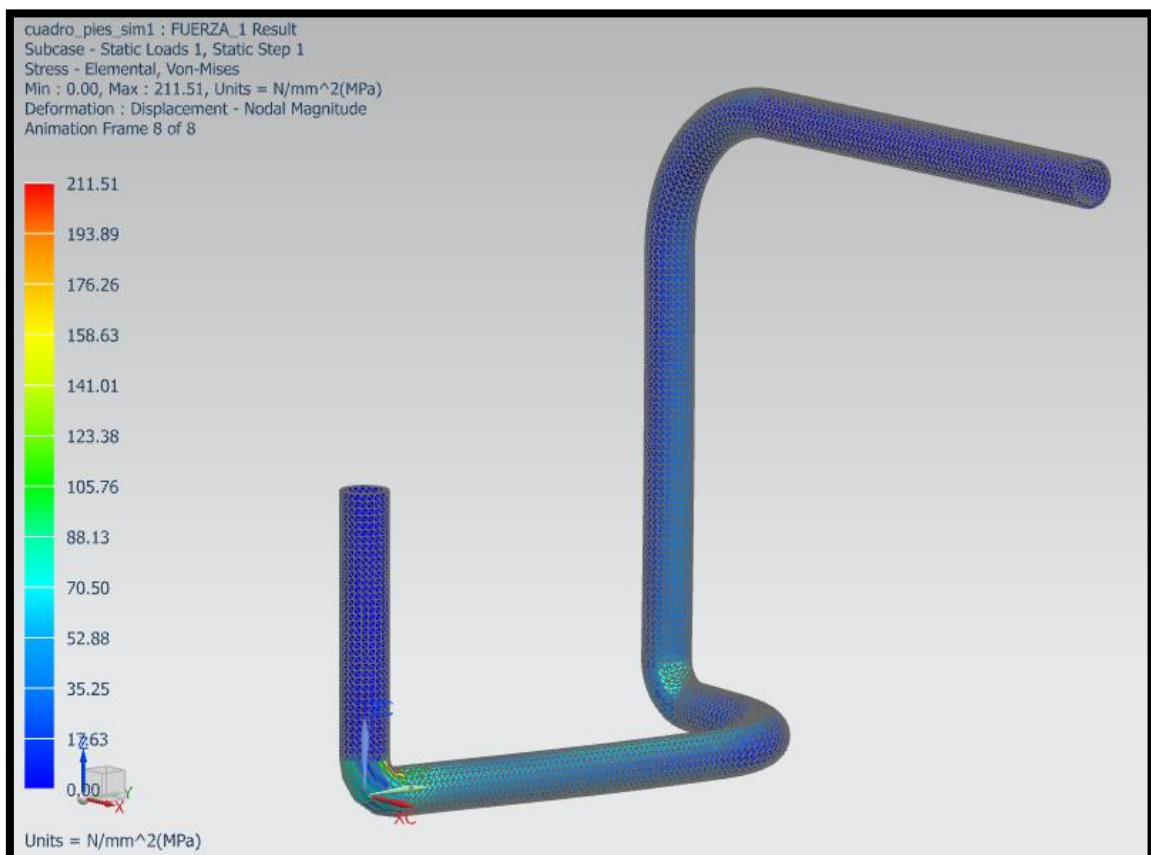


Fig. 8.5 Resultados de esfuerzos

Con base en los resultados mostrados en las figuras, se obtuvo una deformación y esfuerzo máximo de 1.430 [mm] y 211.51 [Mpa]. Los esfuerzos máximos se aprecian en las curvaturas del tubo, sin embargo, son mucho menores a los 275.79 [MPa] de esfuerzo de cedencia para la aleación de aluminio por lo que no existirá deformación permanente.

$$F.S. 1 = \frac{\text{Límite elástico del material}}{\text{Esfuerzo máximo de Von Mises}} = \frac{275.79}{211.59} = 1.303$$

8.2.2 ANÁLISIS DEL CUADRO ESTRUCTURAL

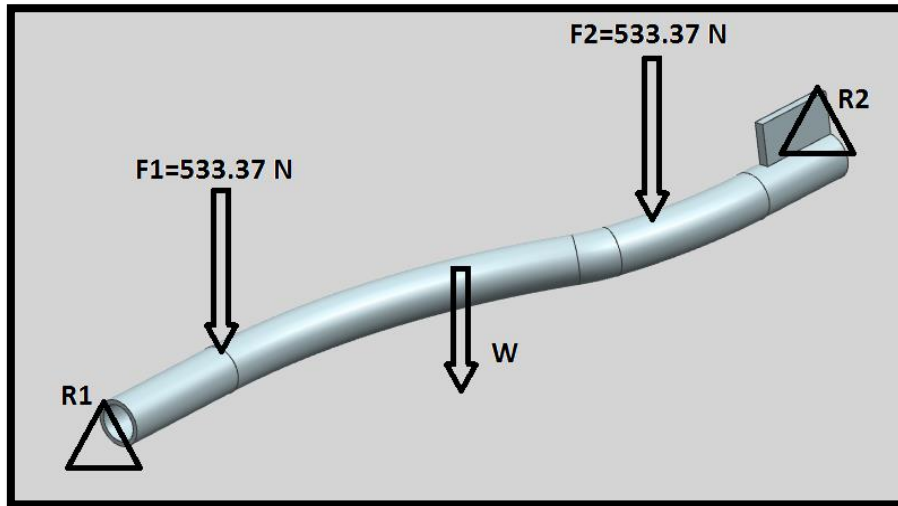


Fig.8.6 Diagrama de cuerpo libre en marco estructural

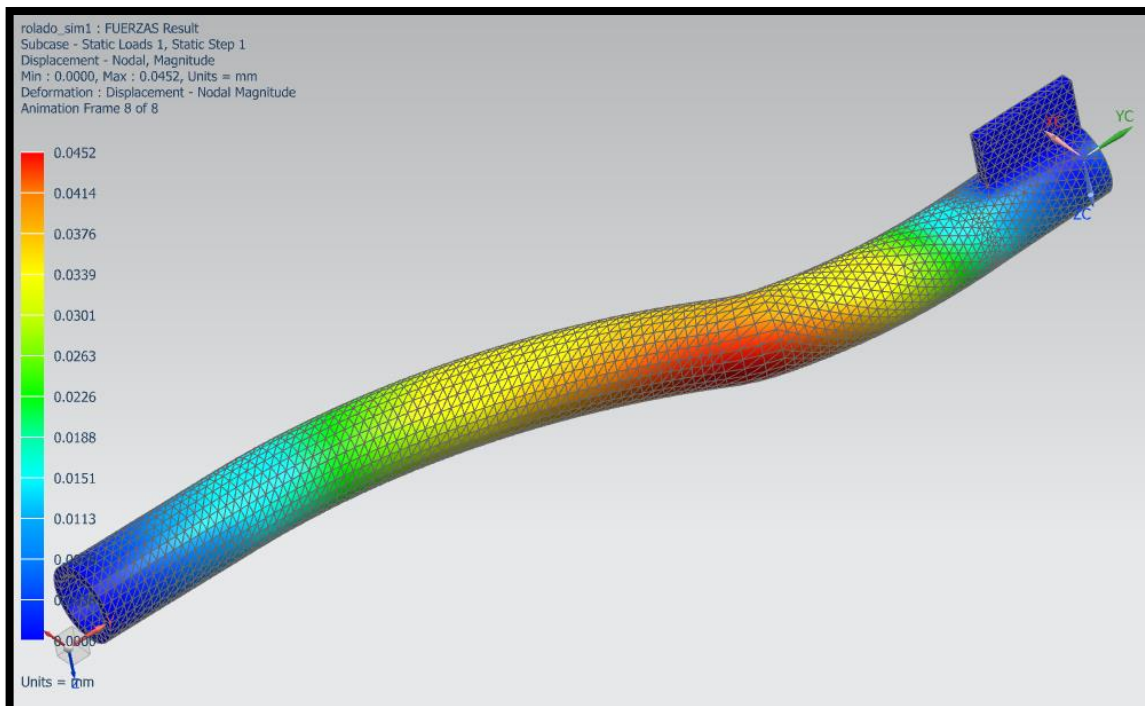


Fig. 8.7 Desplazamientos en cuadro estructural

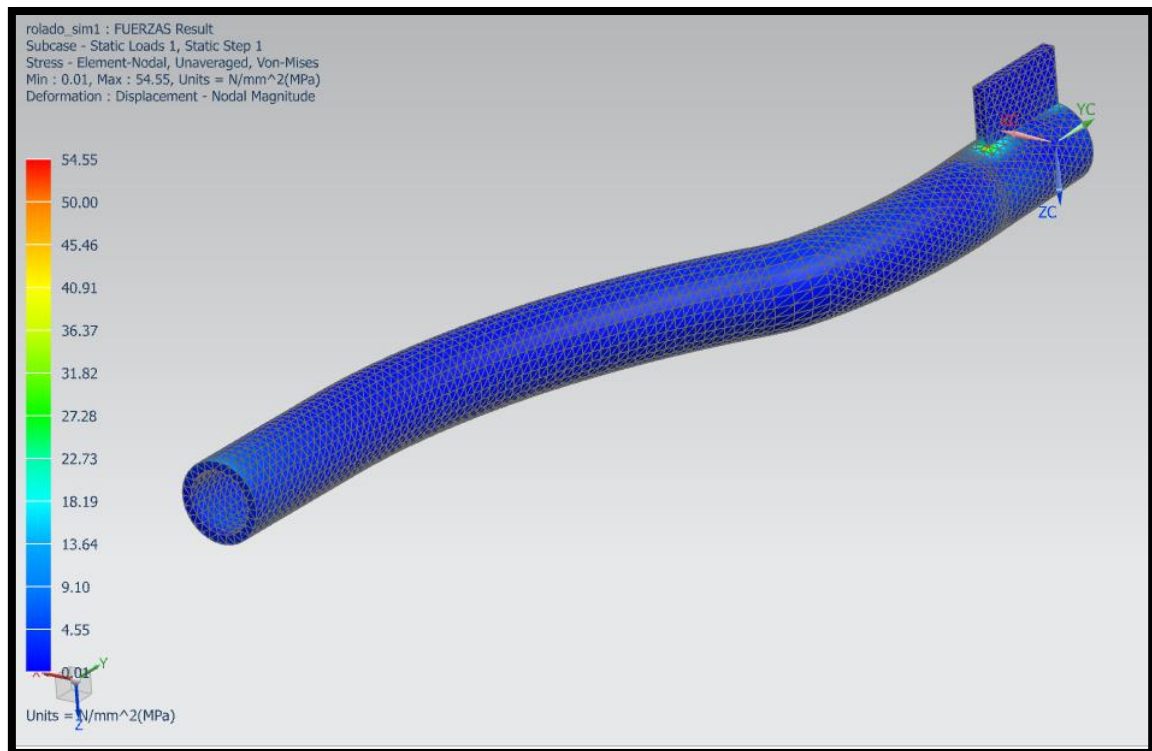


Fig.8.8 Distribución de esfuerzos en cuadro estructural

Los datos arrojados por el software nos indican que el comportamiento mecánico de las piezas es adecuado.

$$F.S. 2 = \frac{\text{Límite elástico del material}}{\text{Esfuerzo máximo de Von Mises}} = \frac{275.79}{54.55} = 5.055$$

8.2.3 REDIMENSIONAMIENTO

Debido a que la resistencia y deformación para el tubo del cuadro estructural tuvo un comportamiento adecuado, se decidió validar nuevamente la pieza con un tubo de diámetro y espesor distinto. Esto se hizo con la finalidad de reducir peso al vehículo y facilitar un aspecto de fabricación, pues ahora la diversidad de materiales que se requieren se reduce, atrayendo consigo ventajas al momento de compra y corte de materia prima.

Los nuevos diámetros corresponden a los del tubo que se emplea como árbol de dirección.

$$D_{ext.} = 31.75 \text{ mm}$$

$$D_{int.} = 25.41 \text{ mm}$$

Con las nuevas dimensiones obtenemos la siguiente distribución de esfuerzos y deformaciones.

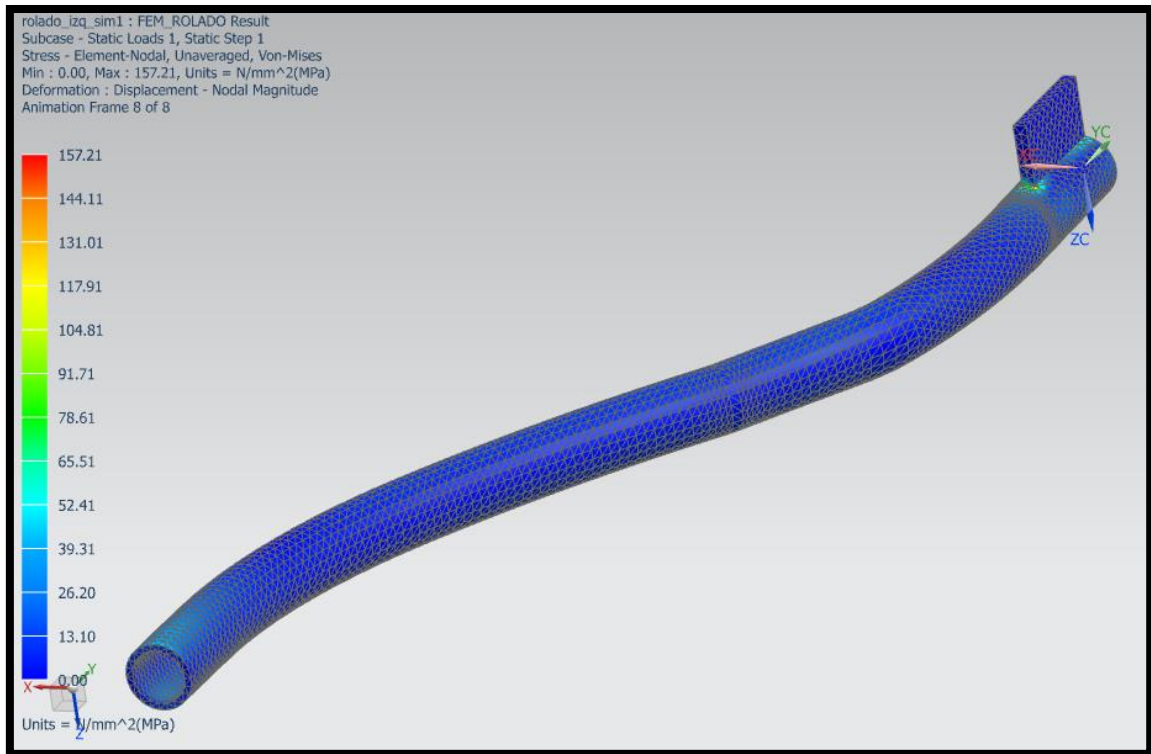


Fig. 8.9 Distribución de esfuerzos en pieza con nuevas dimensiones

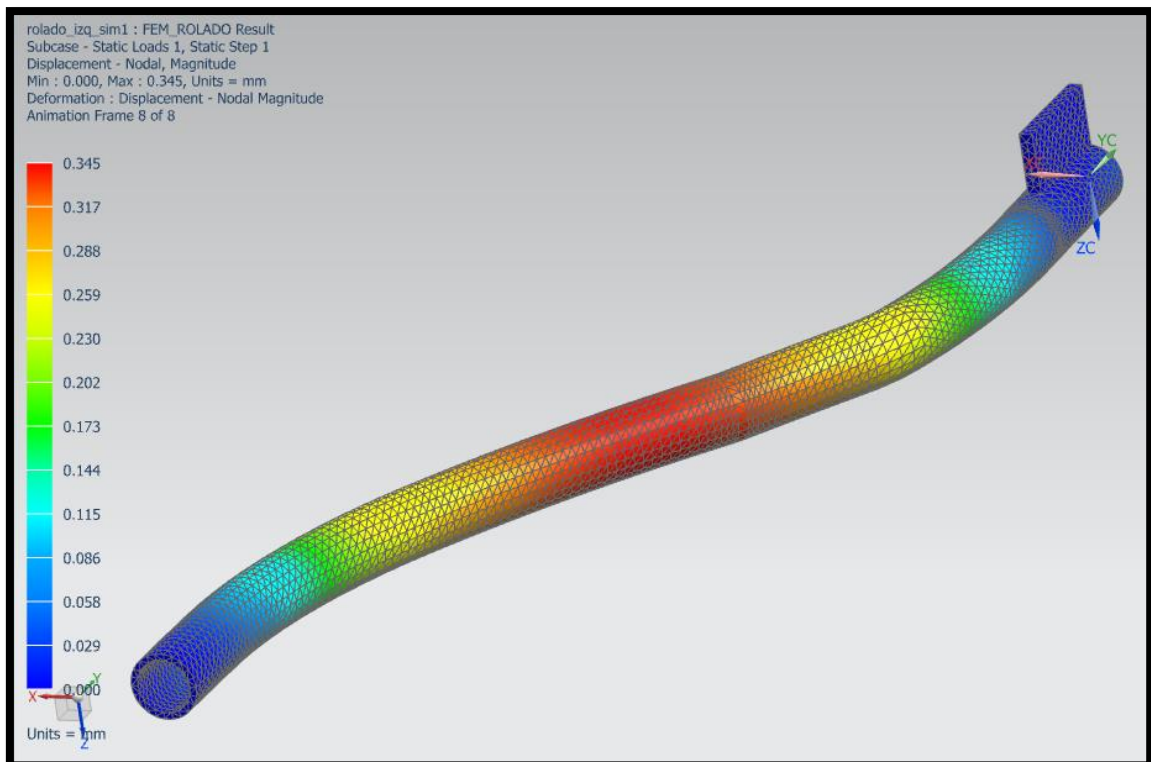


Fig. 8.10 Deformación en pieza con nuevas dimensiones

Con ayuda del software se pudo observar que la deformación máxima ocurre muy cerca de la mitad de la pieza y es de 0.345 mm, se tienen además concentradores de esfuerzos en la parte inicial, muy cerca de una placa que va unida mediante soldadura. El valor del concentrador es de 157.21 MPa, que aún es menor a los 275.79 MPa que se tienen como límite antes de una deformación permanente.

$$F.S.3 = \frac{\text{Límite elástico del material}}{\text{Esfuerzo máximo de Von Mises}} = \frac{275.79}{157.21} = 1.75$$

Cabe decir, que con ayuda también del programa CAD se pudo hacer una comparación entre masas, obteniendo una diferencia significativa entre el primer y el segundo diseño.

	Dext.(mm)	Dint.(mm)	m(kg)	def)máx(mm)	Esf. Máx(Mpa)
DISEÑO 1	42,16	32,46	1,3069	0,0452	54.55
DISEÑO 2	31,75	25,41	0,4524	0,345	157.21

Tabla 8.1 Comparación de diseños

Se concluye que el reposa pies y el tubo del cuadro estructural tienen un comportamiento adecuado ante las solicitaciones de carga máximas, además él estudió ayudo a reducir aproximadamente 0.8545 kg a la pieza del cuadro estructural mientras que al vehículo 1.709kg.

PIEZA	F.S.
Cuadro entre pies	1.3
Rolado	1.75

Tabla 8.2 Factores de Seguridad

Se obtuvo también el factor de seguridad de cada pieza, para con ello comprobar que tan aceptables es la comparación entre el límite elástico del material y el esfuerzo máximo de Von Misses otorgado por el software. Debido a que en ambos fue mayor a la unidad se puede decir que los resultados son aceptables.

El F.S.2 no se incluye en la tabla debido a que es una pieza que se cambió en cuanto dimensiones, sin embargo, su valor de 5.055 es más que bueno.

8.3 PRESENTACIÓN DEL MODELO

El modelo final habla de un vehículo con las características buscadas en el análisis de información. Se trata de un vehículo de con 3 puntos de apoyo, una batería de duración limitada que permite cargar dispositivos móviles como el teléfono celular y luces de apoyo para uso nocturno.

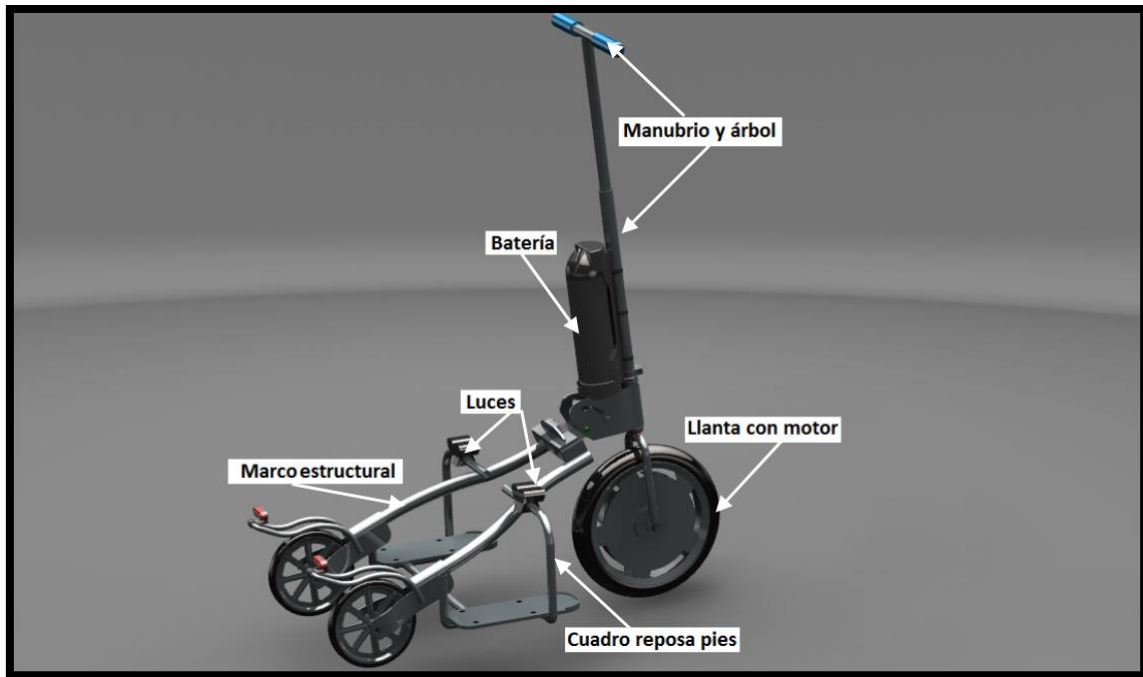


Fig. 8.11 Elementos principales del vehículo

- Manubrio y árbol: Se encargan de recibir la entrada de dirección otorgada por el ocupante.
- Batería: Proporciona energía al vehículo.
- Luces: Hacen visible el camino durante viajes nocturnos y otorgan visibilidad ante los vehículos.
- Marco estructural: Es el encargado de dar rigidez a la estructura y soporta el peso del conductor.
- Cuadro reposa pies: Permite al usuario colocar los pies de una forma cómoda.
- Llanta con motor: Proporciona tracción y forma parte del sistema de dirección vehicular.



Fig. 8.12 Vista principal del vehículo

8.3.1 PLEGADO

Para plegar el vehículo se deben presionar dos botones que permitirán bajar el árbol de la dirección y doblar el cuadro estructural de la unidad para cambiarlo a su forma vertical.

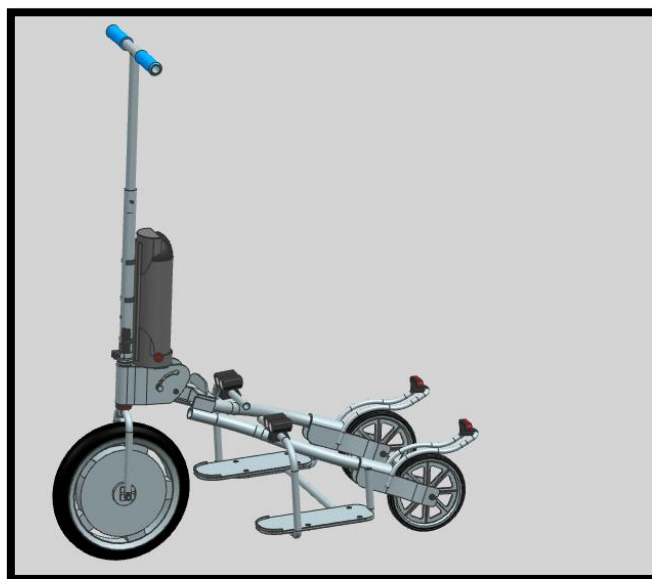


Fig. 8.13 Vista en perfil de vehículo

Al momento de presionar el botón del sistema telescópico y empujar hacia abajo el volante, se tendrá una disminución de longitud en el árbol de la dirección y se permitirá girar el manubrio de tal manera que quede en una posición donde ocupe menor volumen. Para plegar el cuadro estructural, se debe presionar el seguro por ambos extremos y hacer girar la parte inferior del vehículo. Lo anterior se muestra en la Fig. 8.14.

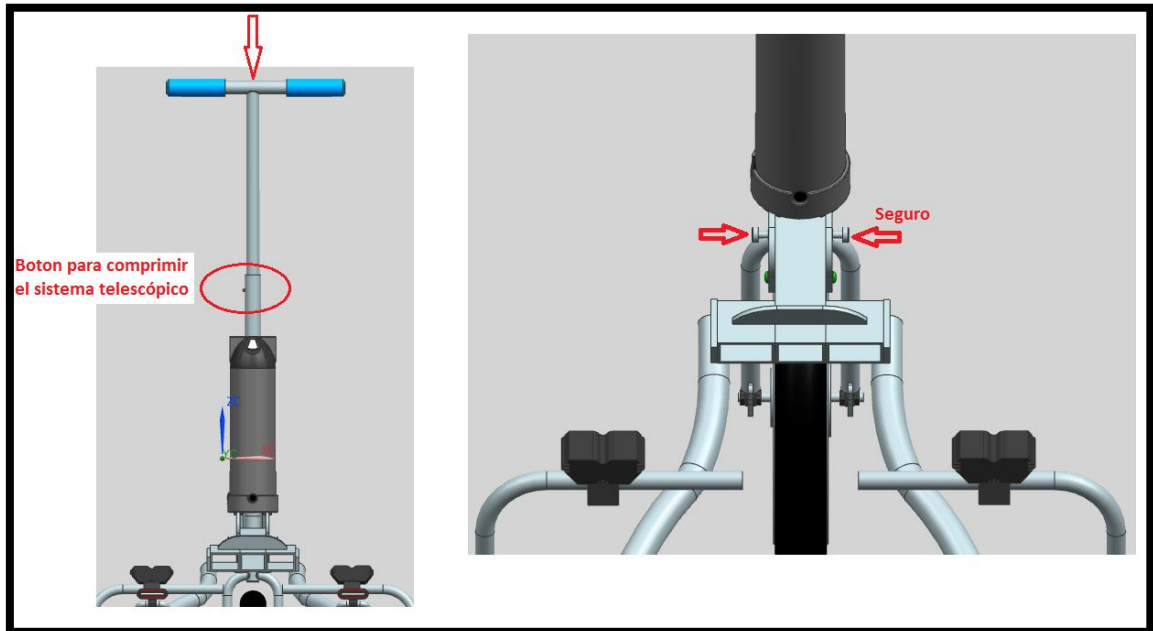


Fig. 8.14 Pasos de plegado

Después de realizar los pasos anteriores, se debe girar la llanta de dirección pues la misma permanecerá resguardada al centro de la unidad.

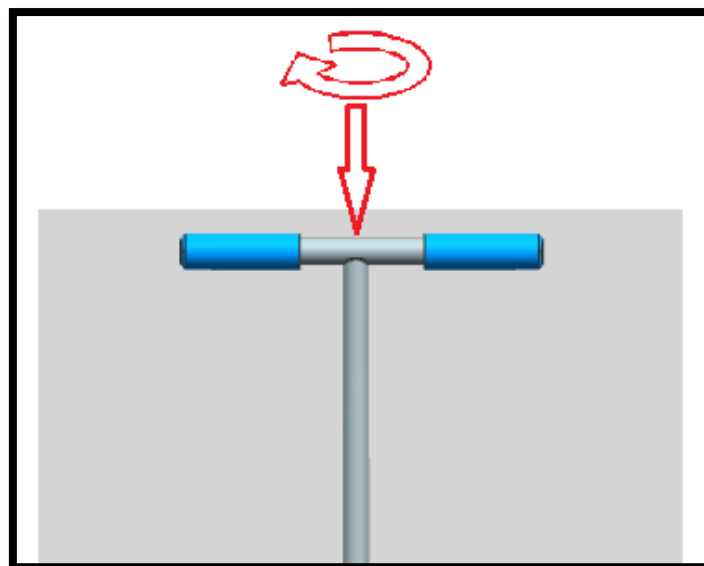


Fig. 8.15 Visualización de giro de llanta

El resultado final del vehículo plegado se aprecia en la Fig. 8.16

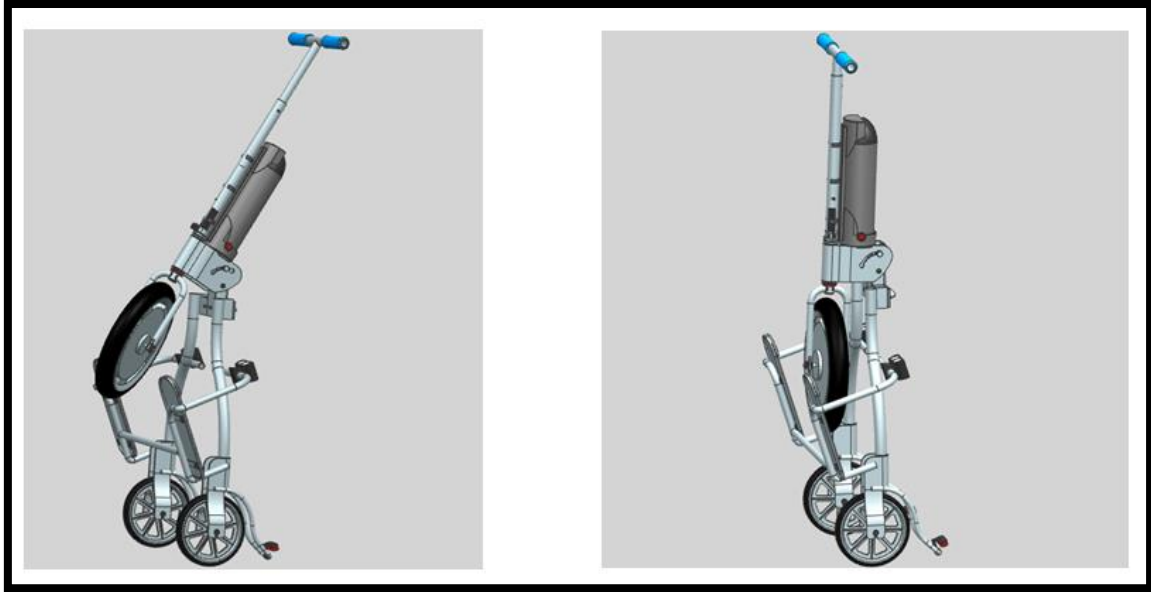


Fig. 8.16 Disposición de plegado y resguardo de llanta

8.4. CÁLCULO DE AUTONOMÍA

Con base en las especificaciones técnicas de la batería y el motor a emplear se puede hacer el cálculo de la autonomía del vehículo.

La velocidad máxima es de acuerdo a la especificación técnica de la llanta.

$$v_{m\acute{a}x} = 35 \frac{km}{h}$$

$$I = 10Ah$$

$$V_{Bateria} = 36 V$$

$$W_{Motor} = 500 W$$

$$Autonomía = \frac{V_{Bateria} I v_{m\acute{a}x}}{W_{Motor}} = \frac{36 * 10 * 35}{500} = 25.2km$$

8.4.1 ESPECIFICACIONES.

En la Fig. 8.17 se puede apreciar el vehículo final resultante del proceso de diseño tanto en su forma plegada como desplegada, las especificaciones principales del LMV se muestran en la tabla 8.3 comparándolas directamente con los requerimientos obtenidos en la sección 4.2.6.

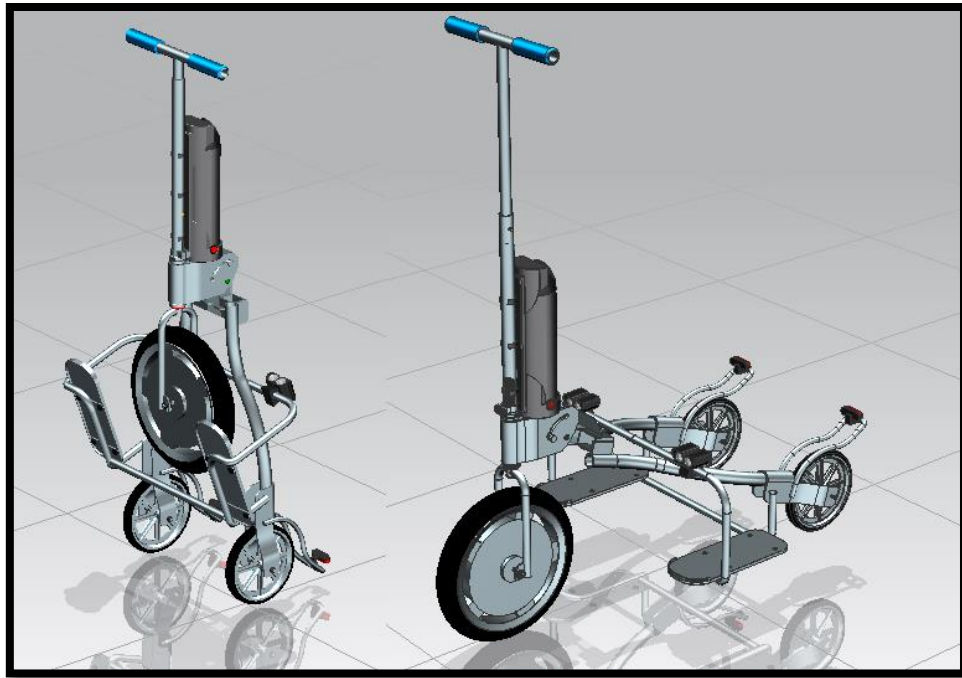


Fig. 8. 17 Modelo Final.

Especificación	Especificaciones resultantes de la investigación.	Especificaciones Finales Obtenidas.
Carga Máxima	120 [kg]	120 [kg]
Precio	1200 USD	801 USD
Velocidad Máxima	25 [km/h]	25 [km/h]
Peso	15 [kg]	7.3 [kg]
Autonomía	40 [km]	25.1 [km]

Tabla 8.3 Modelo Final.

Como bien podemos observar, el vehículo desarrollado se encuentra por debajo de los valores de referencia obtenidos mediante la búsqueda de información y que, junto con un atractivo diseño, lo hace una buena alternativa para competir directamente con el mercado actual pues se sitúa en una buena posición al tener el mismo rendimiento bajo las mismas condiciones de carga, pero con un peso y precio optimizados. La estimación de peso y costos se muestra con detalle en el anexo A4.

A continuación, se mostrará el vehículo obtenido mediante una ficha técnica como las mostradas en el anexo A2.

BV

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 25 [km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; 7.2 [kg]

VOLUMEN DESPLEGADO; 1056.4mm x 652.2mm x 1380mm

VOLUMEN PLEGADO; 418.5mm x 652.2mm x 1387.5mm

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 9

ESTABILIDAD; 9

FACILIDAD DE CONDUCIR; 10

PLEGABLE; SI

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA; ELÉCTRICA

CARGA MÁXIMA; 120 [kg]

NO. RUEDAS; 3

USUARIOS

RANGO DE EDADES; 16-60

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Intermedia

PRECIO; USD \$814

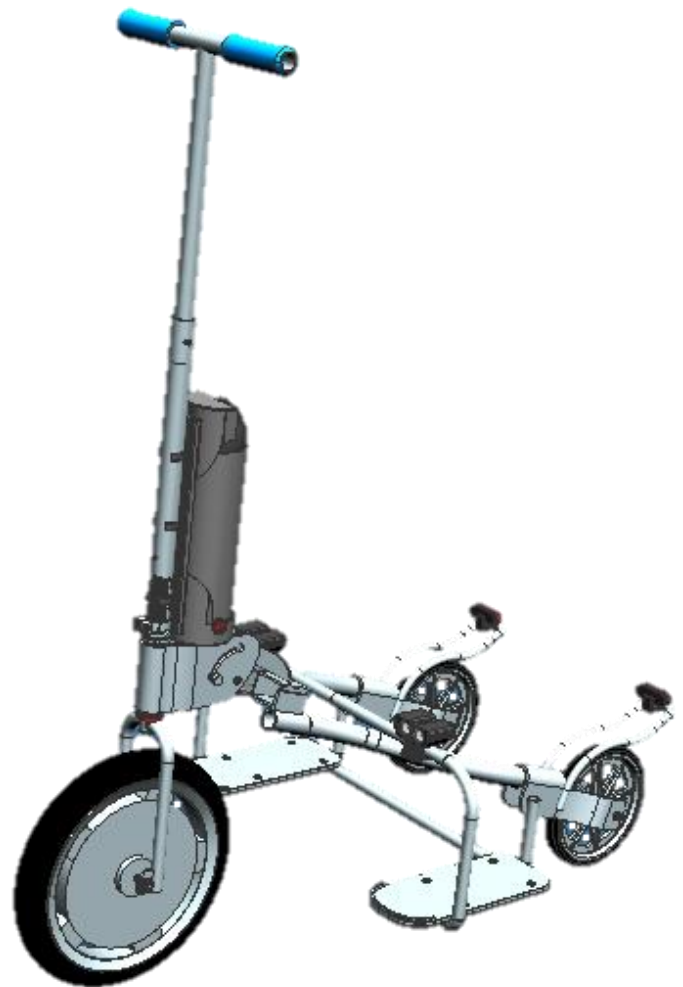


Fig. 8.18 LMV BV

9.- CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Como resultado del presente trabajo, se obtuvo el diseño conceptual de un vehículo de 3 ruedas que se puede plegar y llevar en el transporte público o maletero de un automóvil; debido a su bajo peso y diseño puede ser cargado o arrastrado para agilizar la forma en que se transporta. Está pensado para un sector comercial que se mueve dentro de una gran ciudad mediante distintos tipos de transporte público, por lo que dentro de las características propias del vehículo se encuentran su fuente de alimentación eléctrica con una batería de alto rendimiento como lo es el ión de litio, la conexión vía USB para recarga de celulares, un motor sin escobillas y un sistema de iluminación con baterías recargables propias para el manejo nocturno. La disposición de sus 3 llantas permite obtener más puntos de apoyo al vehículo lo que evita que el conductor tenga que preocuparse por su equilibrio, enfocando así su atención en otros aspectos de la conducción. Su peso es de 7.3kg, cuenta con una autonomía calculada de 25.2km y puede soportar ocupantes de hasta 120kg.

El vehículo desarrollado cumple con las especificaciones técnicas buscadas en cuanto a dimensiones y peso para ser transportado en algún medio de transporte público o automóvil; además, debido a su precio y características, compete directamente con vehículos de su categoría en el mercado. Es un producto que está pensado y diseñado para el público usuario de una ciudad con problemas de transporte y respalda muchos de sus aspectos de diseño con investigaciones, datos ergonómicos, materiales y validación estructural.

La variación que se tiene en el dato técnico de autonomía respecto a los valores de referencia (de 40km a 25.2km) se compensa con otras ventajas como sus 7.3 kg de peso, lo que significa un modelo 51.3% más ligero que el teórico. El valor reportado de autonomía corresponde a un cálculo teórico que emplea el valor máximo de velocidad y potencia del motor, por lo que tiene sentido que su magnitud sea pequeña y que la misma pueda tener una cifra mayor bajo condiciones de operación media. Es necesario decir, que aún con 25.2 km, el número de traslados cortos que se pueden hacer (para lo que fue diseñado el vehículo y bajo el concepto en que se trabaja) es considerable.

La cifra de costo actual del proyecto es de 801 USD por lo que quedan 399 USD para realizar procesos de manufactura. Dichos procesos no están incluidos dentro del alcance de esta tesis, sin embargo, se contemplan procesos de soldadura, maquinados, doblados y barrenados.

El diseño del producto actual se basó en 6 aspectos importantes del diseño: Identificación de la necesidad, definición del problema, generación de alternativas de solución, diseño de detalle, generación de modelos y diseño final. El seguir los conceptos anteriores permite obtener una visión del problema más clara pues se puede seccionar el problema y buscar alternativas de solución. Como todo trabajo, los problemas surgen mientras avanza el proyecto debido a consideraciones omitidas, por lo que seguir las etapas permite hacer retroalimentaciones entre secciones sin necesidad de regresar demasiado y afectar trabajo consolidado.

Gran parte del proceso de diseño trata sobre dimensionar correctamente el producto y de aquí resulta la importancia de la antropometría, debido a que juega un papel esencial proporcionando una idea clara de a qué sector poblacional se requiere abarcar. Para el caso de este proyecto, se tomaron como referencia dimensiones antropométricas para la población de la CDMX, tales como altura del codo, distancia del codo al dedo medio, el ancho bideltoideo, diámetro de empuñadura, entre otras; éstas medidas nos ayudaron a dimensionar el vehículo y adaptarlo al usuario. Sin embargo, como bien se aprecia en la sección A1.8, la medida correspondiente a la distancia del codo al dedo medio salió completamente de rango, por lo que habrá que redimensionar los elementos del cuadro estructural con la finalidad de reducirla y mejorar el diseño.

La selección de componentes para nuestro vehículo nos exigió evaluar proveedores, criterios entre costos y las ventajas que ofrece cada uno de ellos.

La tendencia para el desarrollo de movilidad y transporte se incrementan al alza conforme avanza el tiempo; cada día las opciones para incrementar la movilidad ayudadas de la tecnología nos sorprenden debido a que arrojan un mar de posibilidades. Para el marco de trabajo en el que se desarrolló el presente proyecto, la opción como vehículos de transporte de última milla es una alternativa viable para eliminar los problemas de contaminación y reducción en tiempos de traslado.

La ingeniería se ve aplicada todos los días cuando se busca la manera de hacer las cosas más sencillas y mejores. El aplicar una de sus ramas en el ámbito de diseño y obtener un producto nos permitió observar cada una de las fases para la creación del mismo en la definición del problema, generación del concepto, configuración, diseño de detalle y generación del prototipo. Cabe decir que, en nuestro caso, la última generación del prototipo en escala real no fue un alcance dentro del presente trabajo, sin embargo, el realizarla otorgará más información acerca del diseño.

A lo largo de todo el proceso de diseño nos enfrentamos con todo lo que implica diseñar un nuevo producto desde cero; comprendimos la importancia de estructurar o seccionar el proyecto por etapas, desde la investigación documental para tener en mente la problemática y la oferta actual de soluciones en el mercado, hasta el diseño final. Entendimos que esencialmente se debe partir de una necesidad actual para que tengamos oportunidad de introducir en el mercado nuestro producto; de igual forma, los requerimientos nos ayudaron a restringir los conceptos y así reducir la inmensa cantidad de posibles opciones de diseño para centrarnos en uno definitivo.

El uso de herramientas y software CAD, CAM y CAE es de suma importancia a la hora de diseñar cualquier producto, ya que gracias a estos se obtiene una visualización gráfica de lo que se está dibujando y proponiendo. Así mismo, mediante un correcto uso de estas paqueterías se logra analizar y simular estructuras críticas. Con ayuda de un software de este tipo, se redujo 1.709kg de la masa total del vehículo ya que se evaluó la pieza sometida a una carga

relevante de 120kg. Los resultados mostraron que la pieza estaba sobredimensionada y resultaba en un factor de seguridad (F.S.) ligeramente superior a 5; una vez redimensionada se obtuvo una reducción de material junto a un F.S. próximo a 2.

Al momento de diseñar, se debe tener una idea muy clara de lo que se quiere y a dónde se desea llegar; se deben buscar todas las posibilidades y dar solución a los inconvenientes que vayan surgiendo durante el avance del proyecto.

El diseño de un producto no es tarea sencilla y muestra de ello es el hecho de que se involucran diversas áreas a lo largo de su desarrollo, se debe tener en mente en todo momento que se trata de un proceso iterativo y multidisciplinario, por lo que se necesitará tomar en cuenta diferentes puntos de vista y perspectivas sin dejar de lado la opinión de los posibles compradores, que son a quienes va dirigido cualquier producto y quienes exigirán que el diseño cumpla con sus requerimientos y expectativas, para así satisfacer sus necesidades.

Con el trabajo presentado hasta este momento, es posible construir un modelo en escala real, pues se otorgan piezas en archivo CAD de cada sistema, links de proveedores de materiales, componentes y accesorios, así como planos y sugerencias de procesos de manufactura.

Debido a los alcances que tiene este proyecto se presentan áreas de oportunidad para continuar y llevar el concepto de diseño en el que se trabajó a una idea físicamente tangible, como lo son:

- Estudios de introducción y aceptación del vehículo para conocer la opinión del usuario final.
- Una tabla de costos más detallada que abarque precios en procesos de manufactura y producción.
- Construcción de prototipos que permitan obtener una muestra del desempeño del vehículo.
- Comprobación y análisis del vehículo.
- Realizar análisis CAE a todas las partes del vehículo con la finalidad de encontrar posibles mejoras en el diseño y optimizar el peso.
- CAD y pruebas o análisis de la parte eléctrica del vehículo.

El análisis dinámico no está incluido dentro de los alcances del presente trabajo, sin embargo, se sugiere realizarlo debido a que uno de los resultados de esfuerzos es muy cercano al esfuerzo de fluencia del material, por lo que un análisis estático con factores críticos podría no ser suficiente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Geociencias. Megaciudades. Consultado en junio 16 de 2017, Online, disponible en:
http://www.geociencias.unam.mx/geociencias/iype_cgeo/documentos/megaciudades.pdf
- [2] IPS Noticias. A los 70 años de la ONU: megaciudades, mortalidad y migraciones. Consultado en junio 16 de 2017, Online, disponible en:
<http://www.ipsnoticias.net/2015/03/a-los-70-anos-de-la-onu-megaciudades-mortalidad-y-migraciones/>
- [3] Barrera Hernández Cristóbal Alejandro et al. (2016). Diseño de un vehículo eléctrico alternativo (Licenciatura). UNAM, México.
- [4] Greenpeace. Megaciudades: instigadoras del agotamiento de la naturaleza, la contaminación y la desigualdad social: Greenpeace. Consultado en junio 16 de 2017, Online, disponible en:
<http://www.greenpeace.org/mexico/es/Prensa1/2015/Septiembre/Megaciudades-instigadoras-del-agotamiento-de-la-naturaleza-la-contaminacion-y-la-desigualdad-social-Greenpeace/>
- [5] Heriberta Castaños-Lomnitz. Las megaciudades y la transición urbana. [Archivo PDF]. UNAM. Consultado en junio 16 de 2017, Online. Recuperado de:
revistas.unam.mx/index.php/rmcpys/article/download/42501/38612
- [6] SEMOVI. Consultado en febrero 17 de 2017, Online, disponible en:
<http://www.semovi.cdmx.gob.mx/secretaria/acerca-de>
- [7] SCIELO. Consultado en febrero 27 de 2017, Online, disponible en:
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71611998007200002
- [8] DIARIO TI. Cinco desafíos de movilidad en las megaciudades. Consultado en febrero 27 de 2017, Online, disponible en:
<https://diarioti.com/cinco-desafios-de-movilidad-en-las-megaciudades/91239>
- [9] EL UNIVERSAL. Sólo 5 delegaciones tienen planes de movilidad. Consultado en marzo 1 de 2017, Online, disponible en:
<http://www.eluniversal.com.mx/articulo/metropoli/df/2015/06/22/solo-5-delegaciones-tienen-planes-de-movilidad>
- [10] TOMTOM. Consultado en marzo 1 de 2017, Online, disponible en:
<http://corporate.tomtom.com/releasedetail.cfm?releaseid=1012517>

- [11] INRIX. Consultado en marzo 6 de 2017, Online, disponible en: <http://inrix.com/scorecard-city/?city=Mexico%20City&index=14>
- [12] INRIX. Consultado en marzo 6 de 2017, Online, disponible en: <http://inrix.com/press-releases/los-angeles-tops-inrix-global-congestion-ranking/>
- [13] EL UNIVERSAL. Solución a los problemas de movilidad en la CDMX. Consultado en marzo 1 de 2017, Online, disponible en: <http://www.eluniversal.com.mx/articulo/ciencia-y-salud/ciencia/2017/02/15/soluciones-los-problemas-de-movilidad-en-la-cdmx>
- [14] CRÓNICA MEXICANA. Consultado en marzo 1 de 2017, Online, disponible en: <http://cronicamexicana.com/2016/11/15/movilidad-en-la-cdmx-para-2017/>
- [15] TOMTOM. Consultado en marzo 1 de 2017, Online, disponible en: https://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/about
- [16] FORBES. Seis beneficios de la nueva Ley de Movilidad del DF. Fernando Páez. Consultado en marzo 1 de 2017, Online, disponible en: <http://www.forbes.com.mx/seis-beneficios-de-la-nueva-ley-de-movilidad-del-df/#gs.5xleS9c>
- [17] ANIMAL POLÍTICO. La Ley de Movilidad en la CDMX lleva dos años sin aplicarse por la falta de un reglamento. Consultado en marzo 1 de 2017, Online, disponible en: <http://www.animalpolitico.com/2016/07/la-ley-de-movilidad-cumple-dos-anos-sin-reqlamento-en-la-cdmx/>
- [18] Comunidad vial mx. Este es el modelo de movilidad que podría salvar a la CDMX. Consultado en junio 16 de 2017, Online, disponible en: <http://www.comunidadvialmx.org/articulos/2017-04-24-este-es-el-modelo-de-movilidad-que-podria-salvar-a-la-cdmx>
- [19] Diario Oficial de la Federación. REGLAMENTO de Construcciones para el Distrito Federal. Consultado en junio 16 de 2017, Online, disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4766429&fecha=02/08/1993
- [20] Patricia Macías Merino (2015). “Movilidad alternativa en la Ciudad de México: El caso de los grupos ciclistas del Distrito Federal”. [Archivo PDF]. UAM. Consultado en junio 16 de 2017, Online. Recuperado de:

http://dcsh.izt.uam.mx/licenciaturas/geografia_humana/wp-content/uploads/2015/12/Tesina-Patricia-Merino-2015.pdf

- [21] HYUNDAI NEWS. Consultado en febrero 17 de 2017, Online, disponible en:
<http://www.hyundai-news.com/us/es/media/pressreleases/47080/hyundai-motors-ioniq-scooter-concept-provides-first-and-last-mile-mobility>
- [22] EL UNIVERSAL. Ecobici, una mala copia de programa de Barcelona. Julián Méndez. Consultado en marzo 2 de 2017, Online, disponible en:
<http://www.eluniversal.com.mx/articulo/metropoli/df/2015/12/31/ecobici-una-mala-copia-de-programa-de-barcelona>
- [23] ECOBICI. Consultado en marzo 2 de 2017, Online, disponible en:
<https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/que-es-ecobici>
- [24] EL UNIVERSAL. Tras gasolinazo, aumentan 18% usuarios de Ecobici. Eduardo Hernández. Consultado en marzo 2 de 2017, Online, disponible en:
<http://www.eluniversal.com.mx/articulo/metropoli/cdmx/2017/02/22/tras-gasolinazo-aumentan-18-usuarios-de-ecobici>
- [25] Ford. Step on it! Smart Device That Goes Where Cars Can't is Among Employee Innovations Designed to Improve Mobility. Consultado en junio 19 de 2017, Online, disponible en:
<https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/en/news/2016/11/03/step-on-it-smart-device-that-goes-where-cars-cant-is-among-empl.html>
- [26] Wired. 'Last Mile' Solutions That Don't Look Unacceptably Stupid. Jack Stewart. Consultado en junio 19 de 2017, Online, disponible en:
<https://www.wired.com/2016/12/7-last-mile-solutions-dont-look-unacceptably-stupid/>
- [27] Movilidad Conectada. Las e-Scooters se lanzan a la conquista de la movilidad urbana. Consultado en noviembre 17 de 2017. Online, disponible en:
<https://movilidadconectada.com/2017/07/26/las-e-scooters-se-lanzan-a-la-conquista-de-la-movilidad-urbana/>
- [28] Gogoro. Introducing the world's first and only Smartscooter. Consultado en octubre 21 de 2017. Online, disponible en:
<https://www.gogoro.com/about/>

- [29] Inspiracion. ¿Qué es la contaminación? Consultado en marzo 10 de 2017, Online, disponible en:
<https://www.inspiration.org/cambio-climatico/contaminacion>
- [30] Halosolar. Industria, basura y gas generan 85% de contaminación del aire en la CDMX. Consultado en marzo 3 de 2017, Online, disponible en:
<http://halosolar.mx/industria-basura-y-gas-generan-85-de-contaminacion-del-aire-en-la-cdmx/>
- [31] ADN Sureste. Industria, basura y gas generan 85% de contaminación del aire en la CDMX. Jorge Castañeda. Consultado en marzo 10 de 2017, Online, disponible en:
<http://adnsureste.info/industria-basura-y-gas-generan-85-de-contaminacion-del-aire-en-la-cdmx-jorge-castaneda/>
- [32] Dirección de monitoreo atmosférico. ¿Quién contamina el aire de la ZMVM?, Consultado en marzo 3 de 2017. Online, disponible en:
<http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27ZKBhtml=%27>
- [33] Cnet. Electrify your commute. Sean Hollister. Consultado en junio 19 de 2017, Online, disponible en:
<https://www.cnet.com/news/electric-scooters-are-amazing-last-mile-transportation/>
- [34] El universal (agosto, 2015). Conceptos básicos del reglamento de tránsito del DF. Consultado en octubre 21 de 2017, Online, disponible en:
<http://www.eluniversal.com.mx/articulo/metropoli/df/2015/08/17/conceptos-basicos-del-reglamento-de-transito-del-df#imagen-1>
- [35] Sabelotodo. Sistema de Dirección del Automóvil. Consultado en noviembre 15 de 2017, Online, disponible en:
<http://www.sabelotodo.org/automovil/sisdireccion.html>
- [36] Zona Gravedad. Dirección. Consultado en noviembre 15 de 2017, Online, disponible en:
<http://www.zonagravedad.com/modules.php?name=News&file=print&sid=753>
- [37] UCLM. Materiales Cerámicos. Consultado en noviembre 18 de 2017, Online, disponible en:
www.uclm.es/.../alumnosmateriales0506/MATERIALES%20CERÁMICO S.doc

- [38] Tecnología-Materiales. Metales y Aleaciones. Consultado en noviembre 18 de 2017, Online, disponible en:
<https://tecnologia-materiales.wikispaces.com/Metales+y+aleaciones>
- [39] Alacermas. Chapa 6061 Aluminio. Consultado en noviembre 18 de 2017, Online, disponible en:
[http://www.alacermas.com/img/galeria/files/aluminio/chapa_6061_aluminio\(1\).pdf](http://www.alacermas.com/img/galeria/files/aluminio/chapa_6061_aluminio(1).pdf)
- [40] MERCADO LIBRE. Kit Bicicleta Eléctrica 500w 36v Y Batería De Litio 36 V 12a. Consultado en diciembre 27 de 2017, Online, disponible en:
<https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-603779644-kit-bicicleta-electrica-500w-36v-y-bateria-de-litio-36-v-12a- JM>
- [41] MERCADO LIBRE. Kit de motor eléctrico y control 500W 24, Consultado en noviembre 04 de 2017, Online, disponible en:
<https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-618870978-my1020-500w-24v-electrico-cepillado-y-control-382196365175- JM>
- [42] Wordpress. Pilas y Baterías. Consultado en noviembre 19 de 2017, Online, disponible en:
<https://pilasybaterias.wordpress.com/>
- [43] Cecilia Flores (2001). *Ergonomía para el diseño*. 1ª Ed. Mexico.
- [44] Comunidad de Madrid, *Estadística Básica*. [Archivo PDF]. Consultado en diciembre 21 de 2017. Online, disponible en:
http://www.madrid.org/cs/StaticFiles/Emprendedores/Analisis_Riesgos/pages/pdf/estadisticas_es.pdf
- [45] Mario Arturo Vilchis Rodríguez. “Cuartiles, deciles y percentiles”. [Archivo PDF]. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Consultado en diciembre 21 de 2017. Online, disponible en:
http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Lic_virt/Mercadotecnia/DMKT010/Unidad%203/3.5_cuartiles.pdf
- [46] Ávila Chaurand, R., Prado León, L. and González Muñoz, E. (2007). *Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana*. 2nd ed. Guadalajara, Jalisco.
- [47] BBC Mundo. ¿Realmente estar de pie es bueno para la salud? Consultado en agosto 7 de 2017, Online, disponible en:
http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/11/141030_mitos_medicos_realmente_sentarse_finde_dv

- [48] Directo al Paladar. Expertos en salud nos dicen cuanto tiempo debemos permanecer sentados. Consultado en agosto 7 de 2017, Online, disponible en:
<https://www.directoalpaladar.com.mx/salud-y-nutricion/expertos-en-salud-nos-dicen-cuanto-tiempo-debemos-de-permanecer-sentados>
- [49] Mejor con Salud. Los peligros de estar sentado mucho tiempo. Consultado en agosto 7 de 2017, Online, disponible en:
<https://mejorconsalud.com/los-peligros-estar-sentado-mucho-tiempo/>
- [50] Emol. Las enfermedades que se derivan de estar sentado 8 horas diarias. Consultado en agosto 7 de 2017, Online, disponible en:
<http://www.emol.com/noticias/Tendencias/2014/02/10/739938/Conoce-las-enfermedades-que-se-derivan-de-estar-sentado-8-horas-diarias.html>
- [51] MERCADO LIBRE. Dos llantas de silla de ruedas 8 Pulg. Consultado en noviembre 25 de 2017, Online, disponible en:
<https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-563092981-2-llantas-de-sillade-ruedas-8-pulg- JM>
- [52] MERCADO LIBRE. Kit Para Bicicleta Eléctrica 26 Pulgadas 36v 500w. Consultado en octubre 29 de 2017, Online, disponible en:
<https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-586806275-kit-para-bicicletaelectric-26-pulgadas-36v-500w- JM>
- [53] MERCADO LIBRE. Kit Luces Bicicleta Delantera + Trasera Usb Recargables. Consultado en enero 7 de 2018, Online, disponible en:
<https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-556784186-kit-luces-bicicletadelantera-trasera-usb-recargables- JM>
- [54] MERCADO LIBRE. Batería Litio Para Bicicleta Eléctrica 36v 10ah + Cargador Consultado en diciembre 27 de 2017, Online, disponible en:
<https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-603231638-bateria-litio-parabicicleta-electrica-36v-10ah-cargador- JM#redirectedFromParent>
- [55] MERCADO LIBRE. Puños Grips Bicicleta Mtb, Bmx. Consultado en octubre 14 de 2017, Online, disponible en:
<http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-555707820-punos-gripsbicicleta-mtb-bmx- JM>
- [56] METALES DÍAZ. Productos. Consultado en marzo 14 de 2018, Online, disponible en:
<http://www.metalesdiaz.com/Productos>
- [57] TOLEDO. Tornillería en General. Consultado en marzo 8 de 2018, Online, disponible en:
<http://www.toledo.com.mx/Listas/Tornilleria.pdf>

- [58] TOLEDO. Tornillería Inoxidable. Consultado en marzo 8 de 2018, Online, disponible en:
<http://www.toledo.com.mx/Listas/Inoxidable.pdf>
- [59] MERCADO LIBRE. Barra de Acero Inoxidable. Consultado en marzo 15 de 2018, Online, disponible en:
https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-549626494-barra-de-acero-inoxde-38-12-58a-2-12--_JM?source=gps
- [60] MERCADO LIBRE. Frenos Completos V-brake Para Bicicleta. Consultado en mayo 28 de 2018, Online, disponible en:
https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-588587130-frenos-completos-v-brake-para-bicicleta-_JM

ANEXOS

A1. ERGONOMÍA

Actualmente, la ergonomía no cuenta con una única definición, sin embargo, una de las definiciones que consideramos más relevantes y representativas para el proyecto es la que la define como el estudio científico de las relaciones entre el hombre y su medio ambiente laboral. Básicamente, lo que se busca con la ergonomía es ajustar el ambiente al hombre, esto quiere decir que el diseño de los objetos influirá directamente en las personas y, por lo tanto, se buscará la forma de que estos objetos cambien de acuerdo a las capacidades, limitaciones y necesidades de la población [43].

Dicho esto, quedará claro para el lector la importancia de considerar aspectos ergonómicos en el desarrollo del proyecto del LMV. De forma general, para el diseño de un producto se debe tener en mente los distintos factores ergonómicos:

- Factor Anatomofisiológico.
- Factor Psicológico.
- Factor Sociocultural.
- Factor Ambiental.
- Factores Objetuales.
- Factor Antropométrico.

A1.1 Factor Anatomofisiológico.

La razón principal de este factor será buscar el trabajo en conjunto de las disciplinas que su nombre conforman: la anatomía, que servirá para estudiar la estructura del cuerpo humano y, por otro lado, la fisiología que dará sus funciones. El factor anatomofisiológico tendrá, por lo tanto, la finalidad de buscar que el diseño beneficie al usuario en su entorno sin poner en riesgo su integridad física. [43]

Al considerar este factor parte de la anatomía del cuerpo humano, deberá tomar en cuenta a lo siguiente:

- Sistema cardiovascular.
- Sistema respiratorio.
- Sistema nervioso.
- Aparato locomotor.
- Movimiento corporal.
- Posturas y movimientos.
- Fatiga.
- Biomecánica.
- Funciones metabólicas.
- Ergometría. - Encargada de medir el trabajo y esfuerzo muscular.

- Poblaciones especiales. - Niños, mujeres embarazadas, adultos mayores, personas discapacitadas, etc.

A1.2 Factor Psicológico.

La importancia de este factor radica en el hecho de que el ser humano por lo general está en contacto con el producto, éste le producirá y emitirá estímulos al usuario y, por lo tanto, las funciones mentales y su conducta serán de gran importancia para el diseño. Para el cumplimiento del factor psicológico en el diseño, se deberá tomar en cuenta que este se dividirá a su vez en:

- Psicología industrial. - Toma en cuenta las capacidades especiales del usuario.
- Psicología ambiental. - Percepción del entorno mediante estímulos luminosos, acústicos, térmicos, etc.

A1.3 Factor Sociocultural.

El factor sociocultural resulta de gran importancia para el diseño al ser éste el encargado de definir hacia qué grupo social va dirigido el producto, puesto que, dependiendo de esto, el diseño tomará una forma u otra a partir de una misma necesidad.

A1.4 Factor Ambiental.

Debido a que la interacción entre el usuario y el producto se debe dar forzosamente en un ambiente natural o artificial, el llevar a cabo una tarea puede verse afectado de manera directa con condiciones externas, lo que hará de este factor muy relevante a la hora del diseño.

Los factores ambientales pueden a su vez clasificarse en físicos, químicos y biológicos, tales como los siguientes:

- | | | |
|------------|----------------|--------------------|
| - Ruido. | - Vibración. | - Iluminación. |
| - Humedad. | - Ventilación. | - Temperatura. |
| - Presión. | - Humo. | - Polvo. |
| - Neblina. | - Rocío. | - Vapor, gas, etc. |

A1.5 Factores Objetuales.

Los factores objetuales se refieren a la transformación del concepto en el modelo a construir, es decir, estos factores serán el resultado de toda la etapa de investigación hasta llegar a los requerimientos ergonómicos; por lo general se caracterizan por ser cualitativos y cuantitativos. Entre ellos podemos encontrar:

- | | | |
|-------------|------------|--------------|
| - Acabados. | - Textura. | - Dimensión. |
| - Volumen. | - Forma. | - Color. |
| - Material. | - Peso. | - Controles. |

Estos factores al estar directamente relacionados con cada uno de los demás factores ergonómicos, influirán, por lo tanto, en el diseño de nuestro producto.
Fig. A1.1

<i>Factores objetuales</i>	<i>Factor anatomo- fisiológico</i>	<i>Factor antropomé- trico</i>	<i>Factor psicológico</i>	<i>Factor socio- cultural</i>	<i>Factores ambientales</i>
Dimensión					
Volumen					
Peso					
Forma					
Controles					
Indicadores					
Material					
Acabados					
Textura					
Color					
Símbolos y signos					
Tecnología					

Fig. A1.1 Factores objetuales. (Flores, 2001)

A1.6 Factor Antropométrico.

Una parte importante para el diseño de cualquier producto es la referente a la antropometría, cuando hablamos de antropometría nos estamos refiriendo única y directamente al estudio de las dimensiones del cuerpo humano y a pesar de que la relación entre este factor y la ergonomía es muy estrecha, se trata de dos cuestiones diferentes pues la primera será la encargada de recabar la información sobre las dimensiones que tendrán los objetos que se diseñan, y asegurará de esta forma el objetivo de la segunda, que es esencialmente buscar que el producto se adapte al usuario. Por lo tanto, el uso de datos confiables sobre las medidas del cuerpo humano será de gran importancia para el proceso de diseño.

Las dimensiones del cuerpo humano tomadas por la antropometría son básicamente de dos tipos:

- Dimensiones estructurales o estáticas.
- Dimensiones funcionales o dinámicas.

Para comprender más la antropometría y su representación numérica, se debe tener en mente el concepto de los denominados percentiles, que son una medida estadística que básicamente indica el porcentaje de una muestra que se sitúa por debajo o encima de un valor. De esta forma, el percentil treinta, por ejemplo, es el valor debajo del cual se encuentra el 30% de las observaciones, mientras que el 70% restante está por encima de ese valor. [44] [45]

Ahora bien, si relacionamos este concepto con los datos recabados en estudios antropométricos veremos la razón por la que están representados mediante percentiles y de su importancia a la hora del diseño. Esto querrá decir entonces que para asegurar que la mayor parte de la población pueda manejar nuestro producto, procuraremos diseñar para los percentiles de los extremos, P95 o P5.

A continuación, se mostrarán algunas medidas que fueron tomadas en un estudio realizado a un grupo de 974 personas en la zona metropolitana de la ciudad de México, con una edad y peso promedio de 34.5 años y 73.709 kg; los resultados de este estudio se tomaron como referencia para dimensionar el LMV.

Para encontrar una referencia a la altura que tendrá el LMV, y tomando en cuenta que el usuario conducirá de pie, se recurrió a tomar la dimensión #6 y #21 (Fig. A1.2) de la tabla A1.1.

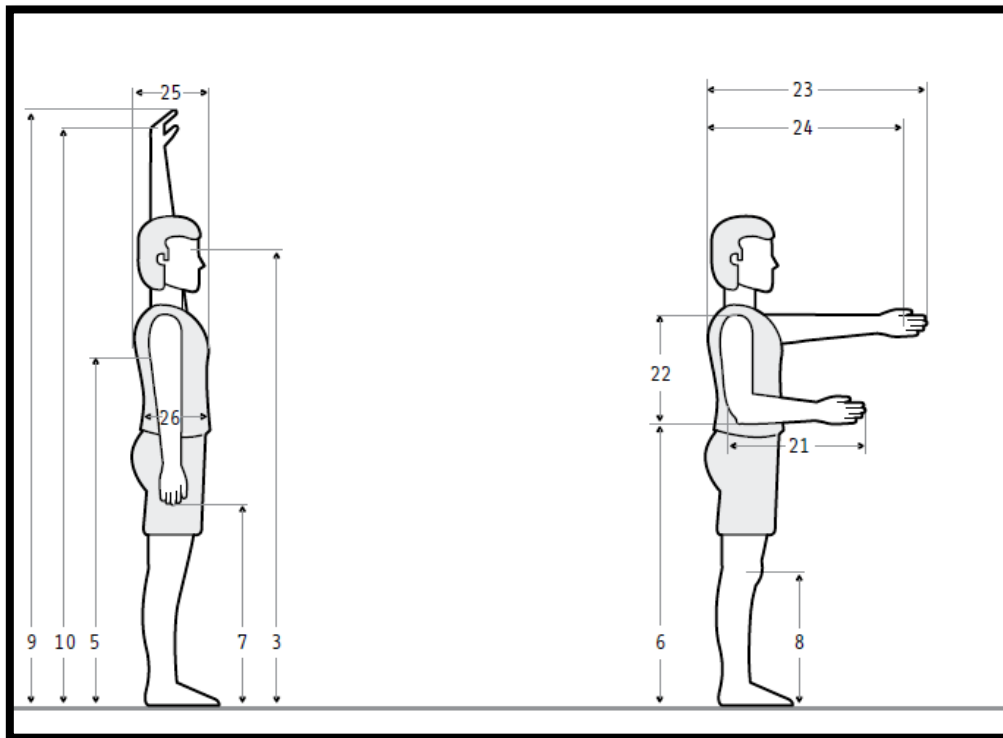


Fig. A1.2. En posición de pie-Perfil. (Ávila C., Prado L. y González M., 2007)

Dimensiones		18-68 años (n=974)				
		\bar{x}	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
3	Altura de ojos	1547.50	58.73	1455.19	1546.72	1652.13
5	Altura de axila	1237.53	56.33	1149.75	1235.86	1333.59
6	Altura de codo	1031.19	49.51	960.08	1027.21	1107.32
7	Altura de nudillo	724.62	39.67	663.90	723.73	792.75
8	Altura de rodillas	480.53	29.46	433.63	480.72	528.13
9	Alcance vertical máximo	2097.54	83.75	1964.88	2094.56	2244.13
10	Alcance funcional	2027.54	81.09	1895.44	2027.59	2173.75
21	Distancia codo - dedo medio	454.54	23.30	420.05	454.96	491.25
22	Distancia hombro - codo	357.36	22.61	325.94	356.15	392.68
23	Alcance máximo frontal	857.37	50.51	775.25	858.20	938.13
24	Alcance funcional frontal	788.83	47.75	713.38	788.78	865.13
25	Profundidad de tórax	251.11	26.36	200.20	249.72	299.55
26	Profundida abdominal	246.07	37.06	184.96	241.44	305.13

Tabla. A1.1. Dimensiones de posición de pie-Perfil. (Ávila C., Prado L. y González M., 2007)

Con respecto a la separación de pies que tendrá el vehículo, se tomó la dimensión # 11 de la Fig. A1.3 según la tabla A1.2, puesto que esta distancia entre codos será la misma para cuando una persona se encuentre en posición de “descanso”. Por otro lado, al ser esta abertura de piernas una posición natural del cuerpo, hará del LMV un vehículo más cómodo.

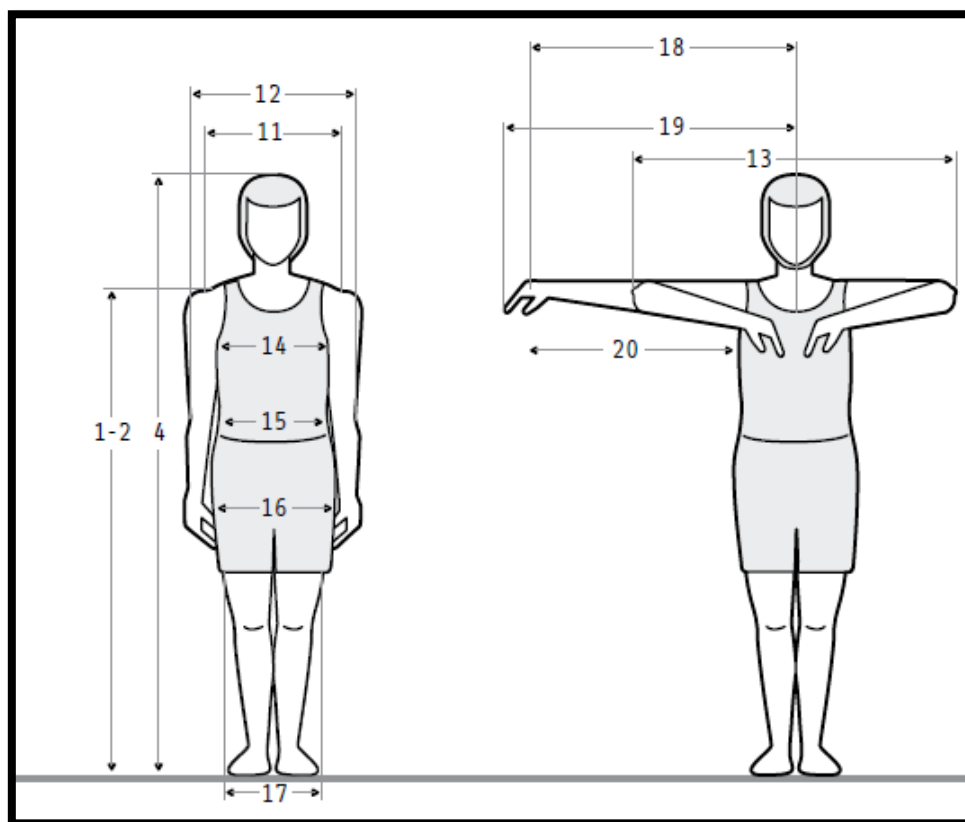


Fig. A1.3. En posición de pie-Frente. (Ávila C., Prado L. y González M., 2007)

Dimensiones		18-68 años (n=974)				
		\bar{x}	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
1	Estatura con zapatos	1676.80	56.65	1588.44	1675.80	1779.59
2	Estatura sin zapatos	1647.58	56.44	1560.09	1646.23	1747.75
4	Altura del hombro	1372.69	56.34	1288.44	1369.85	1469.75
11	Ancho bideltoideo	471.59	30.59	424.18	470.09	525.65
12	Ancho codo - codo	504.73	42.44	437.44	502.54	574.13
13	Ancho máximo codo - codo	875.67	53.56	801.20	877.22	950.80
14	Ancho de tórax	324.55	28.72	281.77	322.50	373.97
15	Ancho de cintura	311.07	30.90	265.69	310.00	360.13
16	Ancho de cadera	330.61	20.76	300.47	329.98	363.35
17	Ancho de rodillas	222.88	21.31	194.70	220.64	257.57
18	Alcance máximo lateral	867.84	38.38	807.38	867.54	933.57
19	Alcance funcional lateral	1025.62	46.69	954.68	1025.14	1099.60
20	Alcance func. lat. sin cuerpo	627.42	38.58	564.38	626.33	691.75

Tabla. A1.2. Dimensiones de posición de pie-Frente. (Ávila C., Prado L. y González M., 2007)

Finalmente, para dimensionar tanto al manubrio del vehículo como el descanso para los pies, se utilizó la dimensión #51, #52, #58 y #59 de la Fig. A1.4

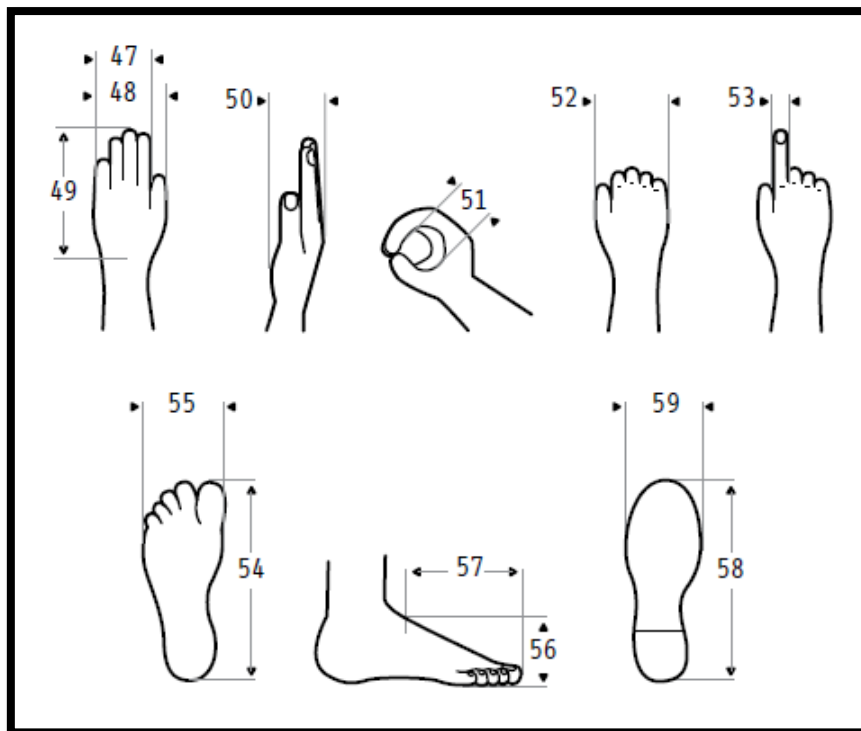


Fig. A1.4. Pie y mano. (Ávila C., Prado L. y González M., 2007)

		18-68 años (n=974)				
Dimensiones				Percentiles		
		\bar{x}	D.E.	5	50	95
47	Ancho de mano sin pulgar	82.70	5.64	73.57	82.55	92.21
48	Ancho de mano con pulgar	97.40	6.67	86.76	97.62	108.32
49	Largo de mano	180.82	9.93	164.35	181.41	195.98
50	Altura de mano	46.32	6.55	35.48	46.02	56.81
51	Diámetro de empuñadura	35.75	4.31	28.74	35.67	43.28
52	Diámetro máximo de mano	91.59	9.66	78.33	89.79	107.92
53	Diámetro del dedo índice	21.29	1.26	19.32	21.25	23.45
54	Largo del pie sin zapato	248.68	12.14	230.30	249.51	267.55
55	Ancho del pie sin zapato	92.64	4.70	84.82	92.67	100.07
56	Altura funcional del pie	85.17	8.01	70.34	85.12	98.90
57	Largo funcional del pie	156.93	11.49	138.38	157.06	174.04
58	Largo del pie con zapato	272.45	12.61	252.18	271.06	294.53
59	Ancho del pie con zapato	97.64	6.13	89.62	97.03	110.00

Tabla. A1.3. Dimensiones pie y mano. (Ávila C., Prado L. y González M., 2007)

A1.7 Beneficios de permanecer parado.

Si bien es cierto que encontrarse sentado es una posición más atractiva para la mayor parte de la población, recientes notas han alertado que estar sentado por largos periodos de tiempo es un peligro para la salud llegando inclusive a ser considerado como un equivalente a fumar. Estar sentado puede ocasionar desde altos niveles de azúcar en la sangre al reducirse el metabolismo en un 90% después de permanecer sentado por 30 minutos, hasta padecimientos tan graves como el cáncer [47] [48].

Contrario a lo que se puede pensar, estar parado tiene grandes beneficios a la salud al ser incluso tomado en cuenta como un ejercicio que se puede hacer en cualquier momento del día, debido a que al estar de pie el ritmo cardiaco es más alto al presentar 10 latidos más por minuto, lo que se traduciría en una quema calórica considerable si se extrapola a grandes periodos de tiempo [47]. Entre otros beneficios presentados al estar de pie nos encontramos con el hecho de que la productividad laboral aumenta hasta en un 11% y en estudiantes ha mejorado el rendimiento entre un 10% y 15% [48].

El permanecer sentado es un problema grave si se considera que los trabajadores laboran un promedio de 8 horas diarias y por lo general, se encuentran sentados en una misma posición a lo largo de la jornada, esto sin tomar en cuenta que el trabajador llegará a su casa para volver a estar sentado gran parte de su tiempo libre. Como consecuencia de lo anterior se obtienen problemas con la postura, pérdida de masa muscular, sobrepeso etc. [49] [50].

Debido a que una persona por lo general pasa gran parte de su viaje sentado ya sea rumbo al trabajo u hogar y tomando en cuenta lo descrito anteriormente, se tomó la decisión de que el usuario viajaría de pie dados los beneficios que se obtienen de esta posición.

A1.8 Dimensiones antropométricas aplicadas al diseño del LMV.

Las dimensiones tomadas de las anteriores tablas (A1.1-A1.3) serán las correspondientes al percentil 95 para que, de esta forma, se asegure que la mayor parte de la población pueda utilizar el LMV. Las dimensiones se muestran a continuación en la tabla A1.4.

Dimensión	Medida [mm]
#6 [Altura de codo]	1107.32
#21 [Dist. codo – dedo medio]	491.25
#11 [Ancho bideltoideo]	525.65
#51 [Diámetro de empuñadura]	43.28
#52 [Diámetro máximo de mano]	107.92
#58 [Largo del pie con zapato]	294.53
#59 [Ancho del pie con zapato]	110.00

Tabla. A1.4. Dimensiones @ P95.

Las medidas de la tabla A1.4 se tomaron como referencia a la hora de dimensionar el vehículo y son mostradas gráficamente en la Figura A1.5

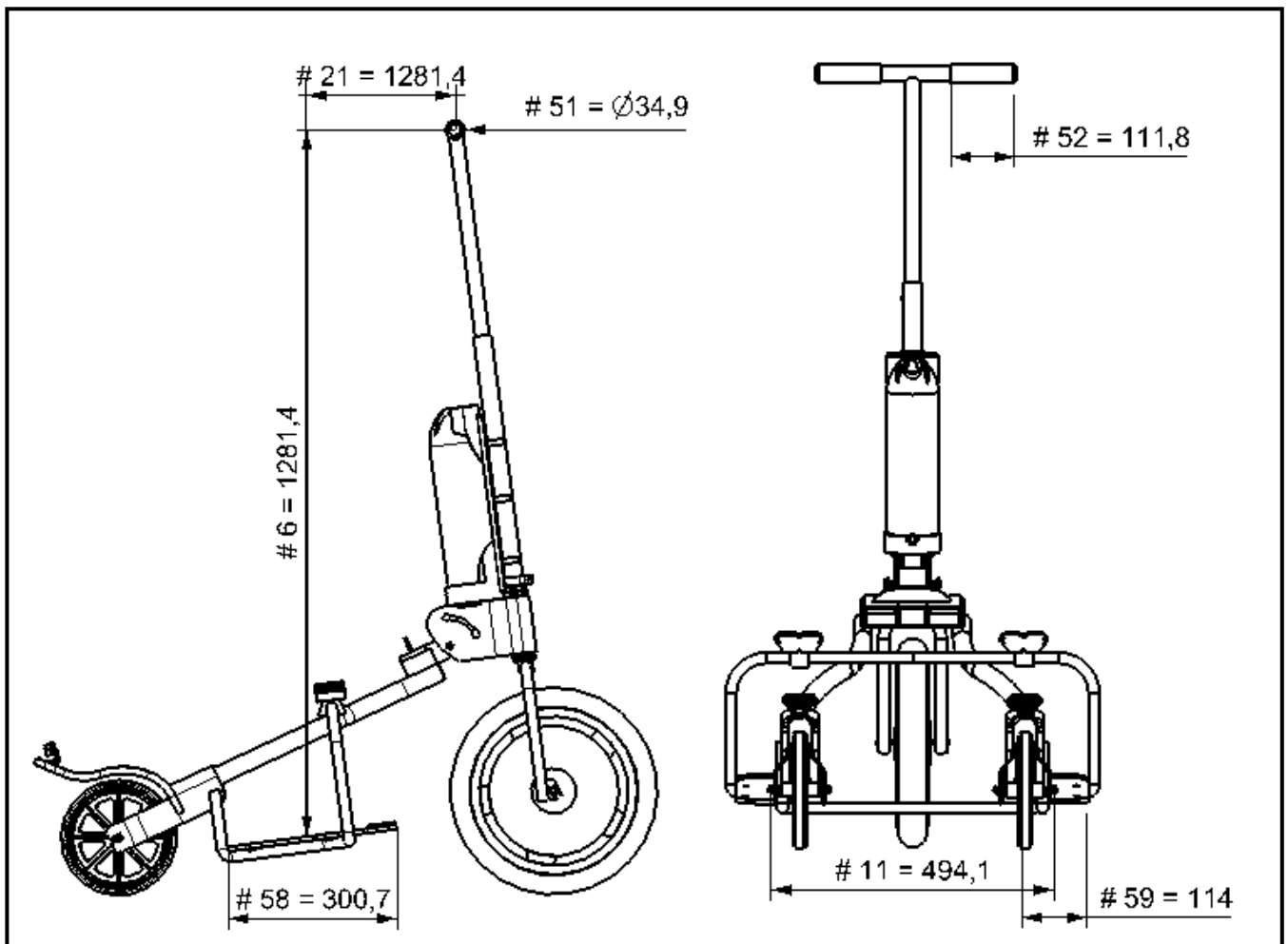


Fig. A1.5. Dimensiones Antropométricas en LMV.

A2. FICHAS TÉCNICAS

MOTO-CHIMP

DESCRIPCIÓN

De cuerpo de aluminio 6061, una batería de Ion de Litio y un motor de 350[W] a 48 [V]; Vanda electric en colaboración con Cyinh presentan el Motochimp, una opción de movilidad basada en un boceto de una niña diez años. Su marco estructural tiene una doble función pues, da soporte para cargar al usuario y a su vez funciona como lugar de almacenamiento para la batería recargable.

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 38[km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; -[kg]

VOLUMEN PLEGADO; -

VOLUMEN DESPLEGADO; 1076mm x 614mm x 1063mm

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 9.5

ESTABILIDAD; 8

FACILIDAD DE CONDUCIR; 10

PLEGABLE; NO

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA; ELÉCTRICA

AUTONOMÍA; 60[km]

CARGA MÁXIMA; -

NO. RUEDAS; 2

USUARIOS

RANGO DE EDADES; 16-60

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Intermedia

PRECIO; USD \$2000

[A1] Motochimp. Consultado en febrero 8 de 2017, Online, disponible en; <http://motochimp.com/features/>



WALKCAR

DESCRIPCIÓN

Cocoa Motors, coloca una alternativa más de desplazamiento para las grandes ciudades, su control de dirección se basa en la dirección de distribución del peso y cuenta con la ventaja de apagarse en caso de no sentir un pasajero sobre su plataforma, lo cual lo convierte en vehículo muy seguro a la hora de evitar accidentes.

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 16[km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; 2.8[kg]

VOLUMEN PLEGADO; -

VOLUMEN DESPLEGADO;33[mm]

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 9

ESTABILIDAD; 9

FACILIDAD DE CONDUCIR; 10

PLEGABLE; NO



DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA; ELÉCTRICA

AUTONOMÍA; 60[km]

CARGA MÁXIMA; -

NO. RUEDAS; 4

USUARIOS

RANGO DE EDADES; 16-60

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Fácil

PRECIO; USD \$1280

[A2] Walkcar. Consultado en febrero 8 de 2017, Online, disponible en; <http://www.cocoamotors.com>

MINIPRO

DESCRIPCIÓN:

El miniPRO es un scooter eléctrico de dos ruedas con manos libres, con características más seguras, velocidades más altas y mayor duración de la batería. El miniPRO está construido para atravesar fácilmente una variedad de terrenos interiores y exteriores. (Respecto al Vehículo Segway®)

ESPECIFICACIONES:

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA: 16[km/h]

PESO: 12.7 [kg]

VOLUMEN PLEGADO: -- [mm³]

VOLUMEN DESPLEGADO: 261.6 x 546.1 x (508-864) [mm]

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA: Eléctrica

AUTONOMÍA: 22.5 [km]

CARGA MÁXIMA: 100 [kg]

NO. RUEDAS: 2

SECUNDARIAS

SEGURIDAD: 4/5

ESTABILIDAD: 4/5

FACILIDAD DE CONDUCIR: 4/5

PLEGABLE: No

USUARIO

RANGO DE EDADES: 16 – 60 años

NO. PASAJEROS: 1

TRANSPORTABILIDAD: Media

PRECIO: USD \$ 599

Referencia:

[A3] Segway miniPRO. Consultado en febrero 8 de 2017. Online, disponible en: <http://www.segwayminipro.com/specs/>



MOVEO

DESCRIPCIÓN

MOVEO es el primer scooter eléctrico plegable lo suficientemente liviano que ofrece soluciones prácticas para ser transportado o almacenado en estado plegado.

Debido a sus parámetros, puede utilizarse en carriles de autobuses o ciclistas y puede entrar en zonas restringidas. El accionamiento eléctrico libre de mantenimiento no tiene pérdidas en el tren motriz por lo que garantiza un bajo consumo de energía y una operación económica.

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA: 45 [km/h];

PESO: 45 [kg]

VOLUMEN PLEGADO: 830 x 550 x 1060 [mm]

VOLUMEN DESPLEGADO: 1550 x 850 x 1060 [mm]

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA: Eléctrica

AUTONOMÍA: 50 [km]

CARGA MÁXIMA: -- [kg]

NO. RUEDAS: 2

SECUNDARIAS

SEGURIDAD: 4/5

ESTABILIDAD: 4/5

FACILIDAD DE CONDUCIR: 4/5

PLEGABLE: Si

USUARIO

RANGO DE EDADES: --

NO. PASAJEROS: 1

TRANSPORTABILIDAD: Intermedia

PRECIO: USD \$ --



Referencia:

[A4] Moveo 2016.
Consultado en febrero 8 de
2017. Online, disponible en:
[http://moveoscooter.com/en/
technical-data.html](http://moveoscooter.com/en/technical-data.html)

AIRWHEEL E6

DESCRIPCIÓN

Airwheel E6 es la propuesta de la empresa Airwheel que tiene como objetivo dar una alternativa más de movilidad para los usuarios de las grandes ciudades. Está integrado con tecnología de última generación que los lleva a decir "Ride Differently".

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA: 20 [km/h];

PESO: 14 [kg]

VOLUMEN PLEGADO: 95 X 46.5 X 16 cm

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA: Eléctrica

AUTONOMÍA: 25-30 [km]

CARGA MÁXIMA: 100 [kg]

NO. RUEDAS: 2

SECUNDARIAS

SEGURIDAD: 4/5

ESTABILIDAD: 4/5

FACILIDAD DE CONDUCIR: 4/5

PLEGABLE: Si

USUARIO

RANGO DE EDADES: --

NO. PASAJEROS: 1

TRANSPORTABILIDAD: Intermedia

PRECIO: USD \$839.99

Referencia:

[A5] Airwheel E6. Consultado en mayo 7 de 2017. Online, disponible en: <http://www.airwheel.net/home/product/e6>

[A6] Duiyamove. Consultado en mayo 7 de 2017. Online, disponible en: <https://www.duiyamove.com/products/aa-yuanming-airwheel-e6-electric-folding-scooter-300w-panasonic-247-9wh-8-wheels-folding>



TriCiti

DESCRIPCIÓN

Está diseñado por la marca de autos Ford para ser un dispositivo montable y un transporte cargador para todo uso. Es una máquina que puede ser adaptada para cargar artículos de compras e incluso bolsas de golf, además puede ser fácilmente plegado para llevar en el transporte público o privado.

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA: 19.2 [km/h];

PESO: 14 [kg]

VOLUMEN PLEGADO: --

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA: Eléctrica

AUTONOMÍA: 30.4 [km]

NO. RUEDAS: 3

SECUNDARIAS

SEGURIDAD: 4/5

ESTABILIDAD: 4/5

FACILIDAD DE CONDUCIR: 4/5

PLEGABLE: Si

USUARIO

RANGO DE EDADES: --

NO. PASAJEROS: 1

TRANSPORTABILIDAD: Intermedia



Referencia:

[A7] Step on It! Smart Device That Goes Where Cars Can't Is Among Employee Innovations Designed to Improve Mobility. Consultado en junio 8 de 2017. Online, disponible en: <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2016/11/03/step-on-it-smart-device-goes-where-cars-cant.pdf>

STIGO

DESCRIPCIÓN

Es la respuesta expresada por los viajeros urbanos con la necesidad de un transporte eléctrico que pudiera ser doblado y guardado en un apartamento con la posibilidad de arrastrarse a muchos sitios.

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA: 25[km/h];

PESO: 14.1 [kg]

VOLUMEN PLEGADO: 48x40cm

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA: Eléctrica

AUTONOMÍA: 30 [km]

CARGA MÁXIMA: --

NO. RUEDAS: 2

SECUNDARIAS

SEGURIDAD: 5/5

ESTABILIDAD: 4/5

FACILIDAD DE CONDUCIR: 4/5

PLEGABLE: Si

USUARIO

RANGO DE EDADES: --

NO. PASAJEROS: 1

TRANSPORTABILIDAD: Intermedia

PRECIO: 2300 Euros

Referencia:

[A8] Stigo. Consultado en junio 8 de 2017. Online, disponible en: <http://stigobike.com>



3RSELECTRIC

DESCRIPCIÓN

3 ruedas scooter eléctrico plegable bicicleta mini plegable

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 20[km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; 11[kg]

VOLUMEN PLEGADO; 340mm x 420mm x 880mm

VOLUMEN DESPLEGADO; 850mmx420mmx860mm

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 9.5

ESTABILIDAD; 8

FACILIDAD DE CONDUCIR; 10

PLEGABLE; SI

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA; ELÉCTRICA

AUTONOMÍA; 25-35[km]

CARGA MÁXIMA; 120kg

NO. RUEDAS; 3

USUARIOS

RANGO DE EDADES; 16-60

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Intermedia

PRECIO; \$17699.40MXN



[A9] EBAY. Consultado en junio 8 de 2017, Online, disponible en; <http://www.ebay.com/itm/3-Wheels-Electric-Foldable-Bike-Mini-Folding-Scooter-/122514844474?var=&hash=item1c86742b3a:m:mq3dhDERESfOiR0bxFHscg>

INU

DESCRIPCIÓN

Por parte de la empresa Green Ride es la apuesta por una mejor movilidad dentro de las grandes ciudades. Su diseño físico es novedoso y la forma de plegarlo hace que las llantas que son sostenidas sin sistema de tijera puedan pasar al frente para recargarse en un tercer apoyo y con ello mantenerse de parado.

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 25[km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; 25[kg]

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 9

ESTABILIDAD; 9

FACILIDAD DE CONDUCIR; 10

PLEGABLE; SI

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA; ELÉCTRICA

AUTONOMÍA; 25-40[km]

CARGA MÁXIMA; 120kg

NO. RUEDAS; 2

USUARIOS

RANGO DE EDADES; 16-60

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Intermedia

PRECIO; \$3360 to \$5600 USD



[A10] Treehugger, finding a greener future. Consultado en junio 8 de 2017, Online, disponible en; <https://www.treehugger.com/clean-technology/last-mile-luxury-green-rides-inu-quick-and-stylish-personal-ev.html>

SWAGCYCLE E-BIKE – FOLDING ELECTRIC BICYCLE BY SWAGTRON

DESCRIPCIÓN

Pertenece a la empresa Swagtron y su intención es la de poner a disposición de los usuarios un vehículo que parezca una bicicleta, pero se conduzca como una motocicleta. Aunque en su diseño no está la posibilidad de plegarlo por completo, su cuadro tiene la función de almacenar la batería con lo que se tiene una reducción del espacio ocupado.

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 16[km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; 13.1[kg]

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 9

ESTABILIDAD; 9

FACILIDAD DE CONDUCIR; 9

PLEGABLE; NO

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA;
ELÉCTRICA

AUTONOMÍA; 16[km]

CARGA MÁXIMA; 120 kg

NO. RUEDAS; 2

USUARIOS

RANGO DE EDADES; 16-60

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Intermedia

PRECIO; USD \$399.99



[A11] Swagtron. Consultado en junio 8 de 2017, Online, disponible en;
<https://swagtron.com/product/swagcycle-e-bike-folding-electric-bicycle-by-swagtron/>

TMB EMIOCYCLE FOLDABLE ELECTRIC

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 25.6[km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; 31.71[kg]

VOLUMEN DESPLEGADO; 1219.2mm x 330.2mm x 622.3mm

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 9.5

ESTABILIDAD; 8

FACILIDAD DE CONDUCIR; 10

PLEGABLE; NO

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA; ELÉCTRICA

CARGA MÁXIMA; -

NO. RUEDAS; 2

USUARIOS

RANGO DE EDADES; 16-60

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Intermedia

PRECIO; USD \$1100



[A12] TMB Emicycle Foldable Electric White Bicycle, Amazon. Consultado en junio 8 de 2017, Online, disponible en; <https://www.amazon.com/TMB-Emicycle-Foldable-Electric-Bicycle/dp/B06VXBHNP9>

HOVERBOARD SMART SCOOTER

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 20[km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; 12[kg]

VOLUMEN DESPLEGADO; 610mm x 200mm x 200mm

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 7

ESTABILIDAD; 8

FACILIDAD DE CONDUCIR; 9

PLEGABLE; NO

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA; ELÉCTRICA

CARGA MÁXIMA; 130

NO. RUEDAS; 2

USUARIOS

RANGO DE EDADES; -

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Alta

PRECIO; USD \$164.62



[A13] Hoverboard Smart Scooter eléctrico Auto equilibrio, Dhgate. Consultado en junio 8 de 2017, Online, disponible en; <http://es.dhgate.com/product/drop-ship-scooter-smart-bluetooth-8-inch/379514772.html#s1-3-1a;disc|1608533471>

ONEBOT T8

DESCRIPCIÓN

Ofrece un manejo más seguro al contar con unos frenos traseros dobles evitando así, posibles vuelques hacia el frente; por otro lado, cuenta con un sistema de iluminación que asegura la integridad del usuario por las noches. Cuenta con las mismas baterías que los coches eléctricos Tesla.

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 25[km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; 20.6[kg]

VOLUMEN DESPLEGADO; 1320mm x 650mm x 939mm

VOLUMEN PLEGADO; 770mm x 320mm x 1200mm

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 9

ESTABILIDAD; 9

FACILIDAD DE CONDUCIR; 9

PLEGABLE; SI

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA; ELÉCTRICA

CARGA MÁXIMA; 150

NO. RUEDAS; 2

AUTONOMIA; 35–40[km]

USUARIOS

RANGO DE EDADES; -

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Intermedia

PRECIO; USD \$1700



[A14] ONEBOT E BIKE. Consultado en junio 8 de 2017, Online, disponible en; <http://www.onebotbike.com/onebot-t8/634.html>

KINGSONG

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 40[km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; 18[kg]

VOLUMEN DESPLEGADO; 680mm x 465mm x 190mm

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 9

ESTABILIDAD; 9

FACILIDAD DE CONDUCIR; 8

PLEGABLE; NO

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA; ELÉCTRICA

CARGA MÁXIMA; 150

NO. RUEDAS; 1

AUTONOMIA; 100–120[km]

USUARIOS

RANGO DE EDADES; -

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Intermedia

PRECIO; USD \$1145



[A15] KINGSONG 18 pulgadas KS-18S monociclo eléctrico. AliExpress. Consultado en junio 8 de 2017, Online, disponible en; <https://es.aliexpress.com/item/2016-latest-model-KINGSONG-18inch-KS-18A-electric-unicycle-motor-1200W-1360WH-life-130KM-one-wheel/32736452812.html>

E-SCOOTER

DESCRIPCIÓN:

El scooter EcoReco es ligero, plegable y compacto. Puedes llevarlo contigo a donde quieras: se almacena fácilmente debajo de un escritorio de la oficina, en un armario del gimnasio, debajo de una silla de la cafetería, entre los pies en un viaje en metro e inclusive en la cajuela de tu coche. Es perfecto para los últimos recorridos después de tomar el transporte público o desde el estacionamiento.

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA: 32 [km/h];

PESO: 15.4 [kg]

VOLUMEN PLEGADO: 914 x 304.8 x 152.4 [mm]

VOLUMEN DESPLEGADO: -- [mm]

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA: Eléctrica

AUTONOMÍA: 16 - 32 [km]

CARGA MÁXIMA: 113.4 [kg]

NO. RUEDAS: 2



SECUNDARIAS

SEGURIDAD: 8/10

ESTABILIDAD: 9/10

FACILIDAD DE CONDUCIR: 9/10

PLEGABLE: Si

USUARIO

RANGO DE EDADES: --

NO. PASAJEROS: 1

TRANSPORTABILIDAD: Fácil

PRECIO: USD \$ 999

Referencia:

[A16] Cnet.com. Electrify your commute. Consultado en febrero 26 de 2017.

Online, disponible en:

<https://www.cnet.com/news/electric-scooters-are-amazing-last-mile-transportation/>

[A17] Ecoreco. Consultado en febrero 26 de 2017. Online, disponible en:

<https://ecorecoscooter.com/>

URB-E

DESCRIPCIÓN:

El vehículo eléctrico plegable más compacto del mundo, clasificado como el número uno de su clase. Construido con fibra de carbono y aluminio de grado aeronáutico, es la última solución de transporte de última milla. Con un simple movimiento, puede doblarse para cerrar un viaje o desplegarse para iniciar un viaje.

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA: 29 [km/h];

PESO: 15.9 [kg]

VOLUMEN PLEGADO: 393.7 x 1003.3 x 558.8 [mm]

VOLUMEN DESPLEGADO: 673.1 x 914.4 x 558.8 [mm]

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA: Eléctrica

AUTONOMÍA: 32 [km]

CARGA MÁXIMA: 113.4 [kg]

NO. RUEDAS: 2

SECUNDARIAS

SEGURIDAD: 9/10

ESTABILIDAD: 9/10

FACILIDAD DE CONDUCIR: 9/10

PLEGABLE: Si

USUARIO

RANGO DE EDADES: --

NO. PASAJEROS: 1

TRANSPORTABILIDAD: Fácil

PRECIO: USD \$ 1699



Referencia:

[A18] Urb-e. The Last Mile Problem | Commute to Work. Consultado en febrero 26 de 2017. Online, disponible en: <http://www.urb-e.com/2016/02/last-mile-problem-commute-to-work/>

[A19] Urb-e. URB-E Pro. Consultado en febrero 26 de 2017. Online, disponible en: <http://www.urb-e.com/pro/>

XBIRD X1

DESCRIPCIÓN:

Scooter eléctrico portátil y plegable para adultos, cuenta con una batería de litio y un marco hecho de aleación de aluminio; cuenta con un alto rendimiento energético comparado al mismo nivel con la batería de litio TESLA. Debido a su tamaño cuando se encuentra plegado, puedes llevarlo a cualquier lugar.

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA: 20 [km/h];

PESO: 15.5 [kg]

VOLUMEN PLEGADO: 320 x 200 x 920 [mm]

VOLUMEN DESPLEGADO: 850 x 420 x 830 [mm]

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA: Eléctrica

AUTONOMÍA: 30 [km]

CARGA MÁXIMA: 150 [kg]

NO. RUEDAS: 3

SECUNDARIAS

SEGURIDAD: 9/10

ESTABILIDAD: 9/10

FACILIDAD DE CONDUCIR: 9/10

PLEGABLE: Si

USUARIO

RANGO DE EDADES: --

NO. PASAJEROS: 1

TRANSPORTABILIDAD: Fácil

PRECIO: USD \$ 620



Referencia:

[A20] Dhgate.com. Consultado en febrero 27 de 2017. Online, disponible en: <http://www.dhgate.com/product/xbird-x1-3-wheel-folding-electric-bicycle/395071244.html?recinfo=8,108,1#frpd-1-5|null:108:r0375879086>

[A21] Aliexpress. Consultado en febrero 27 de 2017. Online, disponible en: https://es.aliexpress.com/store/product/2015-New-Fend-BirdX1-Foldable-Electric-Scooter-36V-250w-Portable-mobility-scooter-self-balancing-scooter-Adults/1587045_32524757037.html

MOGO BIKE

DESCRIPCIÓN:

Diseñado para su uso en la calle; su tamaño compacto cuando se dobla es más pequeño que muchos productos en el mercado hoy en día. El Mogobike ofrece una alternativa de transporte neutral de carbono para satisfacer sus necesidades diarias de desplazamiento. Mogobike usa el frenado regenerativo para restaurar la carga de nuevo a la batería mientras se está operando. Cada vez que un usuario ralentiza o golpea el freno, los motores devuelven la energía a la batería para mantener y prolongar el tiempo de viaje

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA: 32 [km/h];

PESO: 22.68 [kg]

VOLUMEN PLEGADO: 457 x 356 x 635 [mm]

VOLUMEN DESPLEGADO: 1448 x 610 x 965 [mm]

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA: Eléctrica

AUTONOMÍA: 32 [km]

CARGA MÁXIMA: 113 [kg]

NO. RUEDAS: 2

SECUNDARIAS

SEGURIDAD: 9/10

ESTABILIDAD: 9/10

FACILIDAD DE CONDUCIR: 9/10

PLEGABLE: Si

USUARIO

RANGO DE EDADES: --

NO. PASAJEROS: 1

TRANSPORTABILIDAD: Media

PRECIO: USD \$ 1795



Referencia:

[A22] Amazon.com. Mogobike Folding Electric Scooter. Consultado en Mayo 8 de 2017. Online, disponible en: <https://www.amazon.com/Mogobike-Folding-Electric-Scooter/dp/B014Q7A3FO>

A-Bike Electric Folding Bike

DESCRIPCIÓN

Es descrita como la bicicleta plegable más ligera del mercado, cuenta con una doble transmisión por cadena que hace que la sensación de pedaleo sea muy cercana a la de una bicicleta de dimensiones normales. Su diseño pretende cambiar la forma en que las personas ven a las bicicletas.

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 20[km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; 12[kg]

VOLUMEN PLEGADO; 21x40x70cm

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 9.5

ESTABILIDAD; 8

FACILIDAD DE CONDUCIR; 10

PLEGABLE; SI

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA; ELÉCTRICA

AUTONOMÍA; 25[km]

CARGA MÁXIMA; 100 kg

NO. RUEDAS; 2

USUARIOS

RANGO DE EDADES; 16-60

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Intermedia

PRECIO; USD \$433.34



[A23] A-bike Electric. Consultado en junio 9 de 2017, Online, disponible en; <http://a-bike.co.uk>

Mando Footloose

DESCRIPCIÓN

Mando Footloose es una e-bike sin cadena, ecológica, elegante y plegable, equipada con las últimas tecnologías en automoción, ofrece más libertad que un coche, más cómoda que una bicicleta tradicional, y más fácil de usar que una moto; Mando Footloose es la nueva opción de transporte por la ciudad.

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 25[km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; 21.7[kg]

VOLUMEN PLEGADO; -

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 9.5

ESTABILIDAD; 9

FACILIDAD DE CONDUCIR; 10

PLEGABLE; SI

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA;
ELÉCTRICA

AUTONOMÍA; 45[km]

CARGA MÁXIMA; - kg

NO. RUEDAS; 2

USUARIOS

RANGO DE EDADES; -

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Intermedia

PRECIO; USD \$3999



[A24] Mando Footloose. Consultado en junio 9 de 2017, Online, disponible en; <http://www.mandofootloose.com/en/pages/02product/mandofootloose.jsp>

icarbot

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 12[km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; 5.5[kg]

VOLUMEN PLEGADO; 383.5 x 310.5 x 106.3 mm

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 9

ESTABILIDAD; 9

FACILIDAD DE CONDUCIR; 9

PLEGABLE; NO

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA; ELÉCTRICA

AUTONOMÍA; 15[km]

CARGA MÁXIMA; 120 kg

NO. RUEDAS; 4

USUARIOS

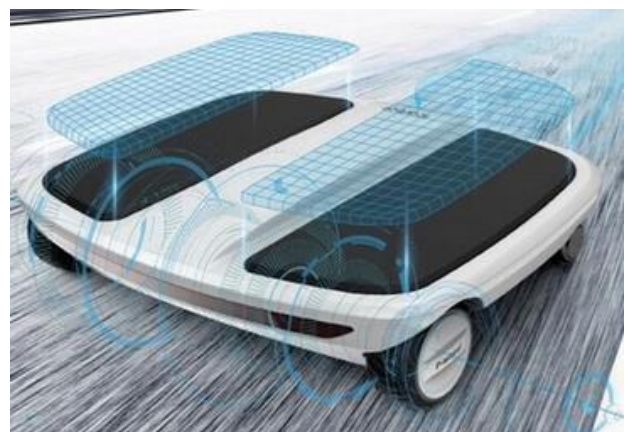
RANGO DE EDADES; 10-50

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Intermedia

PRECIO; 337 euros

[A23] Aliexpress. Consultado en junio 12 de 2017, Online, disponible en;
<https://es.aliexpress.com/item/iCarbot-Newest-Patent-4-Wheels-Self-Balance-Electric-Scooter-Hoverboard-Skateboard-with-APP-Powered-walkcar-White/32728348262.html>



REBORN BORAD

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 18[km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; 3.8[kg]

VOLUMEN PLEGADO; 70 x 22 x 12 mm

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 9

ESTABILIDAD; 9

FACILIDAD DE CONDUCIR; 9

PLEGABLE; NO

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA; ELÉCTRICA

AUTONOMÍA; 15[km]

CARGA MÁXIMA; 110 kg

NO. RUEDAS; 4

USUARIOS

RANGO DE EDADES; 10-50

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Alta

PRECIO; 239 euros



[A24] Aliexpress. Consultado en junio 12 de 2017, Online, disponible en;
<https://es.aliexpress.com/item/4-wheels-Electric-hoverboard-Skateboard-oxboard-giroskuter-Remote-penny-board-smart-wheel-Scooter-waveboard-hoverboard-longboard/32737779186.html>

ZAPPY MI-301

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 22[km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; 44[kg]

VOLUMEN PLEGADO; --

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 9

ESTABILIDAD; 9.5

FACILIDAD DE CONDUCIR; 9

PLEGABLE; NO

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA; ELÉCTRICA

AUTONOMÍA; 60[km]

CARGA MÁXIMA; 120 kg

NO. RUEDAS; 3

USUARIOS

RANGO DE EDADES; 10-50

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Baja

PRECIO; USD \$ 340

[A24] Alibaba. Consultado en junio 15 de 2017, Online, disponible en;
<https://spanish.alibaba.com/p-detail/ce-approved-3-wheels-brushless-foldable-electric-scooter-tricycle-for-adult-1751470127.html>



Carr-E

DESCRIPCIÓN

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 18[km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; - [kg]

VOLUMEN PLEGADO; -

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 9.5

ESTABILIDAD; 9

FACILIDAD DE CONDUCIR; 10

PLEGABLE; NO

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA; ELÉCTRICA

AUTONOMÍA; 22[km]

CARGA MÁXIMA; 120 kg

NO. RUEDAS; 4

USUARIOS

RANGO DE EDADES; -

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Intermedia

PRECIO; USD \$



[A29] Ford. Consultado en junio 19 de 2017, Online, disponible en; <https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/en/news/2016/11/03/step-on-it--smart-device-that-goes-where-cars-cant-is-among-empl.html>

SCOOTER LUGGIE



DESCRIPCIÓN

Scoter Luggie es un vehículo eléctrico el cual es muy parecido al clásico scooter con la particularidad de que el usuario se encuentra sentado, esto proporciona mayor seguridad y comodidad. El manejo del vehículo resulta muy fácil para el usuario.

Especificaciones

Físicas	Velocidad máxima	6 [km/h]
	Peso del vehículo	23 [kg]
	Volumen plegado	394 x 635 x 445 [mm]
	Volumen desplegado	1016 x 788 x 145 [mm]

Secundarias	Seguridad	★★★★★
	Estabilidad	★★★★★
	Facilidad de conducir	★★★★★
	Plegable	✓

Desempeño	Fuente de Energía	Eléctrica
	Autonomía	18 [km]
	Carga máxima	113 [kg]
	No Ruedas	3

Usuarios	Rango de edades	13-70
	No Pasajeros	1
	Transportabilidad	Fácil
	Precio	USD \$2.294

Referencia

Luggiescooters.com. (2015). luggie-folding-mobility-scooter - Luggie Scooters. Recuperado 6 September 2015, a partir de <http://www.luggiescooters.com/range/product/luggie-folding-mobility-scooter>

ORBIT WHEEL



DESCRIPCIÓN

Una nueva forma de movilizarte, para lograr el movimiento, estos Patines utilizan una sola rueda que fija tu pie como eje y el cuerpo como motor, haciendo el transporte algo entretenido y desafiante, además de procurar el equilibrio que tu terapeuta siempre ha soñado ver en ti.

Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	20 [km/h]
Peso del vehículo	2.3 [kg]
Volumen plegado	- [mm]
Volumen desplegado	- [mm]

Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✓

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica
Autonomía	* [km]
Carga máxima	100 [kg]
No Ruedas	2

Usuarios	
Rango de edades	8-80
No Pasajeros	1
Transportabilidad	Fácil
Precio	USD \$199

Referencia

CompraConjunta. (2013). "La revolución de los patines", Septiembre 7, 2015, de Compra Conjunta Sitio web: <http://www.compraconjunta.es/producto/15668-la-revolucion-de-los-patines-orbit-wheel-da-tienda-rueda-a-tu-adrenalina-por-249/>

SLOWHEEL XTREME



DESCRIPCIÓN

Puedes Llevar o viajar en el solowheel XTREME a todas partes de la ciudad, campus universitarios, aceras o vías. Si tu viaje diario incluye ascensores o bien escaleras, este nuevo modelo es el compañero de viaje perfecto.

Especificaciones

Físicas	
Velocidad máxima	16 [km/h]
Peso del vehículo	12 [kg]
Volumen plegado	480 x 520 x 160 [mm]
Volumen desplegado	680 x 520 x 140 [mm]

Secundarias	
Seguridad	★★★★★
Estabilidad	★★★★★
Facilidad de conducir	★★★★★
Plegable	✓

Desempeño	
Fuente de Energía	Eléctrica Batería Sony VC3
Autonomía	20 [km]
Carga máxima	150 [kg]
No Ruedas	1

Usuarios	
Rango de edades	8-80
No Pasajeros	1
Transportabilidad	Fácil
Precio	USD \$2500

Referencia

SoloWheel. (2015). Xtreme. septiembre 7, 2015, de SoloWheel Sitio web: <http://solowheel.com/product/xtreme>

Razor Hovertrax

DESCRIPCIÓN

Hoverboard que ofrece un alto rendimiento y maniobrabilidad que necesitas, su alta tecnología otorga una entera satisfacción de auto balance ofreciendo además de un recorrido más suave en el camino.

ESPECIFICACIONES

FÍSICAS

VELOCIDAD MÁXIMA; 13[km/h]

PESO DEL VEHÍCULO; 12.25[kg]

VOLUMEN PLEGADO; 622.3 x 228.6 x 222.25 [mm]

SECUNDARIAS

SEGURIDAD; 9

ESTABILIDAD; 9

FACILIDAD DE CONDUCIR; 9

PLEGABLE; NO

DESEMPEÑO

FUENTE DE ENERGÍA; ELÉCTRICA

AUTONOMÍA; 13[km]

CARGA MÁXIMA; 100 kg

NO. RUEDAS; 2

USUARIOS

RANGO DE EDADES; 8+

NO. PASAJEROS; 1

TRANSPORTABILIDAD; Intermedia

PRECIO; USD \$ 300



[A30] Razor. Consultado en octubre 22 de 2017, Online, disponible en; <https://www.razor.com/products/ride-ons/hovertrax-2-0-hover-board/>

A3. ENCUESTAS

A3.1 RESULTADOS DE LA PRIMERA ENCUESTA

En esta primera etapa de la encuesta se examinaron a 25 personas dentro del campus de ciudad universitaria donde el 76% de la muestra es representado por el sexo femenino. Fig. A3.1

SEXO

Femenino: 19

Masculino: 6

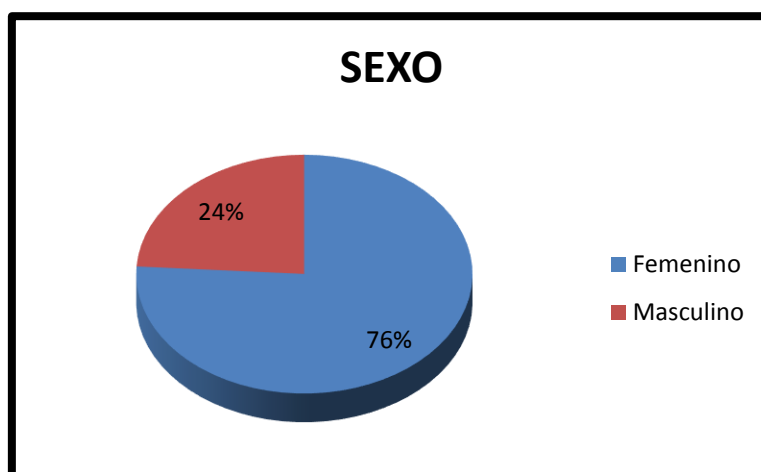


Fig. A3.1 Gráfica de Sexo.

Las preguntas que se muestran a continuación se realizaron con la finalidad de conocer la opinión del público en general ante una alternativa de transporte como esta.

1. ¿Estaría dispuesto a comprar un 'vehículo eléctrico' capaz de transportarte en la etapa final a tu destino? Fig. A3.2

Ej. (metro – universidad || autobús - trabajo)

SI	21		
NO	4		
NO TE ENTIENDO	0	TOTAL	25

Tabla. A3.1 Recuento de compradores potenciales.

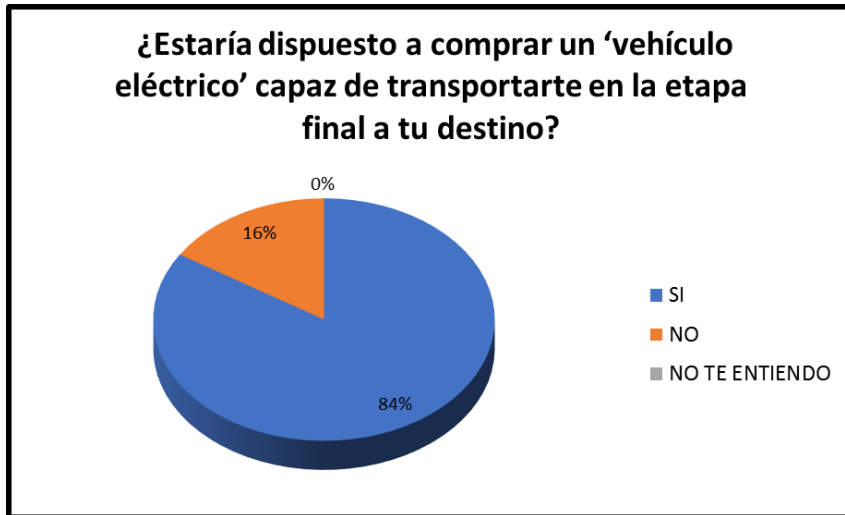


Fig. A3.2 Gráfica de compradores potenciales.

2. ¿Cuál sería el criterio para seleccionarlo?

PRECIO	20		
DISEÑO	6		
PESO	3		
TAMAÑO	4	TOTAL	33

Tabla. A3.2 Recuento de criterio de selección.

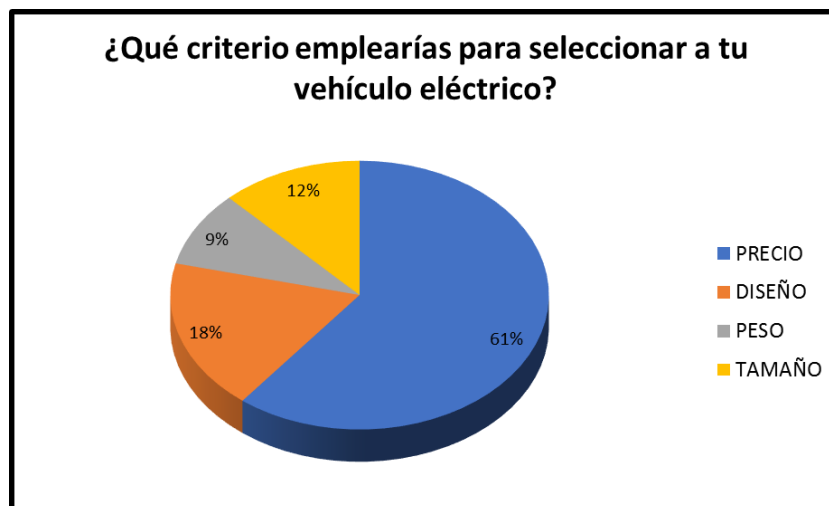


Fig. A3.3 Gráfica de criterio de selección.

3. Precio dispuesto a pagar.

MENOS DE \$1500	2		
ENTRE \$1500 Y \$4000	20		
MÁS DE \$4000	3	TOTAL	25

Tabla. A3.3 Recuento de precio a pagar.

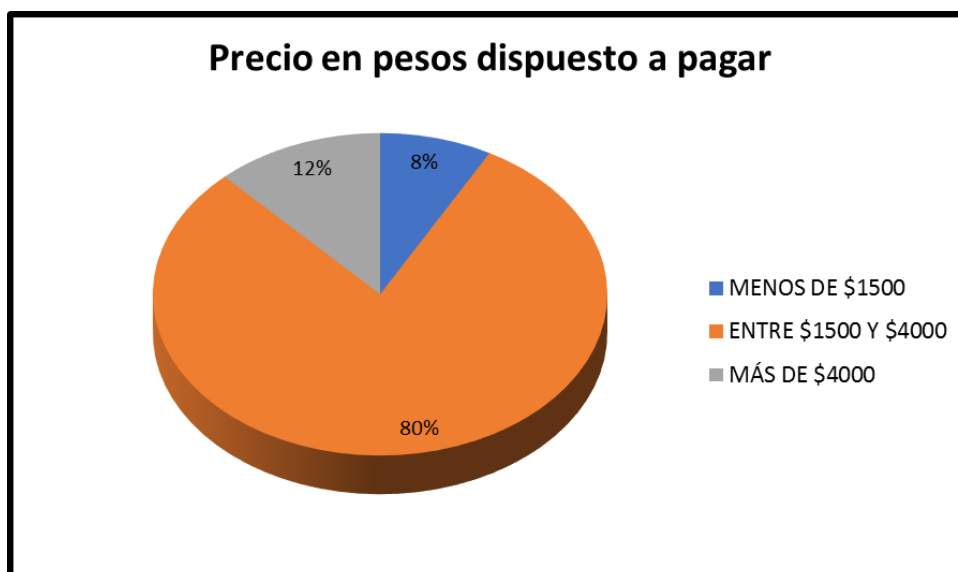


Fig. A3.4 Gráfica de precio a pagar.

4. ¿Qué es lo que NO te llama la atención de este modelo?

VOLANTE	4		
ASIENTO	9		
LLANTAS	2		
NO SÉ, TENDRÍA QUE PROBARLO	7		
DISEÑO	9	TOTAL	31

Tabla. A3.4 Recuento estética del vehículo.

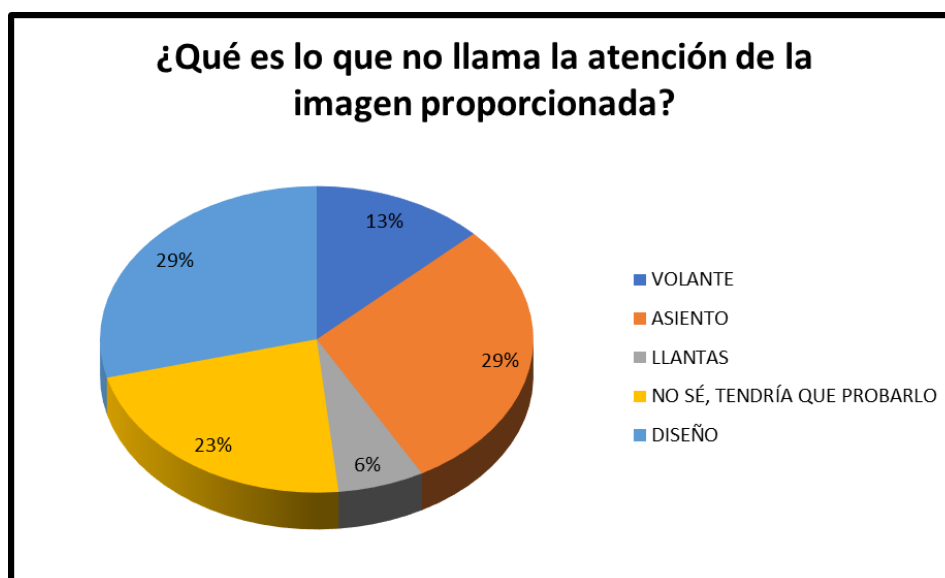


Fig. A3.5 Gráfica de estética del vehículo.

Entre las respuestas más destacadas podemos ver que un 84% de la comunidad universitaria muestreada estaría dispuesta a comprar un vehículo para transportarse en la última etapa de su trayecto de viaje; los aspectos más importantes que reflejan el estudio para la adquisición de LMV (*Last Mile Vehicle*) son de 61% en precio y un 18% en diseño. El rango de precios con una mayor aceptación es de entre \$1500 a \$4000 MXN y, por otro lado, mostrando como parámetro de referencia una imagen del producto a evaluar, resultó que las personas encuestadas sienten poca atracción hacia el vehículo debido principalmente al asiento y el diseño del mismo, mientras que un 23% reserva sus comentarios hasta probar el producto.

Los datos anteriores junto con los resultados obtenidos de una segunda encuesta en línea servirán de ayuda para mejorar algunos aspectos del diseño actual y con ello tener un mejor producto.

A3.2 RESULTADOS DE LA SEGUNDA ENCUESTA

Para la segunda parte de la encuesta se evaluó la opinión de un grupo de 69 personas. A diferencia de la anterior encuesta, esta contaba con 9 preguntas y una sección de comentarios en los que los encuestados daban una poca de retroalimentación sobre el producto. Los resultados y preguntas de la misma se encuentran a continuación.

1. ¿Cuál es tu sexo?

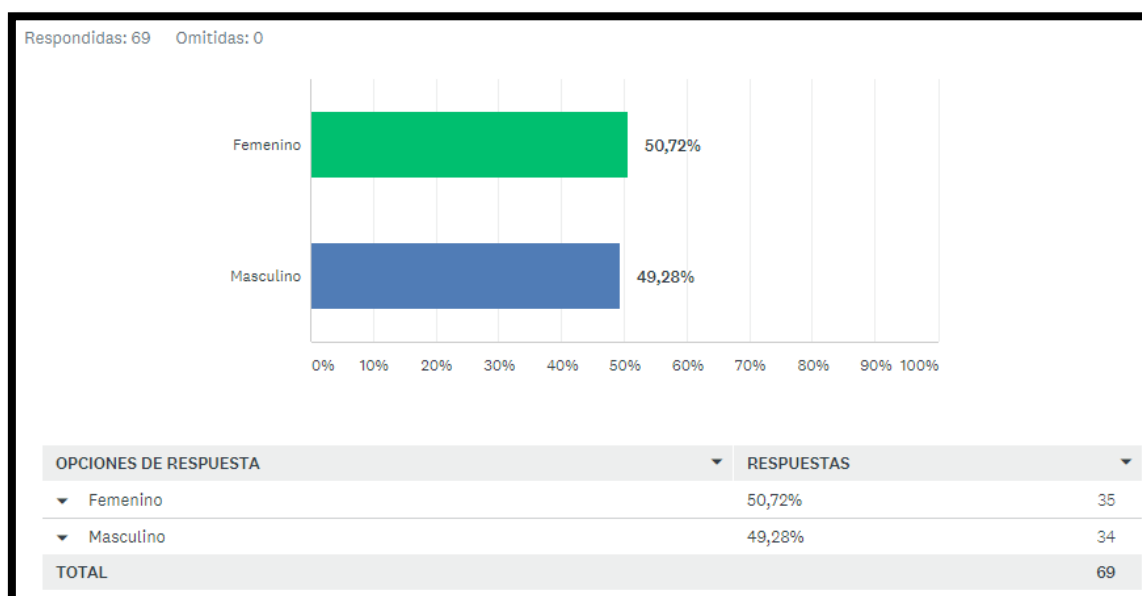


Fig. A3.6 Gráfica de sexo (b).

2. ¿Cuál es tu grupo de edad?

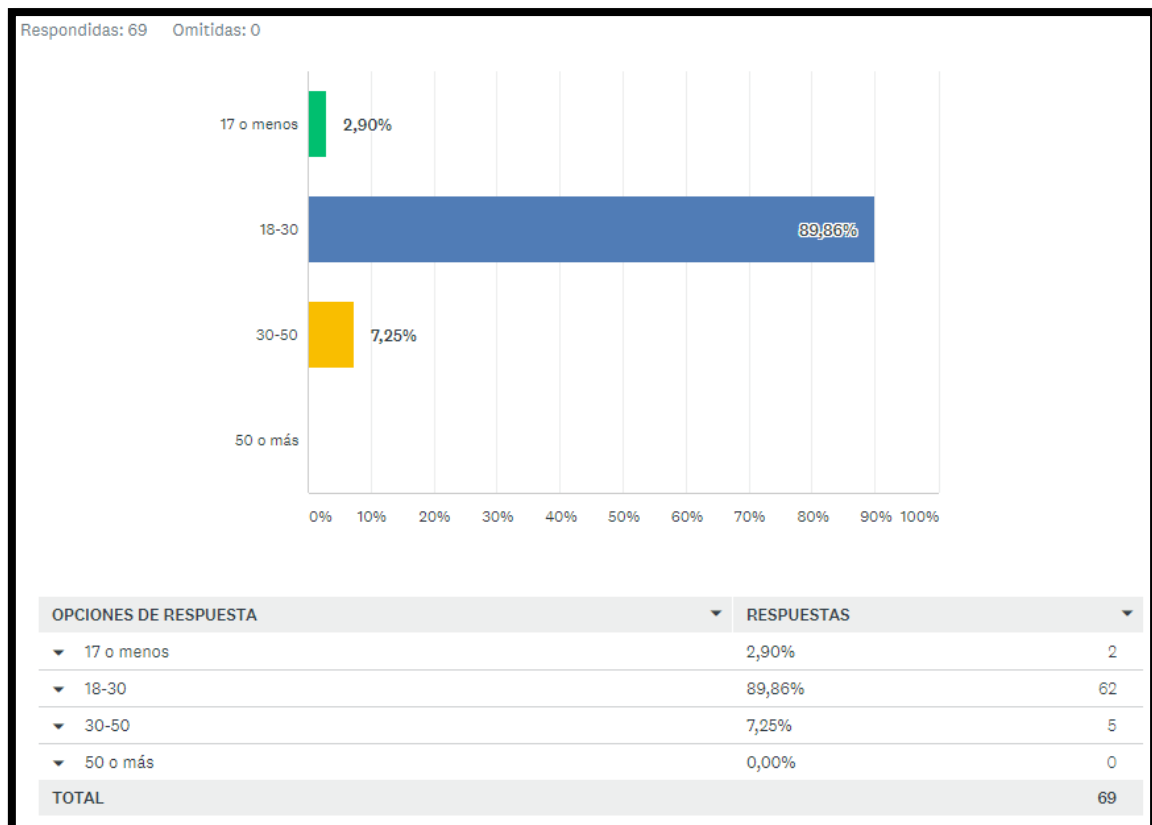


Fig. A3.7 Gráfica de edad.

3. ¿A qué te dedicas?

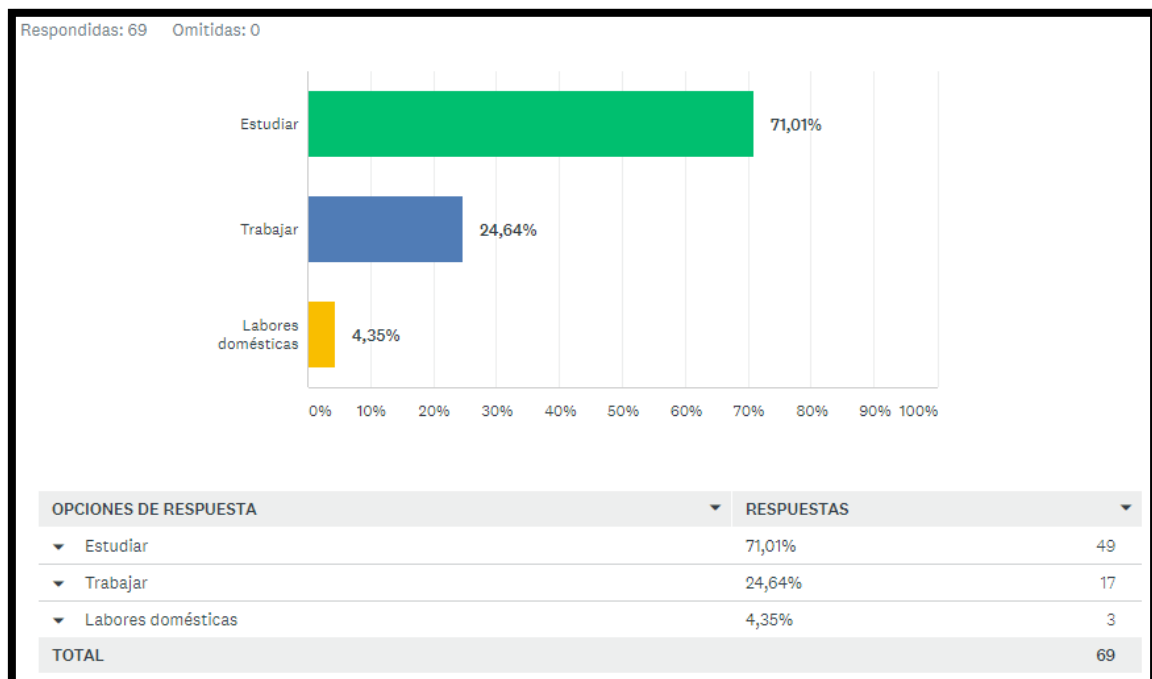


Fig. A3.8 Gráfica de ocupación.

4. ¿Estaría dispuesto a comprar un 'vehículo eléctrico' capaz de transportarte en la etapa final a tu destino? Ej. (metro – universidad || autobús - trabajo)?

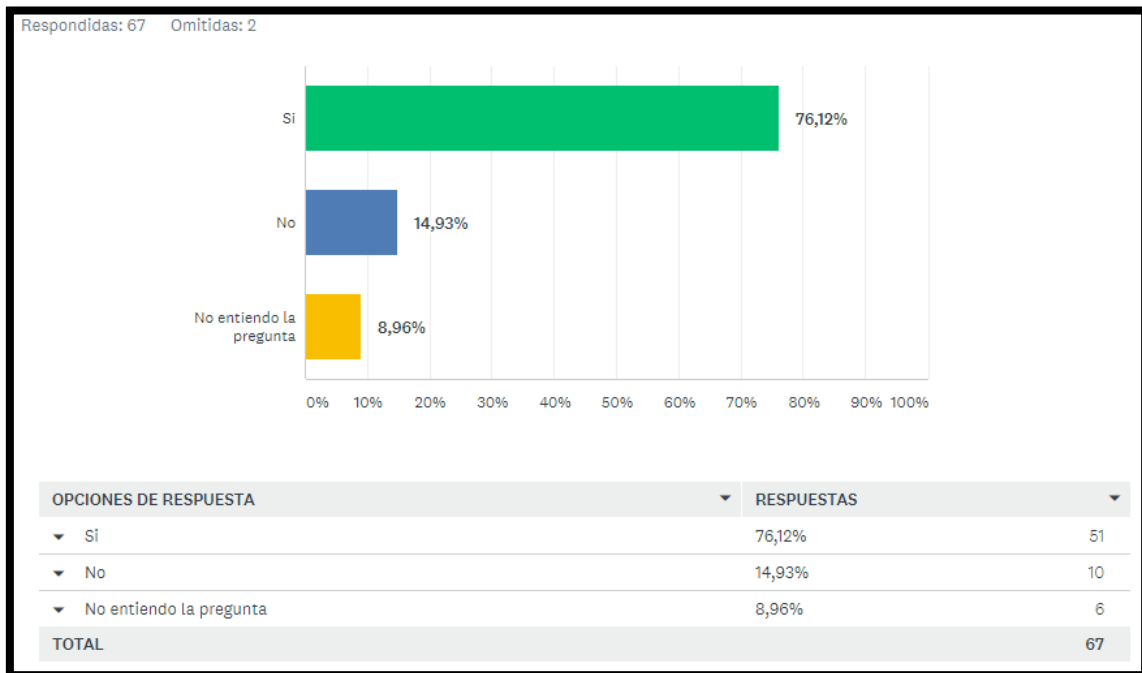


Fig. A3.9 Gráfica de compradores potenciales (B).

5. ¿Qué criterio emplearías para seleccionar a tu vehículo eléctrico?

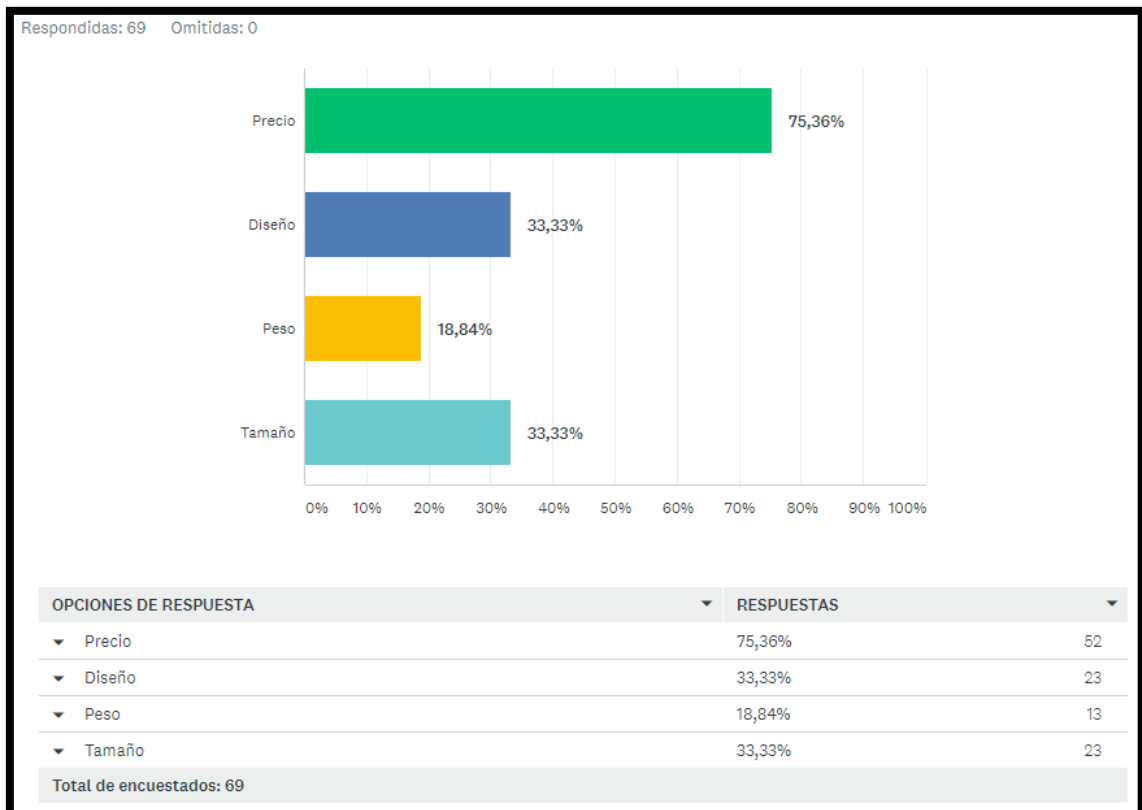


Fig. A3.10 Gráfica de criterio de selección.

6. El precio en pesos dispuesto a pagar sería de...

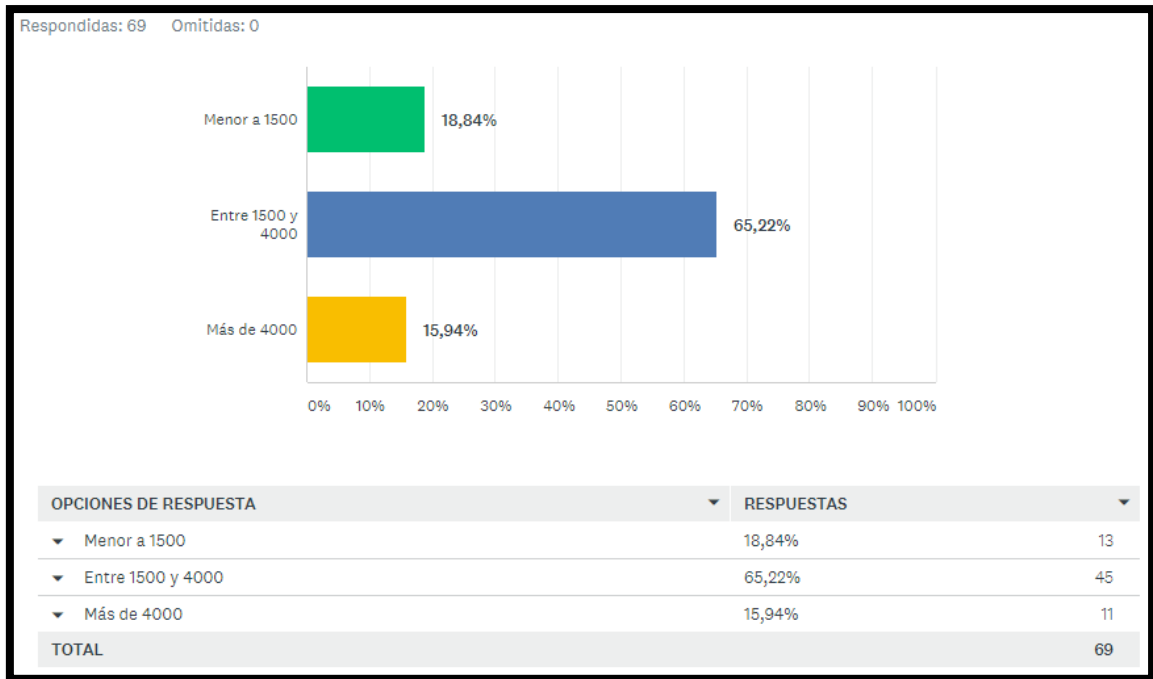


Fig. A3.11 Gráfica de precio dispuesto a pagar.

7. ¿Cuál es tu medio de transporte?

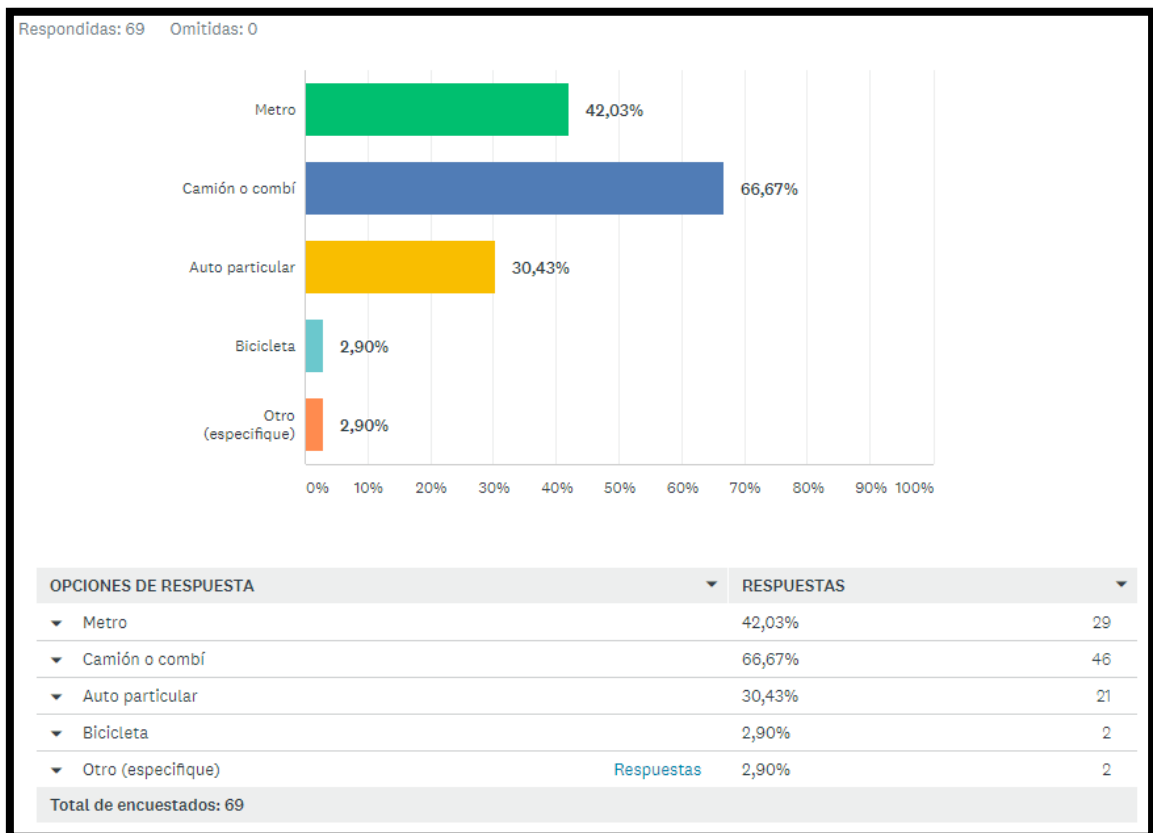


Fig. A3.12 Gráfica de medio de transporte.

8. ¿Cuánto tiempo inviertes caminando para llegar a tu destino después de dejar el metro, camión o auto?

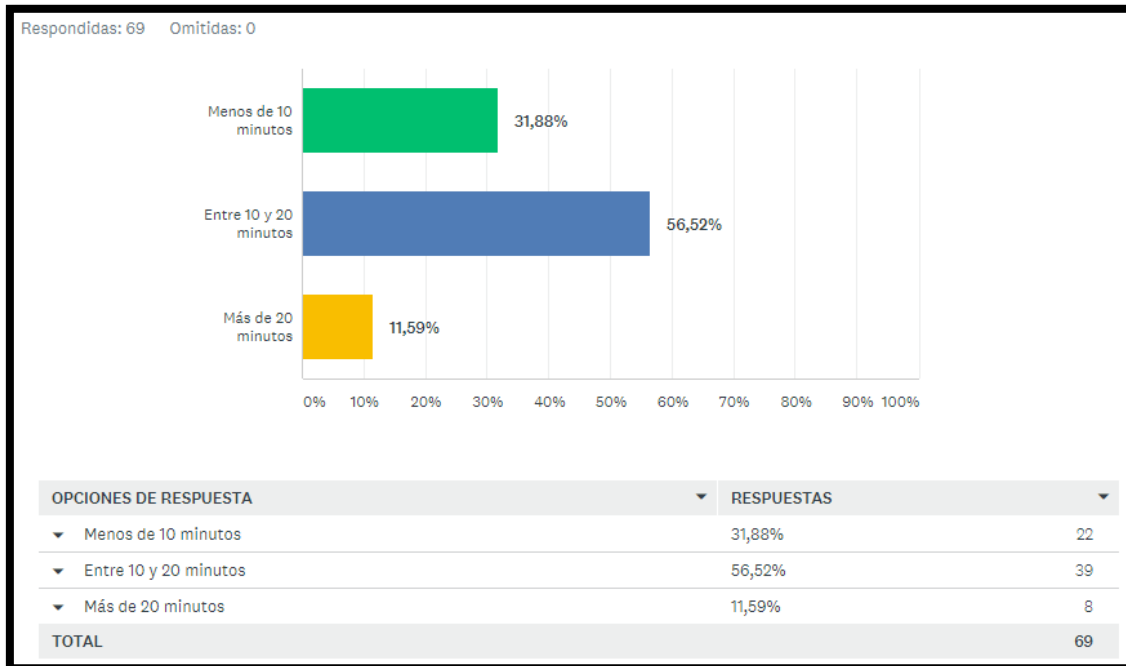


Fig. A3.13 Gráfica de tiempo invertido en viaje.

9. ¿Qué es lo que no te llama la atención de la imagen proporcionada?

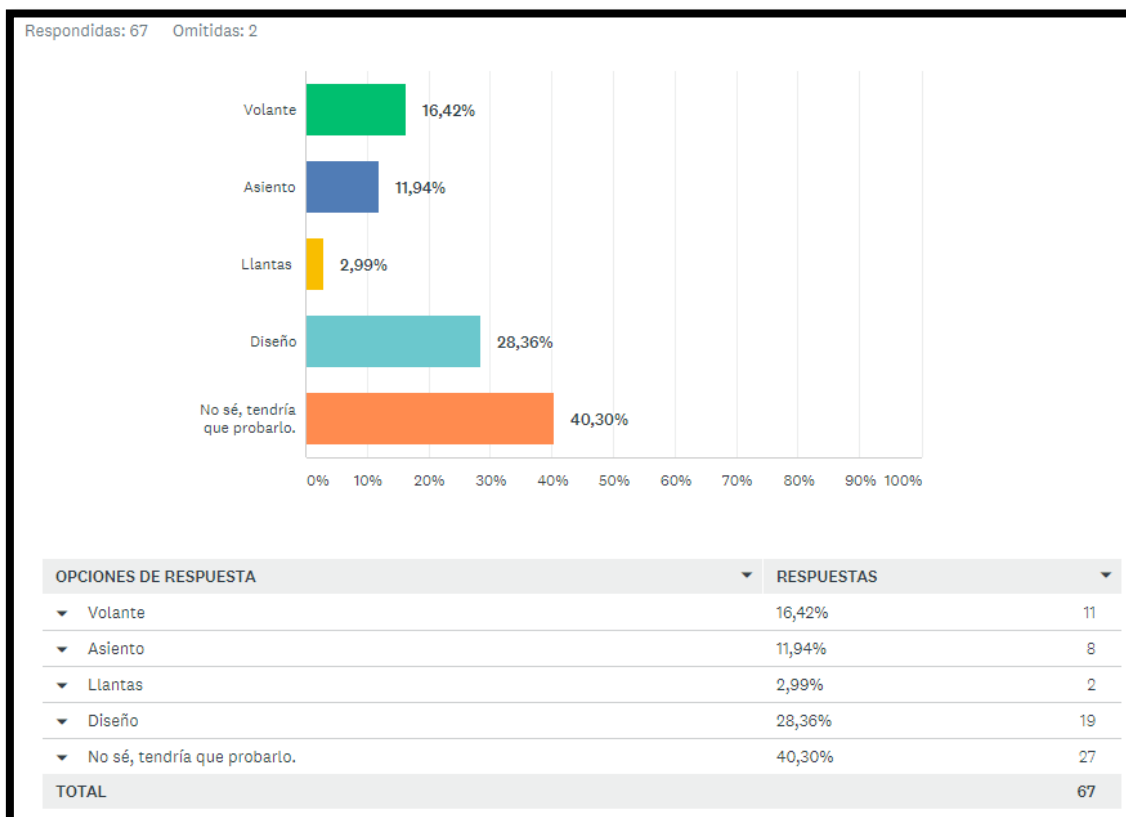


Fig. A3.14 Gráfica de estética del vehículo (B).

Por último, en la sección de comentarios se preguntó por una opinión general sobre el vehículo mostrado en la Fig. A3.16. Dichos comentarios se muestran en la Fig. A3.15

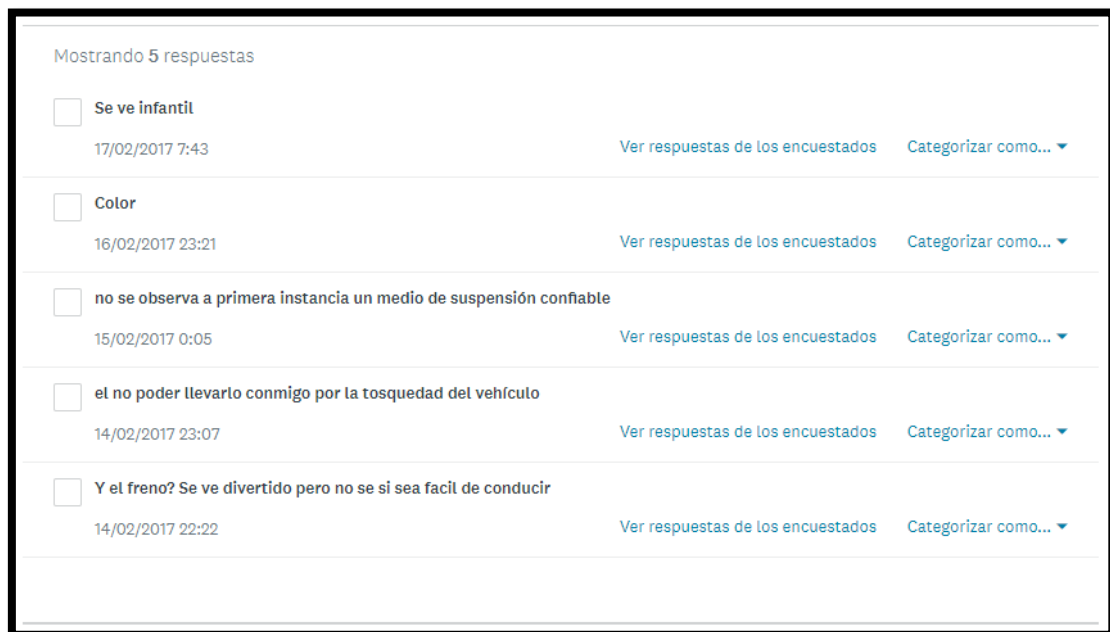


Fig. A3.15 Comentarios sobre el LMV.



Fig. A3.16 LMV evaluado en las encuestas.

La segunda encuesta muestra resultados similares con respecto a la primera al mostrar que el 76% de la muestra adquiriría el producto, de igual manera, el precio resultó ser el criterio más importante a la hora de seleccionar el vehículo, sin embargo, el diseño y tamaño quedaron igualados en la segunda posición.

Resulta importante señalar que, cerca del 56% de las personas encuestadas invierten de entre 10 a 15 min. para llegar a su destino luego haber utilizado el vehículo o transporte público. Lo anterior junto con la disposición de las personas por adquirir un vehículo eléctrico que los pueda llevar más rápidamente a su destino final presenta el caso idóneo para introducir un producto como este al mercado.

Finalmente, en la sección final de la encuesta se pretendió conocer la opinión de las personas hacia un vehículo de este tipo, en específico el mostrado en la Fig. A3.14. Las opiniones respecto al vehículo son variadas y destacan comentarios hacia el diseño, donde se comenta que no se aprecia un sistema de suspensión, un sistema de frenado e incluso se cuestiona la facilidad de manejo que pueda tener el LMV. Esencialmente, la gran mayoría de los encuestados prefieren conservar sus comentarios hasta probar el vehículo.

A4. LISTA DE PARTES

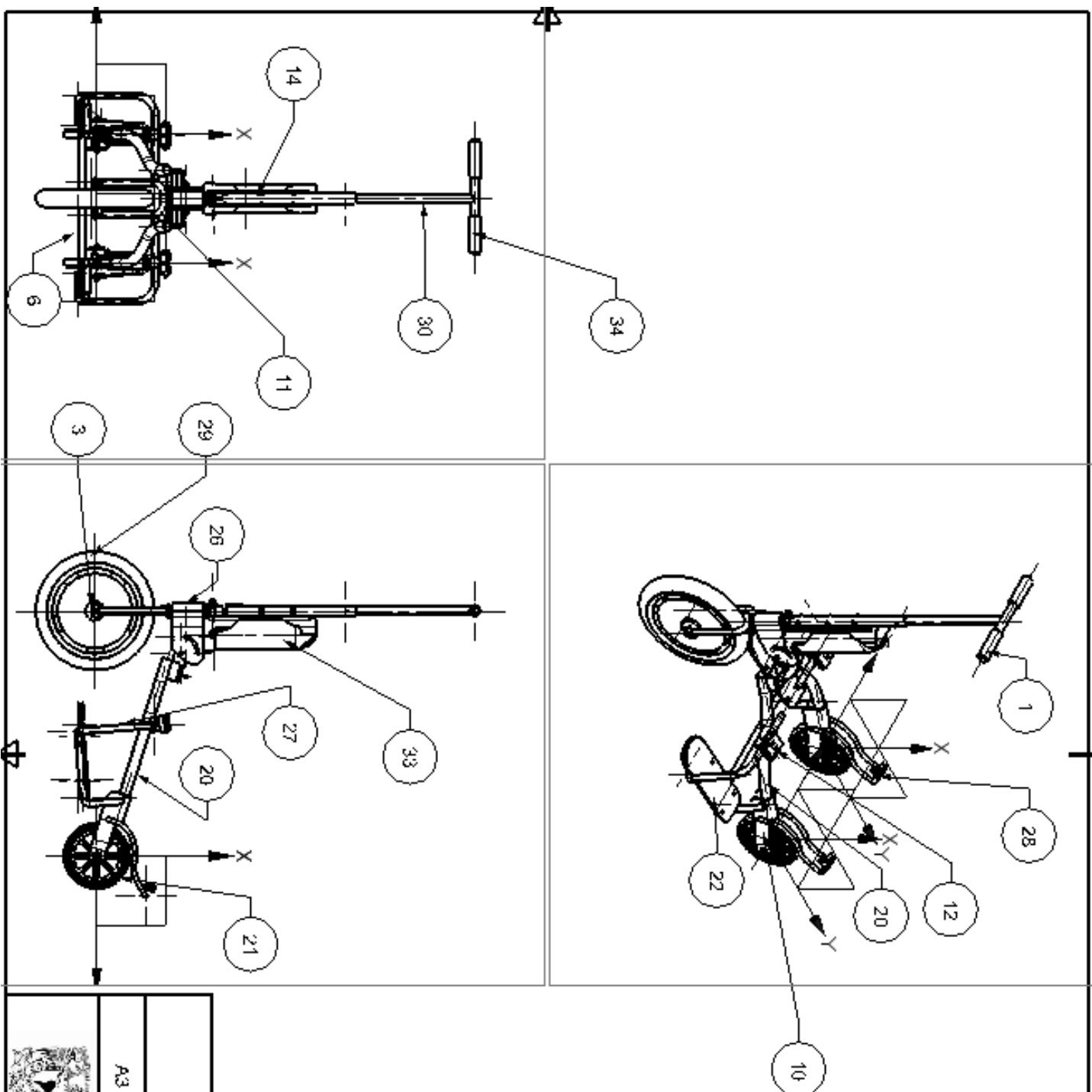
#	Nombre de la Parte	Cantidad	Proveedor	Procesos de Manufactura	Material	Peso	Precio
1	Manubrio	1	METALES DÍAZ [56]	Soldado	Aluminio 6061	117 [g]	\$ 14.2
2	Tuerca llanta trasera	8	Tornillería Toledo [57]	---	Acero	---	\$ 16.72
3	Tuerca llanta delantera	4	Tornillería Toledo [57]	---	Acero	---	\$ 14.04
4	Tuerca Buje	1	Tornillería Toledo [57]	---	Acero	---	\$ 22.03
5	Tuerca Base Pies	8	Tornillería Toledo [57]	---	Acero, inserto de nylon	---	\$ 7.44
6	Tubo Separador	1	METALES DÍAZ [56]	Soldado	Aluminio 6061	77.9 [g]	\$ 9.43
7	Tubo	1	METALES DÍAZ [56]	---	Aluminio 6061	74.6 [g]	\$ 3.32
8	Tornillo Seguro Cuerda	1	Tornillería Toledo [58]	---	Acero Inox. A2	---	\$ 3.63
9	Tornillo Base Pies	8	Tornillería Toledo [58]	---	Acero Inox. A2	---	\$ 60.08
10	Tijera Trasera	2	METALES DÍAZ [56]	Maquinado, Barrenado, Doblado	Aluminio 6063	293.6 [g] (c/u)	\$ 31.61
11	Tijera	1	METALES DÍAZ [56]	Doblado, Roscado externo	Aluminio 6061	211.35 [g]	\$ 25.62
12	Luces Frontales	2	Mercado Libre [53]	---	Led, Aluminio	---	\$548*
13	Juego de tazas de Dirección	1	"Tienda de bicicletas"	---	Acero Inoxidable	---	\$30
14	Sujetador Dirección	1	METALES DÍAZ [56]	Barrenado, Roscado, Maquinado	Aluminio 6061	332 [g]	\$ 14.76
15	Seguro	1	Manufactura Propia [59]	Maquinado, Barrenado, Roscado	Acero inox.	---	\$ 19.5
16	Seguro Cuerda	1	Manufactura Propia [56]	Maquinado, Barrenado	Aluminio 6061	---	\$ 3.32
17	Seguro Bolita	1	Manufactura Propia	Maquinado, Doblado, Soldado	Acero inox.	---	\$ ---
18	Rondana llanta trasera	8	Tornillería Toledo [58]	---	Acero Inox. A2	---	\$ 10.24
19	Rondana llanta delantera	4	Tornillería Toledo [58]	---	Acero Inox. A2	---	\$ 9.4
20	Rolado	2	METALES DÍAZ [56]	Rolado	Aluminio 6061	410 [g] (c/u)	\$ 36.44

21	Llanta Trasera	2	Mercado Libre [51]	---	Plástico	---	\$250
22	Pie mixto	2	METALES DÍAZ [56] & acb	Inyección	ABS & Aluminio 6063	13.6 [g] (c/u)	\$ 2.9
23	Perno Perfil	1	Manufactura Propia [59]	Maquinado, Barrenado, Roscado	Acero Inox.	---	\$ 19.5
24	Perno llanta Trasera	2	Tornillería Toledo [57]	Roscado, Maquinado	Acero	---	\$ 10.56
25	Parado	2	METALES DÍAZ [56]	Doblado, Rolado	Aluminio 6061	110 [g] (c/u)	\$ 20.68
26	Oreja	1	METALES DÍAZ [56]	Doblado, Maquinado	Aluminio 6063	562 [g]	\$ 52.95
27	Cuadro Pies	2	METALES DÍAZ [56]	Doblado	Aluminio 6061	178 [g] (c/u)	\$ 43
28	Luces Traseras	2	Mercado Libre [53]	---	Led, Aluminio	---	\$ *
29	Kit Llanta Delantera	1	Mercado Libre [52]	---	Nylon, Acero inox.	---	\$5,600
30	Eje Dirección	1	METALES DÍAZ [56]	Barrenado, Maquinado	Aluminio 6061	141 [g]	\$ 17.04
31	Cuadro entre barras	1	METALES DÍAZ [56]	Barrenado	Aluminio 6061	282 [g]	\$ 32.48
32	Buje Inferior	1	METALES DÍAZ [56]	Maquinado	Aluminio 6061	20 [g]	\$ 1.85
33	Batería	1	Mercado Libre [54]	---	Litio	3.62 [kg]	\$8,449
34	Puños del manubrio	2	Mercado Libre [55]	---	Goma y Aleación de Aluminio	105 [g]	\$110
35	Cuadro Soporte	2	METALES DÍAZ [56]	Soldado	Aluminio 6061	71 [g]	\$ 16.39
36	Arco Inferior	2	METALES DÍAZ [56]	Maquinado	Aluminio 6061	12 [g]	\$ 2.25
37	Arco Superior	1	METALES DÍAZ [56]	Maquinado	Aluminio 6061	45 [g]	\$ 4.18
38	Frenos	1	Mercado Libre [60]	---	Acero	---	\$185
TOTAL						7.29845 [kg]	\$ 15,697.56
* Precio incluido en luces frontales.							

Tabla A4.1 Estimación de Peso y Costos

A5. PLANOS
A 5.1 Lista de planos

Número de plano	Número de Parte	Nombre del plano
1	----	Plano de Conjunto
2	----	Lista de Partes
3	1	Manubrio
4	7	Tubo
5	17	Seguro Bolita
6	19	Rondana Llanta Delantera
7	23	Perno Perfil
8	25	Parado
9	21	Llanta Trasera
10	27	Cuadro Pies
11	31	Cuadro Entre Barras
12	35	Cuadro Soporte
13	37	Arco Superior
14	9	Tornillo Base Pies
15	3	Tuerca Llanta Delantera
16	5	Tuerca Base Pies
17	15-A	Seguro A
18	15-B	Seguro B
19	15-C	Seguro C
20	15-D	Seguro D
21	11	Tijera
22	28	Luces Traseras
23	2	Tuerca Llanta Trasera
24	4	Tuerca Buje
25	6	Tubo Separador
26	8	Tornillo Seguro Cuerda
27	10	Tijera Trasera
28	14	Sujetador de Dirección
29	16	Seguro Cuerda
30	18	Rondana Llanta Trasera
31	20	Rolado
32	34	Puños del Manubrio
33	22	Pie Mixto
34	24	Perno Llanta Trasera
35	26	Oreja
36	12	Luces Frontales
37	30	Eje Dirección
38	32	Buje Inferior
39	36	Arco Inferior



No. Parte	NOMBRE DE PIEZA	CANT.
1	MANUBRIO	1
28	LUCES TRASERAS	2
12	LUCES FRONTALES	2
20	ROLADO	2
10	TUJERA TRASERA	2
22	PIE MIXTO	2
33	BATERIA	1
26	OREJA	1
29	KIT LLANTA DEL ANTERA	1
27	CUADRO PIES	2
21	LLANTA TRASERA	2
34	PUNOS MANUBRIO	2
30	EJE DIRECCION	1
11	TUJERA	1
6	TUBO SEPARADOR	1
14	SUJETADOR DE DIRECCION	1
3	TUJERA LLANTA DELANTERA	4

LISTA DE PARTES

A3

MATERIALES
DIVERSOS

1:10

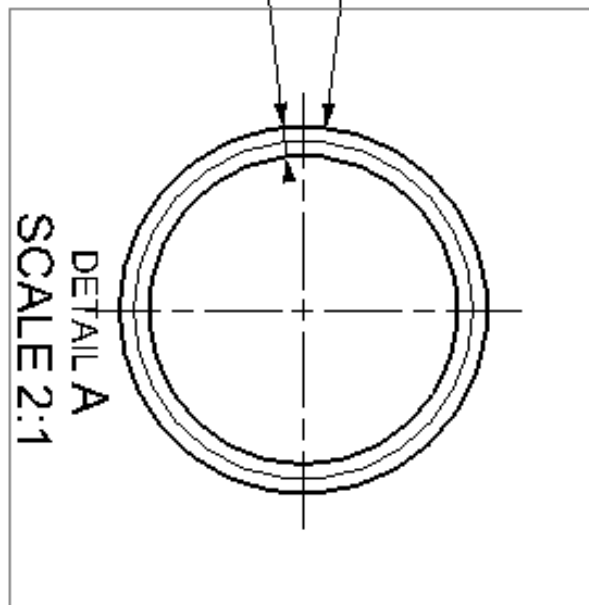
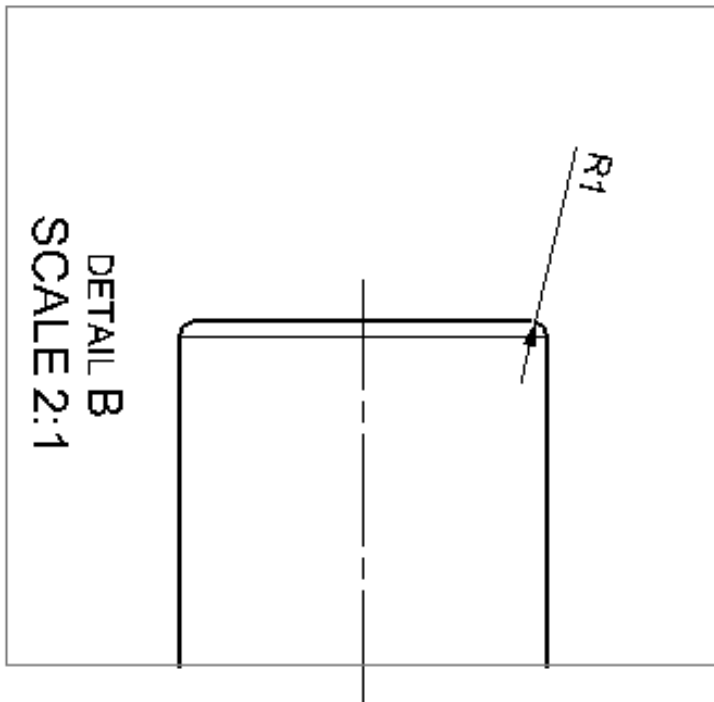
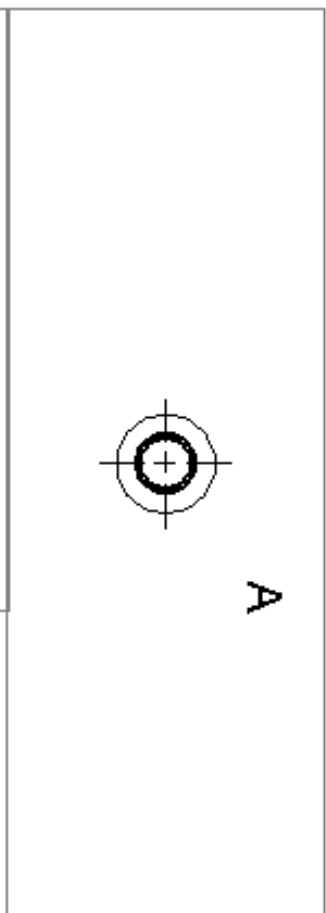
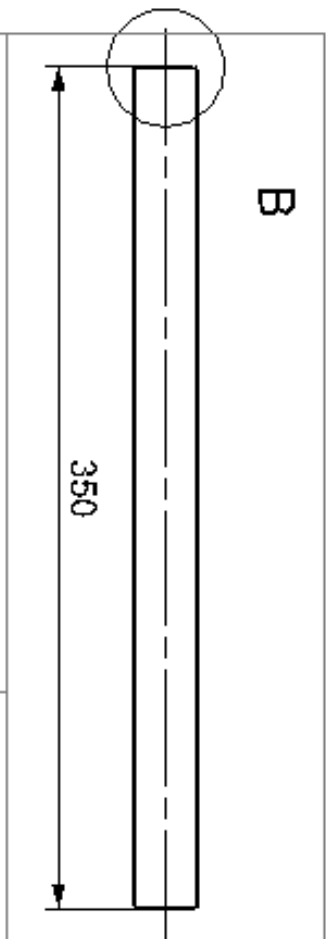
LUIS G. DIEGO V.

mm



VICENTE BORJA

20.03.2018



DETAIL B
SCALE 2:1

DETAIL A
SCALE 2:1

MANUBRIO



A4

ALUMINIO 6063

1:1

LUIS G./DIEGO V.

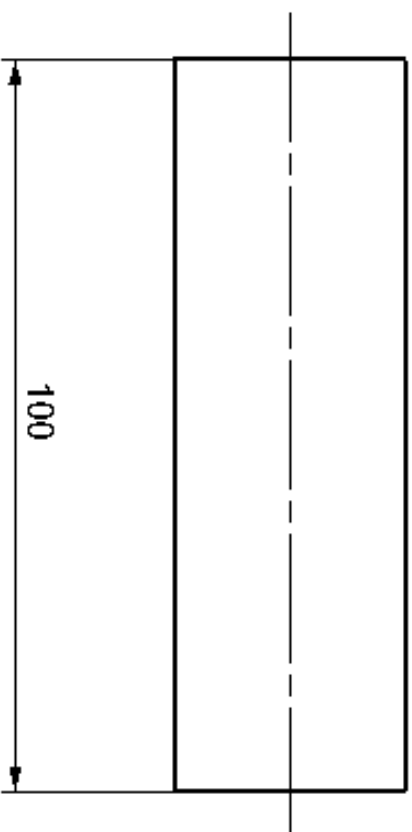
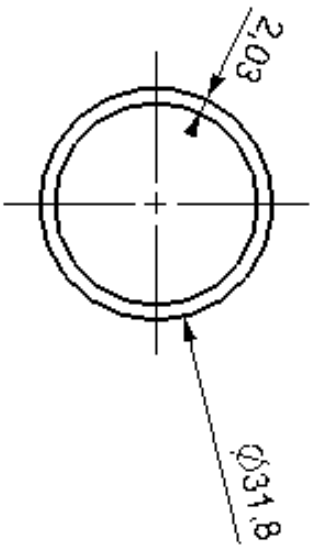
mm





VICENTE BORJA
R

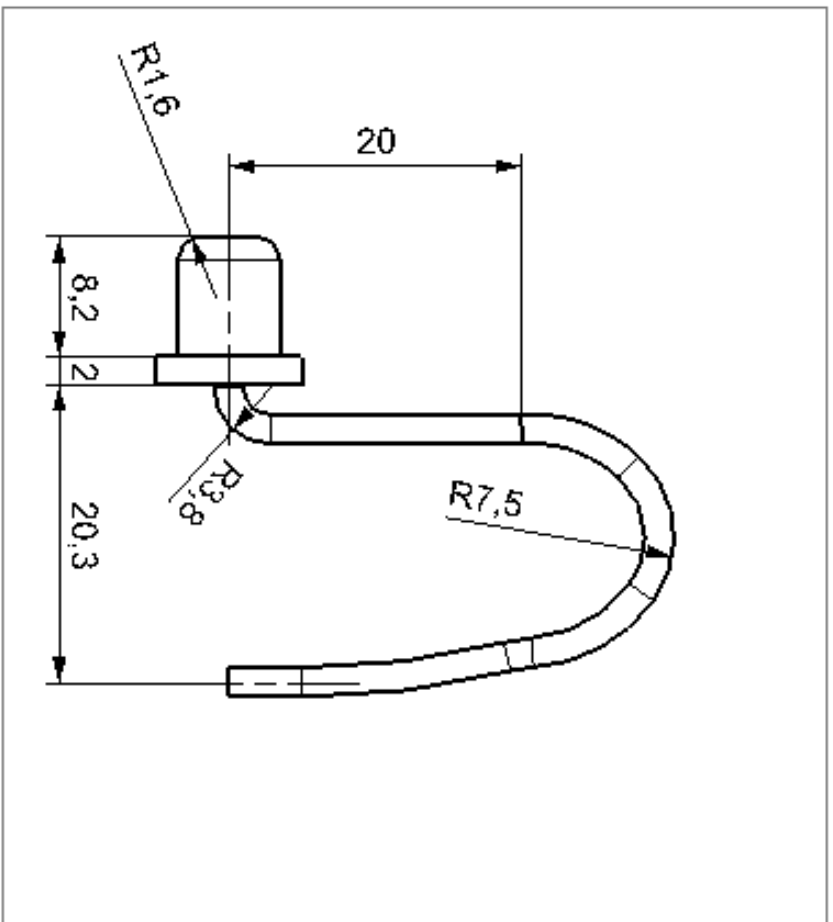
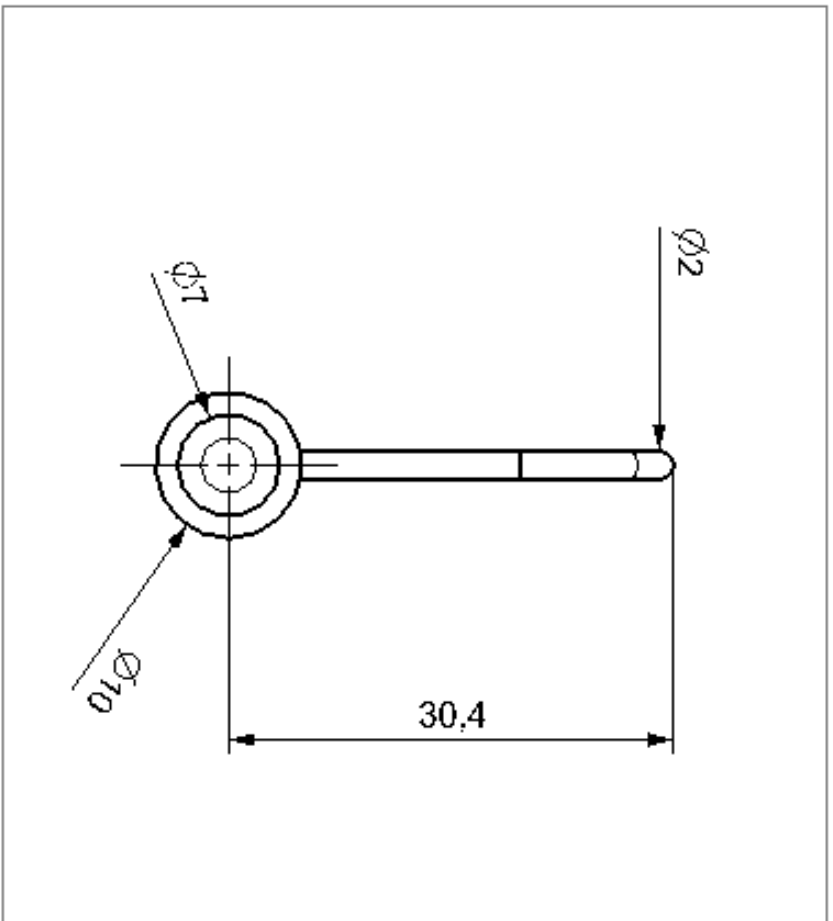
20.03.2018

PROV. METALES DIAZ
ALEACIÓN DISP. 6063
TUBO REDONDO EXTRUIDO
3.66m Largo estandar.
No. Catalogo 220710

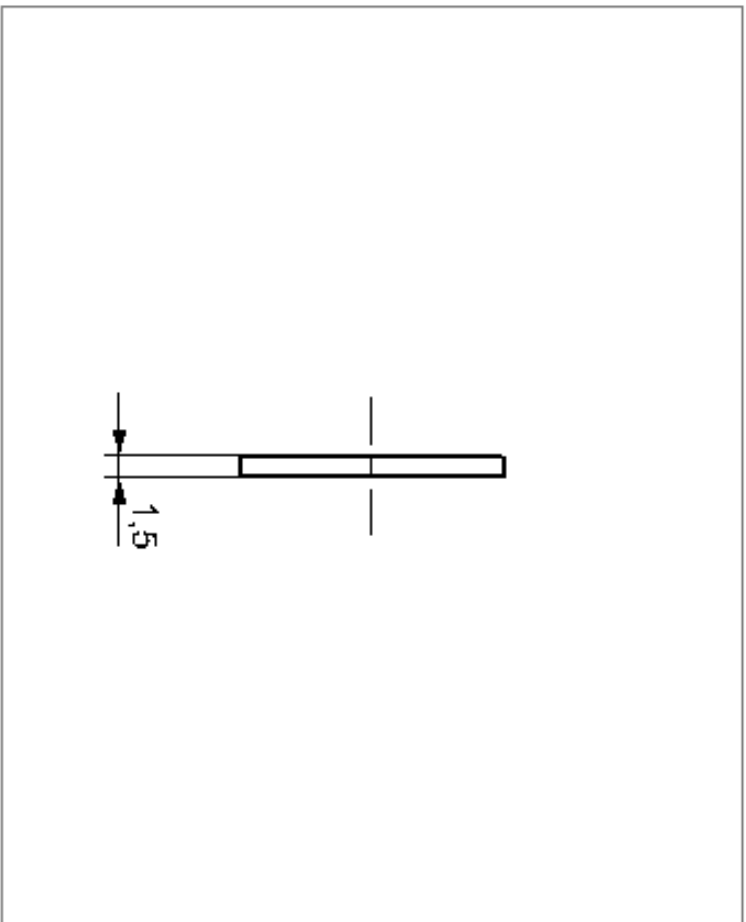
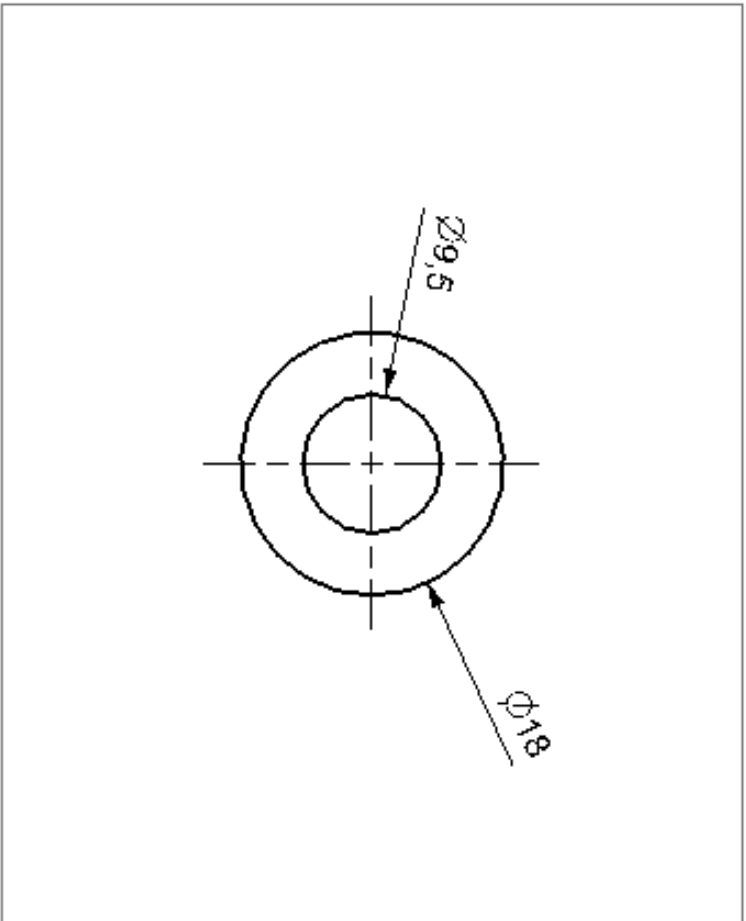


PROV. METALES DIAZ
ALEACION DISP. 6063
TUBO REDONDO EXTRUIDO
 6.1m Largo estandar
 No. Catalogo 2235601SA

TUBO			
A4	ALUMINIO 6063	1:1	
		LUIS G./DIEGO V.	mm
VICENTE BORJA R.		20.03.2018	

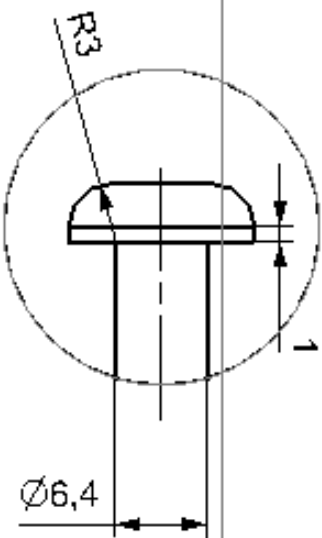
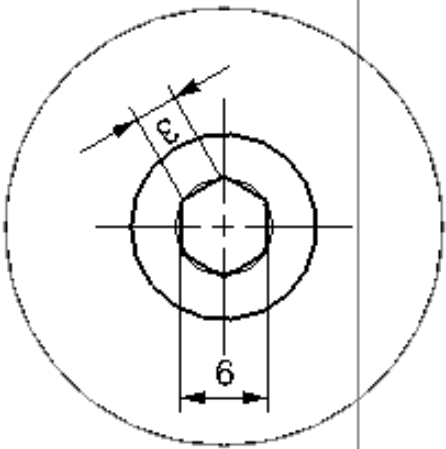
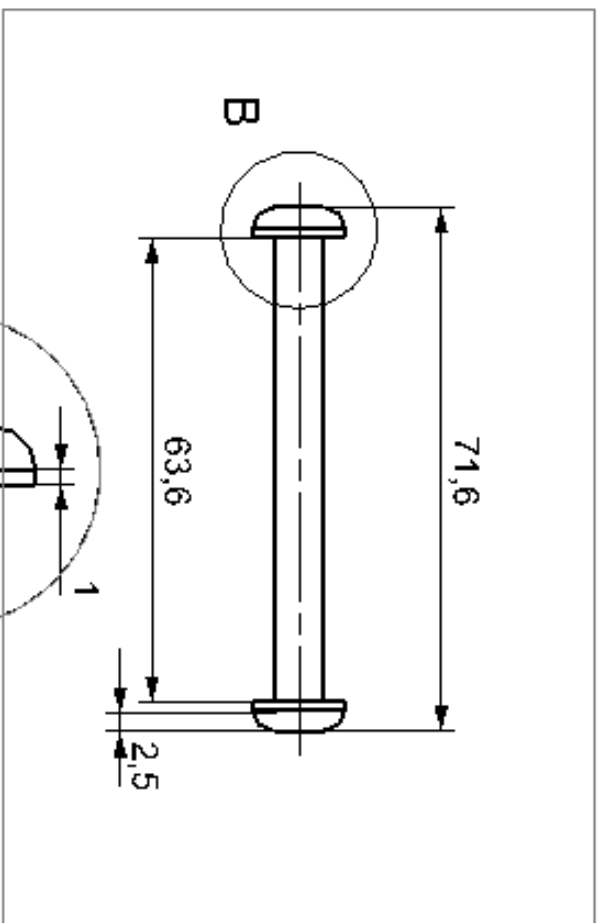
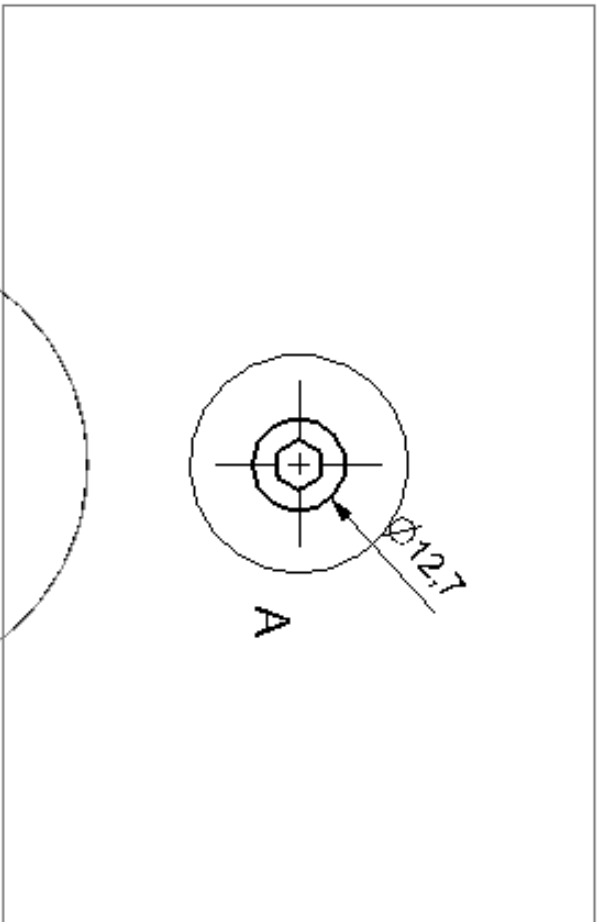


SEGURO BOLITA		
A4	ACERO INOX.	1:1
		mm
LUIS G./DIEGO V. VICENTE BORJA R.		20.03.2018



PROV. TORNILLERIA TOLEDO
 ACERO INOX. A2
 DIN 125 ROND.PLANA
 No. Catalogo XRP100

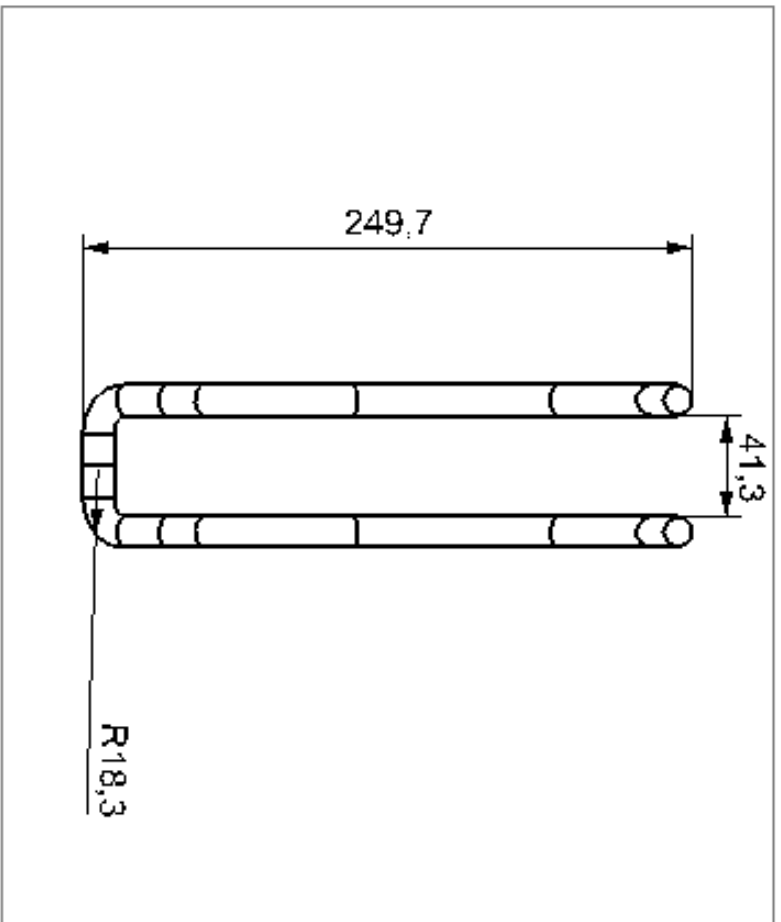
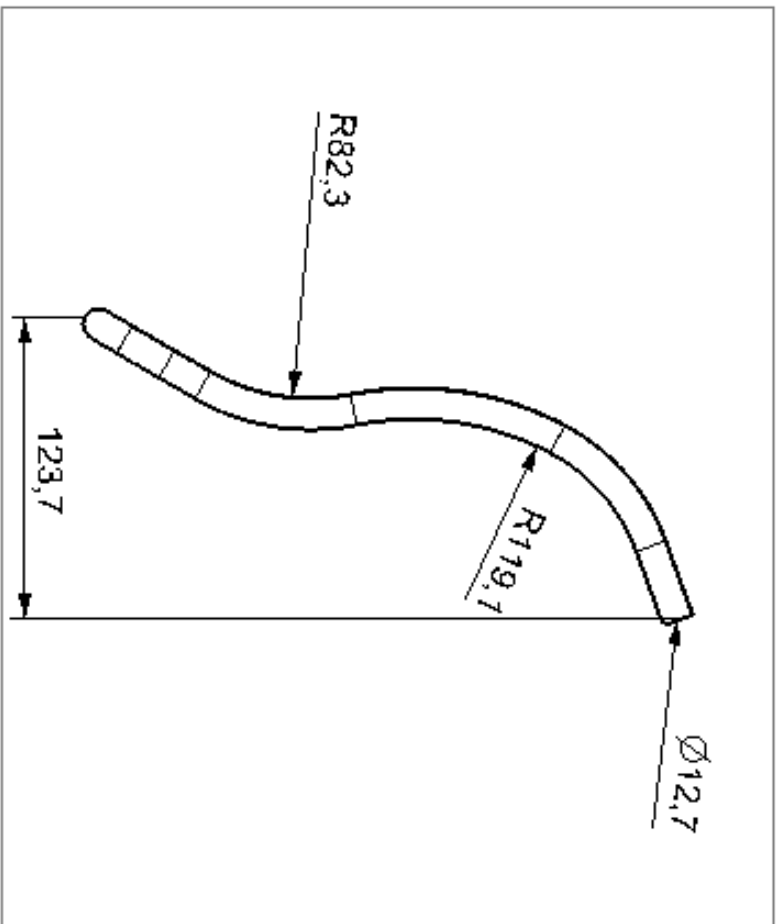
RONDANA LLANTA DELANTERA			
A4	ACERO INOX.	1:1	
		LUIS G./DIEGO V.	mm
VICENTE BORJA R.			20.03.2018



DETAIL A
SCALE 2:1

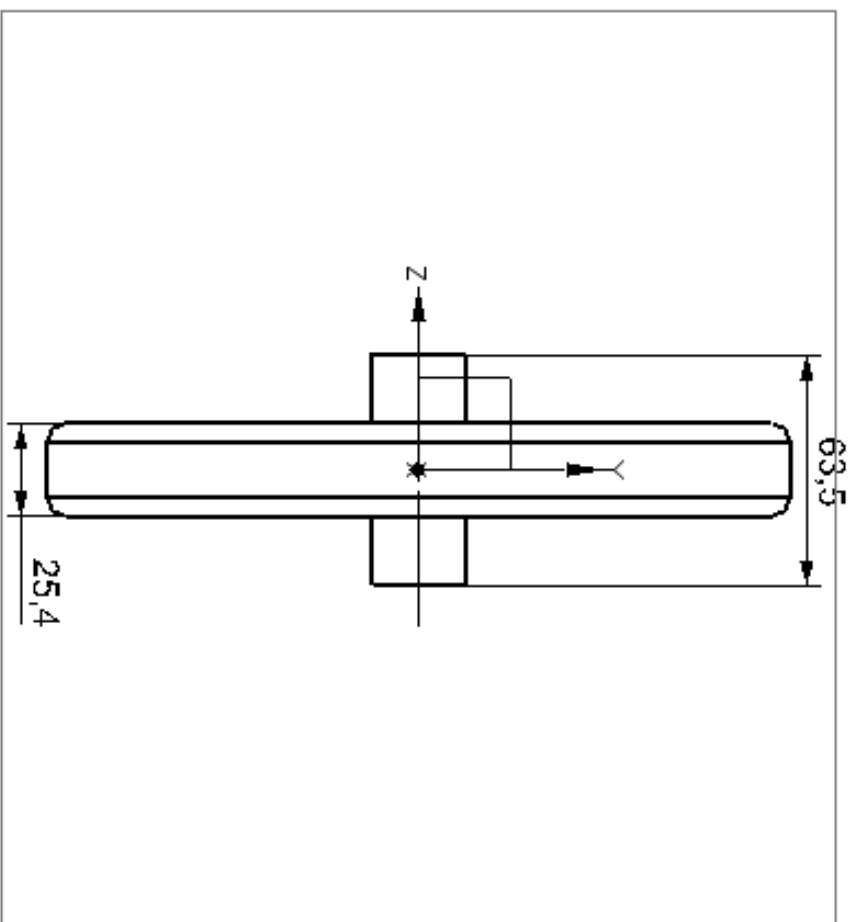
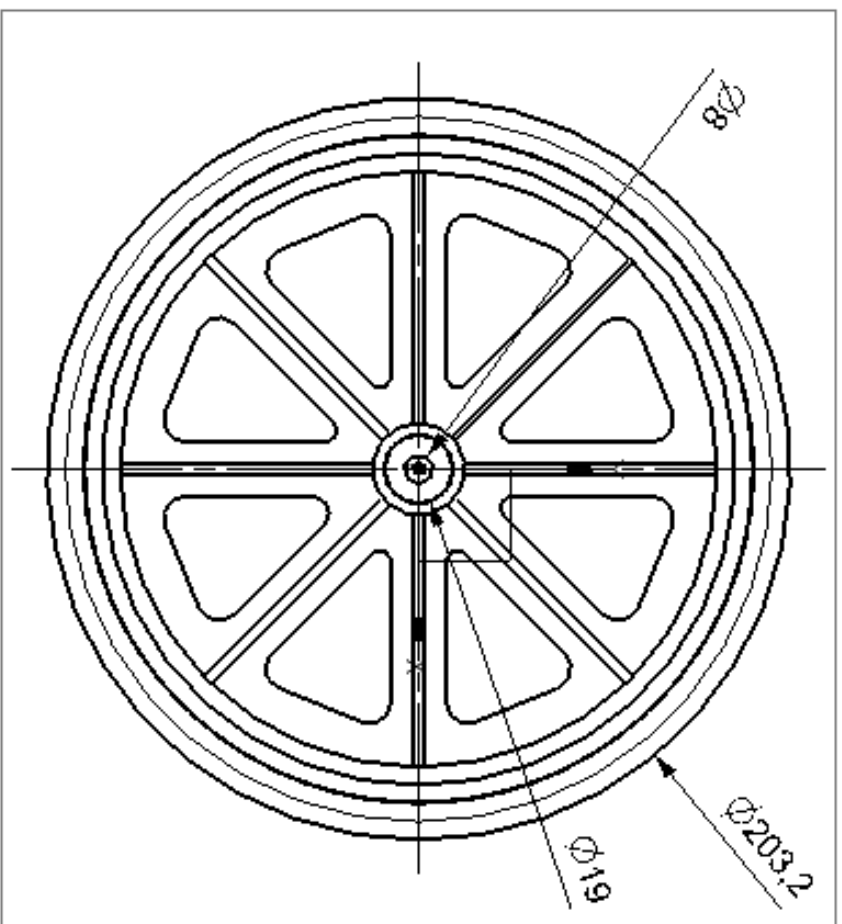
DETAIL B
SCALE 2:1

PERNO PERFIL			
A4	ACERO INOX.	1:1	mm
		LUIS G./DIEGO V.	20.03.2018
VICENTE BORJA R.			



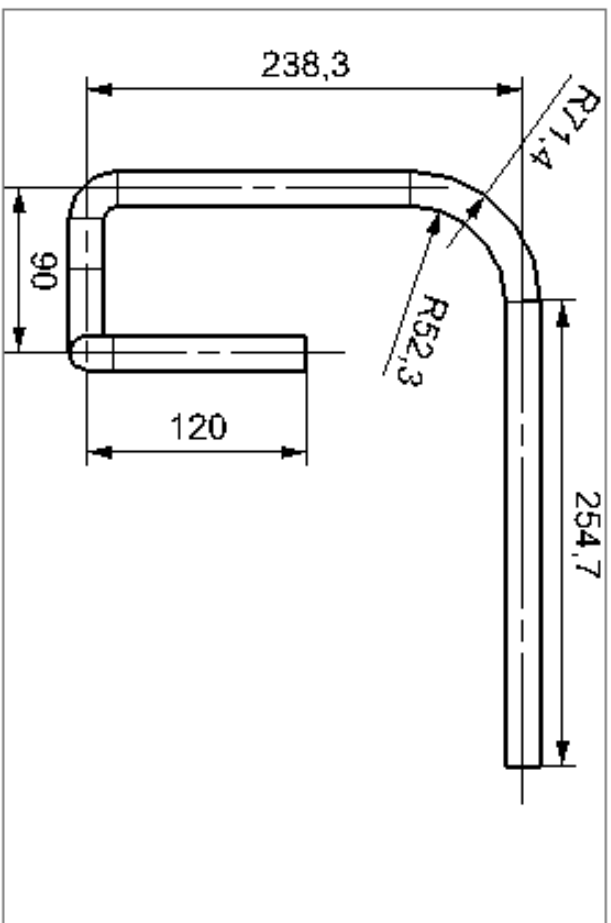
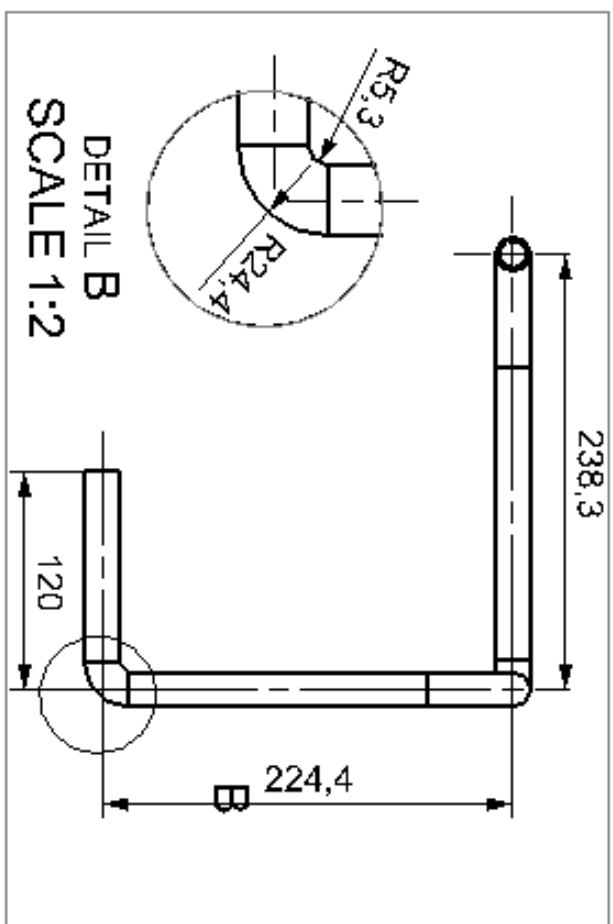
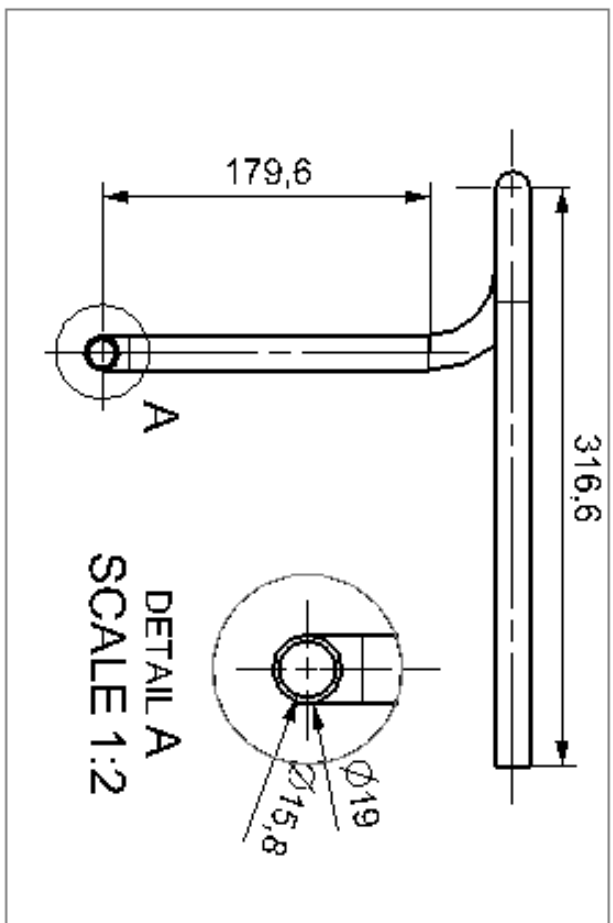
PROV. METALES DIAZ
 ALEACIÓN DISP. 6061
 BARRA REDONDA
 3.66M Longitud estandar
 No. Catalogo 1301103SA

PARADO		
A4	ALUMINIO 6061	
		1:1
LUIS G./DIEGO V.		mm
VICENTE BORJA R.		20.03.2018



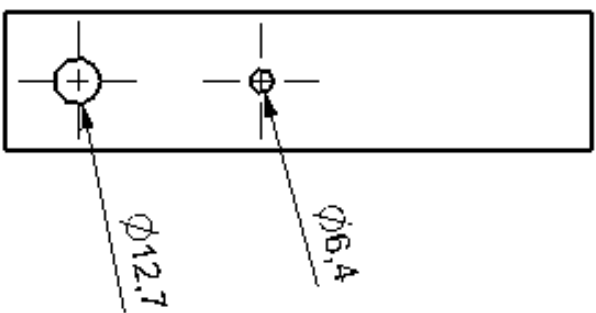
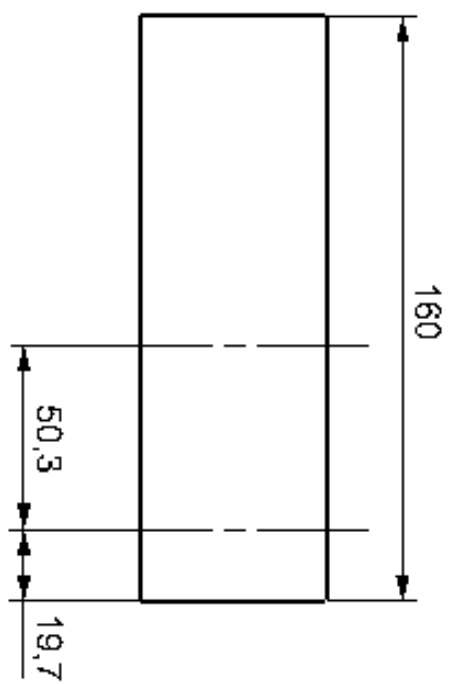
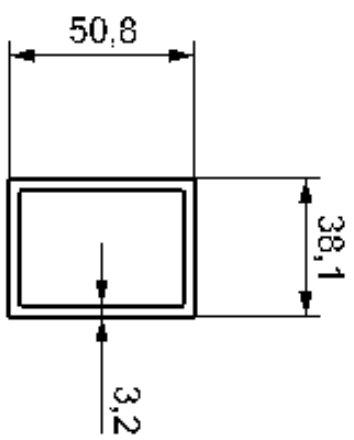
PROV. MERCADO LIBRE
PLASTICO Y BALEROS DE ACERO

LLANTA TRASERA			
A4	PLASTICO		
	LUIS G./DIEGO V.	mm	20.03.2018
	VICENTE BORJA R.		



PROV. METALES DÍAZ
 ALEACIÓN DISP. 6063
 TUBO REDONDO EXTRUIDO
 3.66m Largo estandar
 No. Catalogo 220780

CUADRO PIES			
A4	ALUMINIO 6063	1:1	mm
		21.03.2018	
	LUIS G./DIEGO V. VICENTE BORJA R.		



PROV. CUPRUM
ALEACI3N DISP. 6061
TUBO CUADRADO ESQ. CUADRADAS
 3,66m Largo estandar
 No. Catalogo 22091

CUADRO ENTRE BARRAS



A4

ALUMINIO 6061

1:1

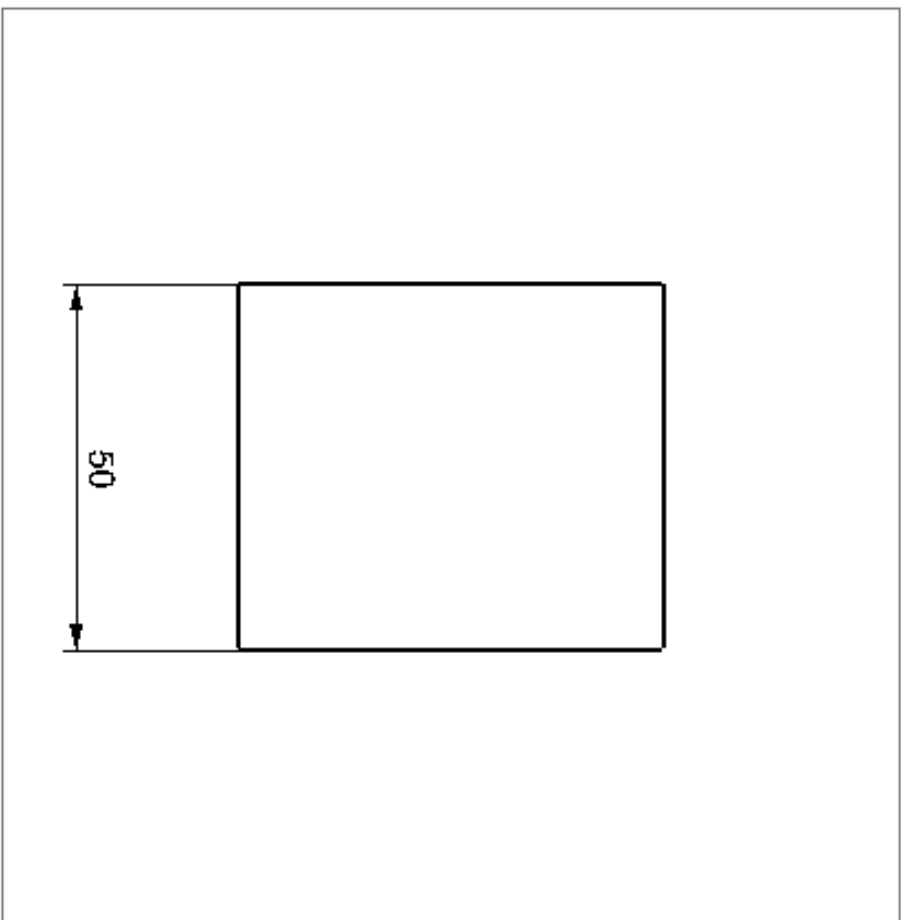
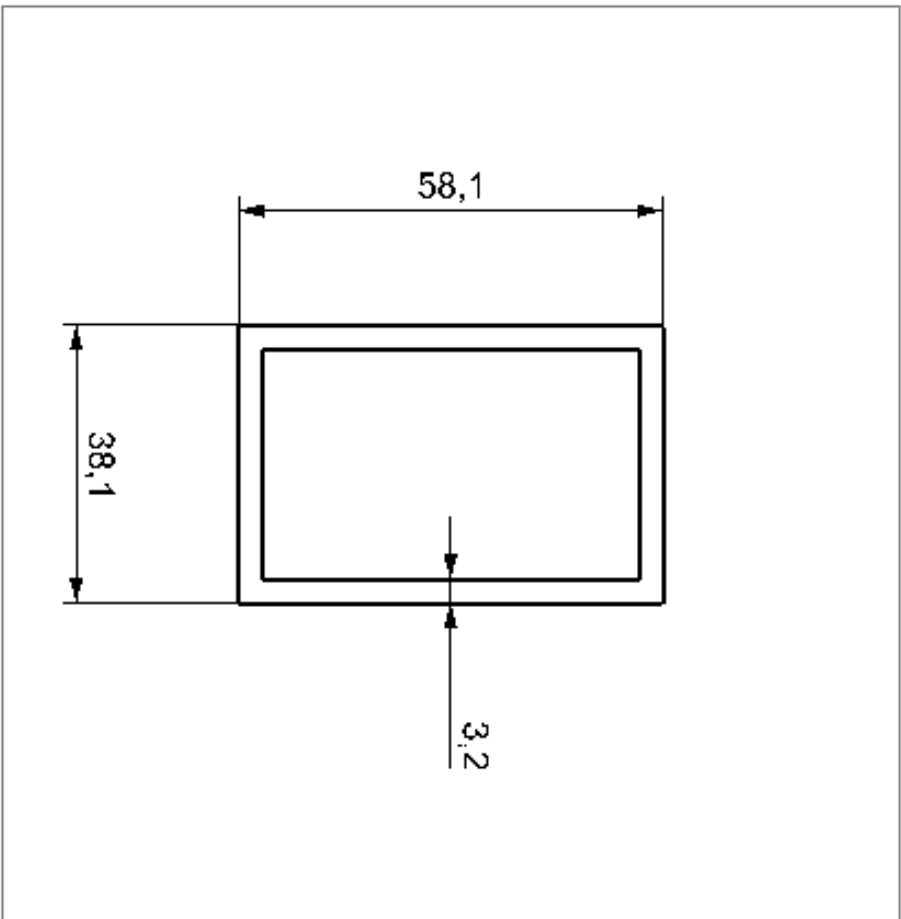
LUIS G./DIEGO V.

mm



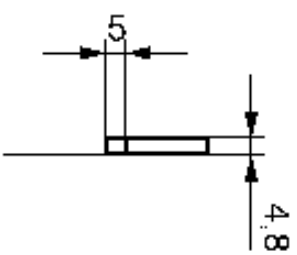
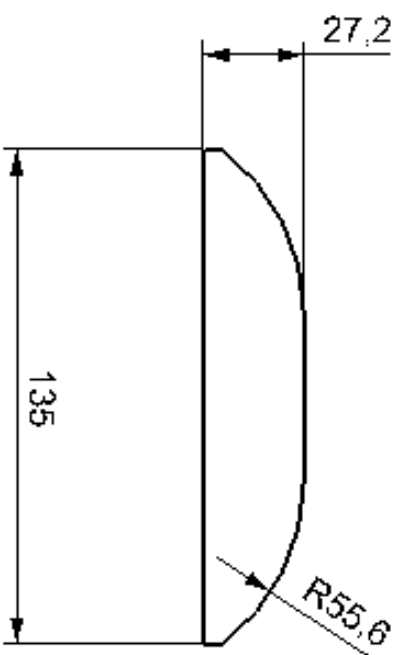
VICENTE BORJA
R.

21.03.2018



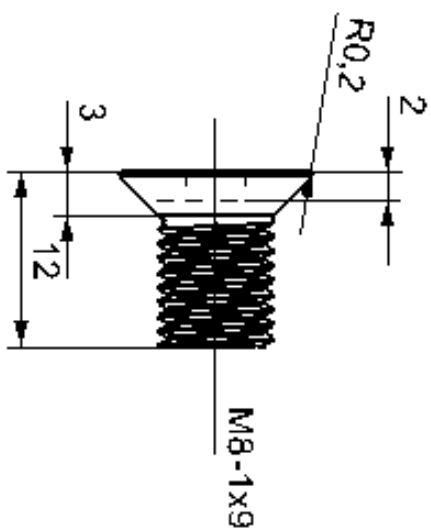
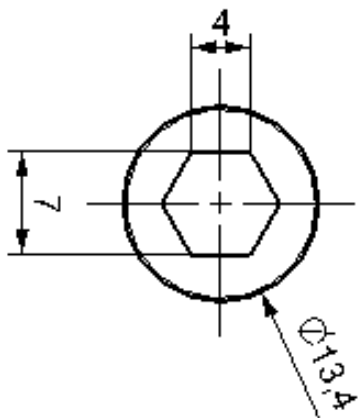
PROV. CUPRUM
ALEACIÓN DISP. 6061
TUBO CUADRADO ESQ. CUADRADAS
 3,66m Largo estándar
 No. Catalogo 22091

CUADRO SOPORTE		
A4	ALUMINIO 6061	1:1
	LUIS G./DIEGO V. VICENTE BORJA R	mm
		21.03.2018



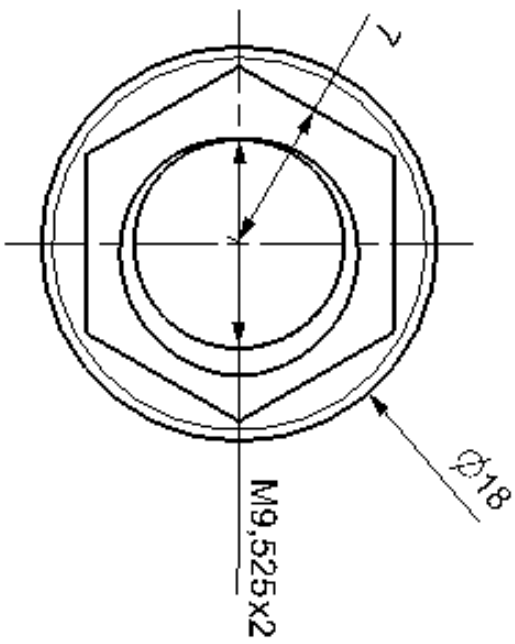
PROV. METALES DÍAZ
ALEACIÓN DISP. 6061
SOLERA
 3.66m Largo estandar
 No. Catalogo 1809103SA

ARCO SUPERIOR		
A4	ALUMINIO 6061	
		1:1
LUIS G./DIEGO V.		mm
VICENTE BORJA R.		21.03.2018

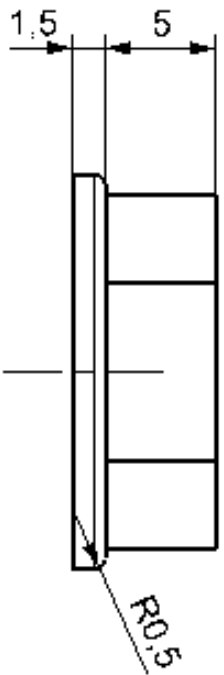


PROV. TORNILLERÍA TOLEDO
 ACERO INOX. A2
 DIN 7991 CAB. PLANA ALLEN
 No. Catalogo XAPM08016

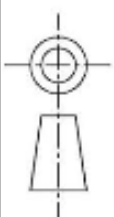
TORNILLO BASE PIES			
A4	ACERO INOX. A2	1:1	
		LUIS G./DIEGO V.	mm
VICENTE BORJA			20.03.2018



PROV. TORNILLERÍA TOLEDO
 ACERO
 TUERCA FLANGE ASERRADA MÉTRICA
 No. Catalogo NFAM10



TUERCA LLANTA DELANTERA



A4

ACERO

1:1

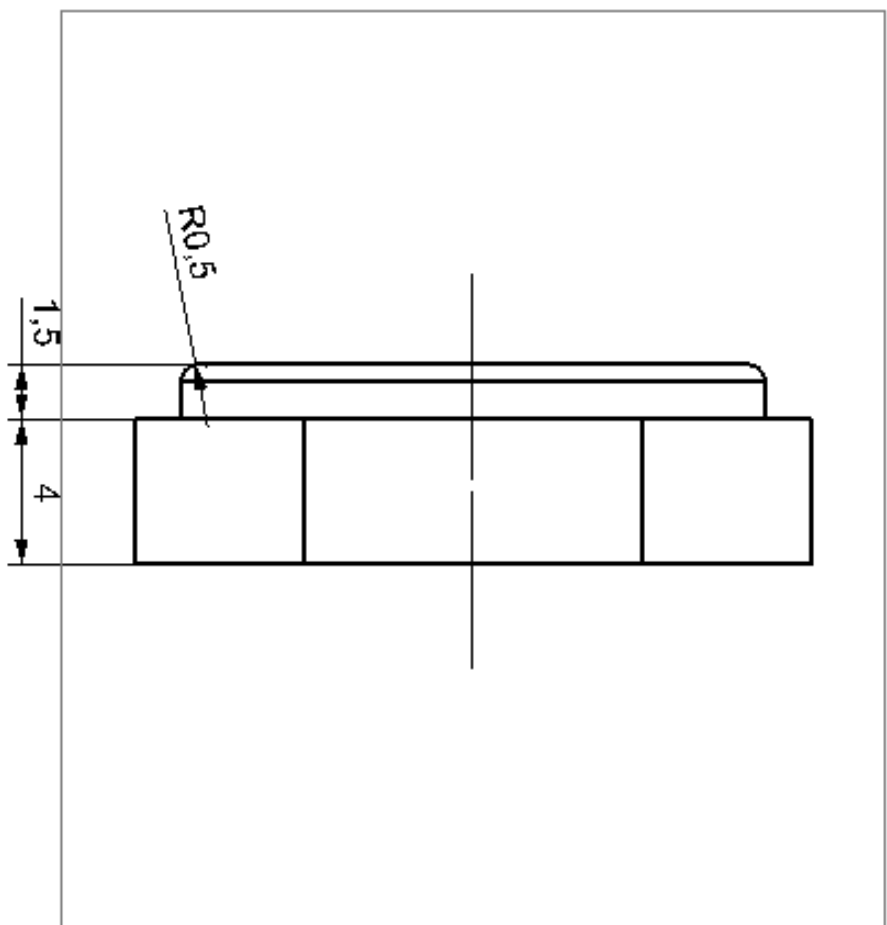
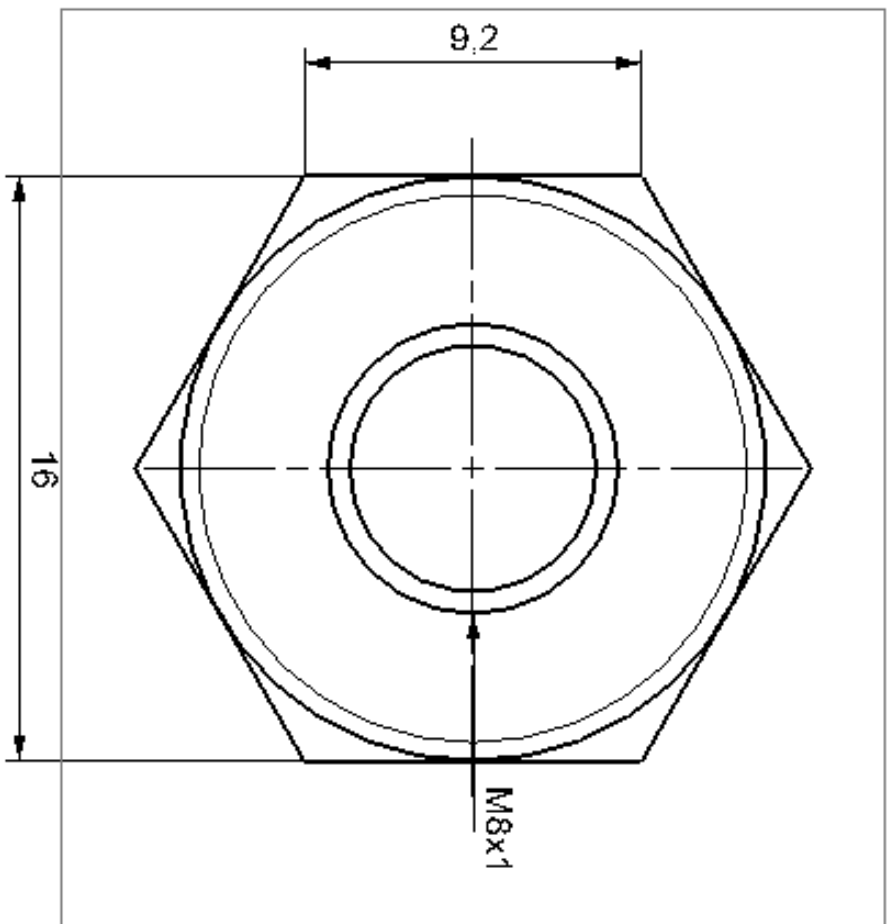
LUIS G./DIEGO V.

mm




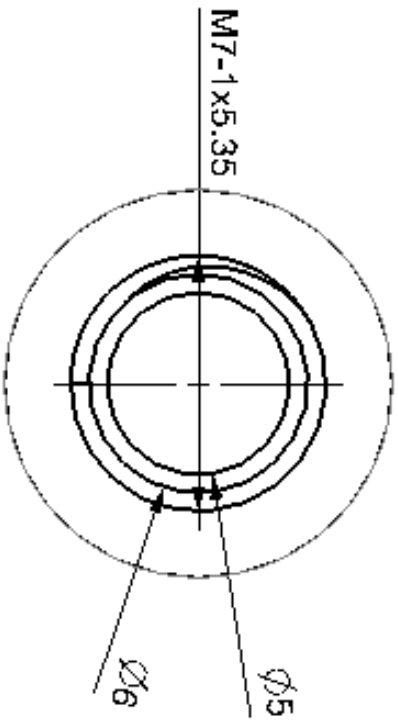
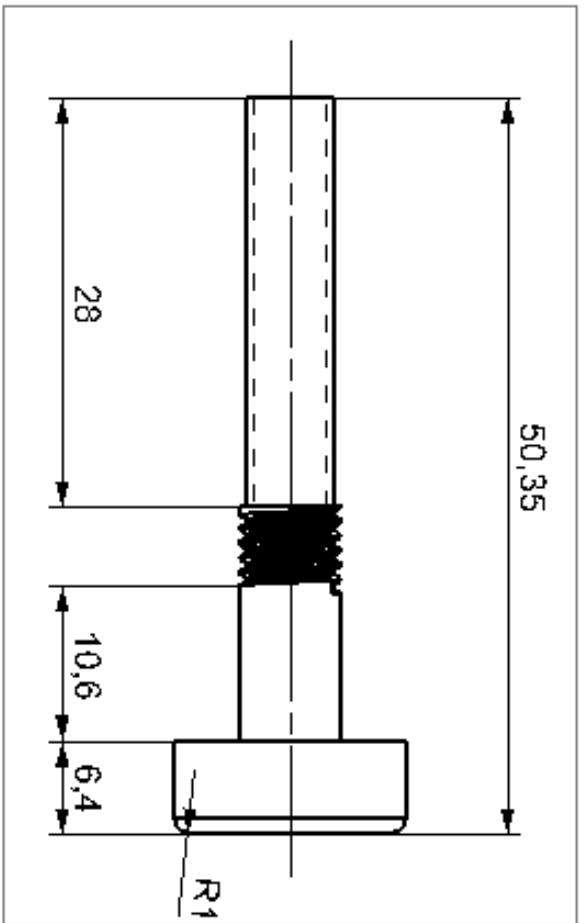
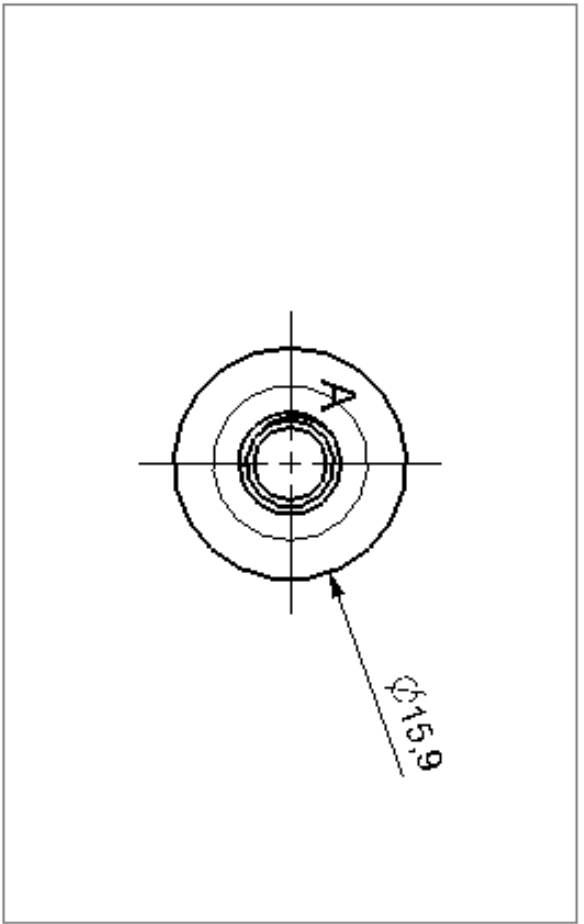
VICENTE BORJA
 R.

20.03.2018



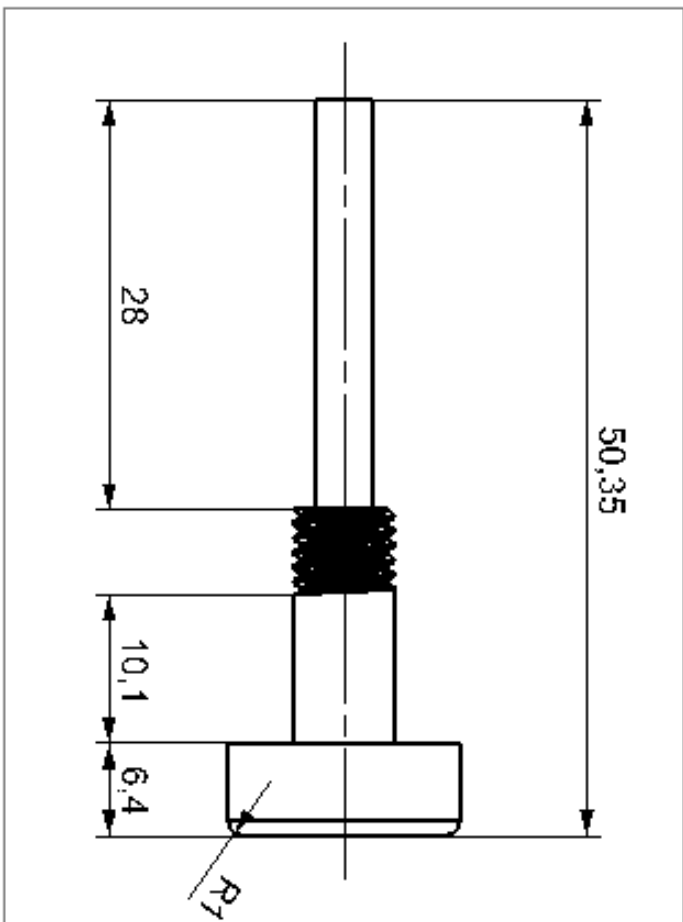
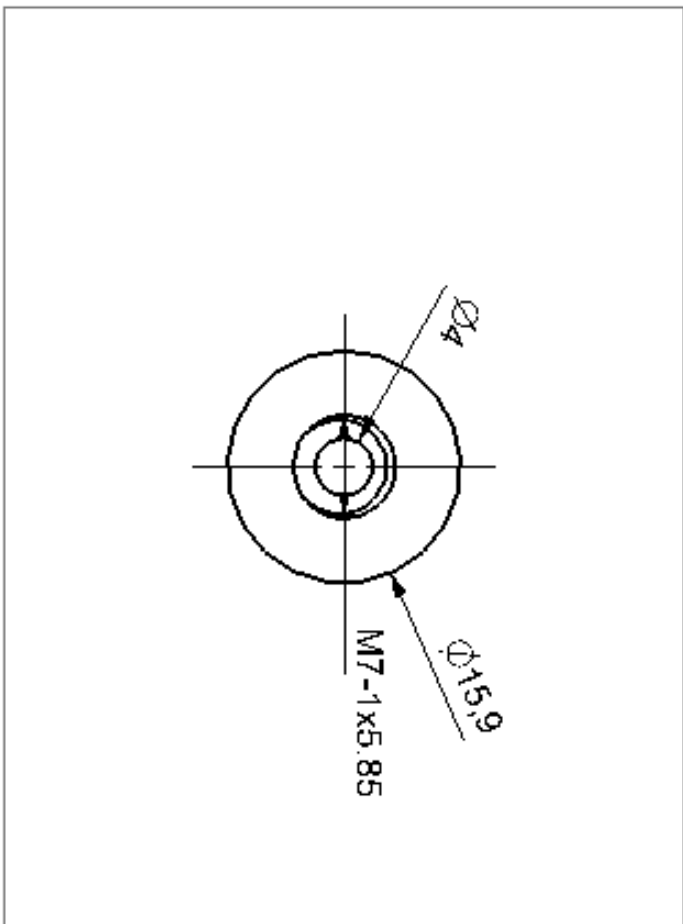
PROV. TORNILELERIA TOLEDO
 ACERO INOX. A2
 DIN 985 TUERCA MIL. INS. NYLON
 No. Catalogo XNXYM08

TUERCA BASE PIES		
A4	ACERO A2	1:1
		mm
LUIS G./DIEGO V. VICENTE BORJA R.		20.03.2018

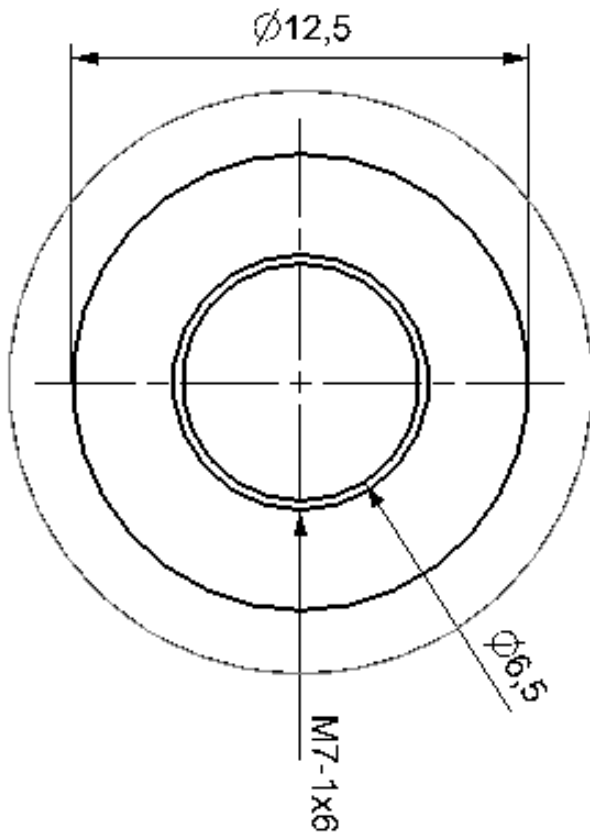
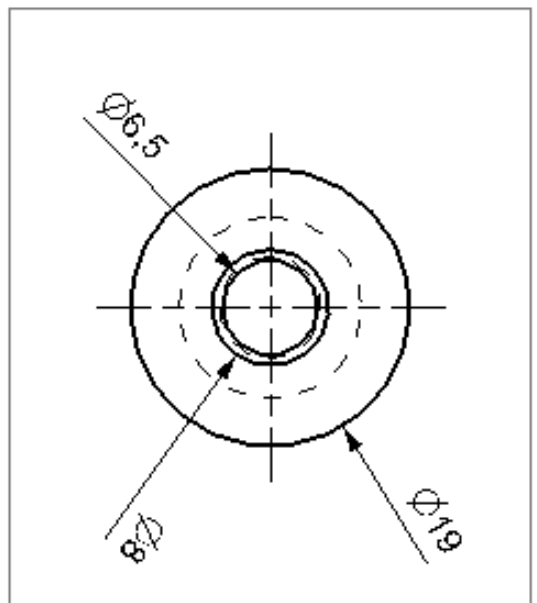
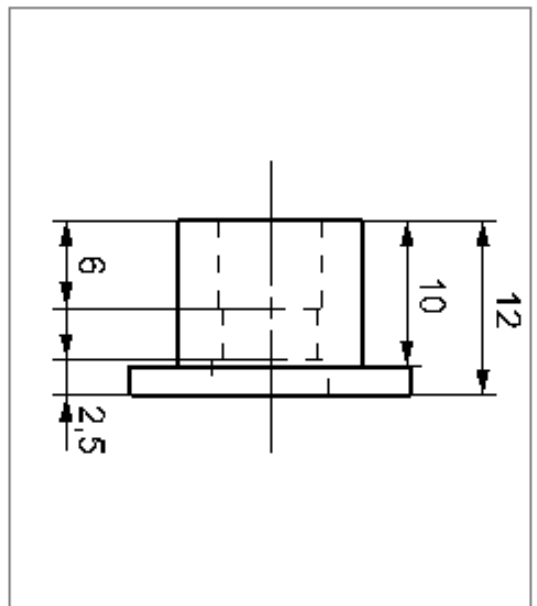
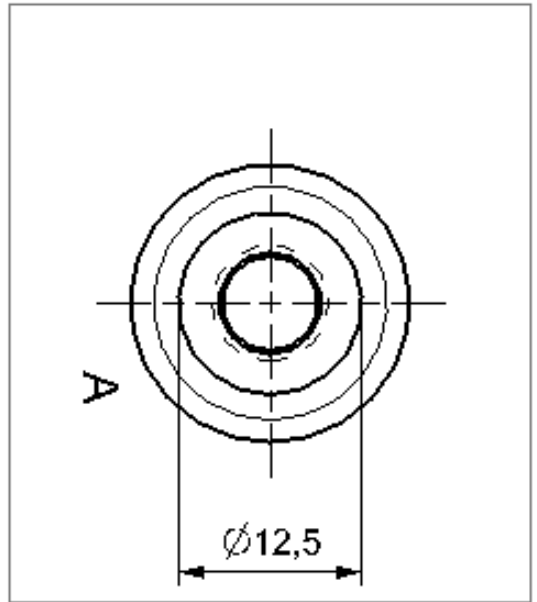


DETAIL A
SCALE 5:1

SEGURO_A		
A4	ACERO INOX.	1:1
	LUIS G./DIEGO V. VICENTE BORJA R	mm
		20.03.2018

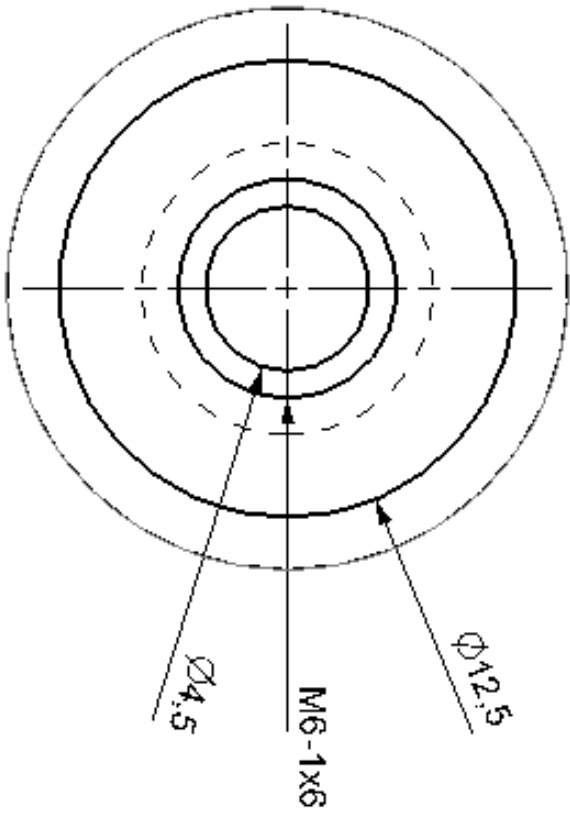
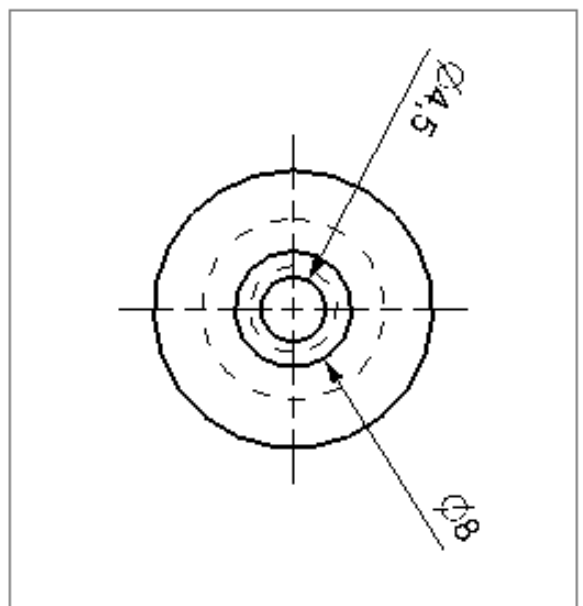
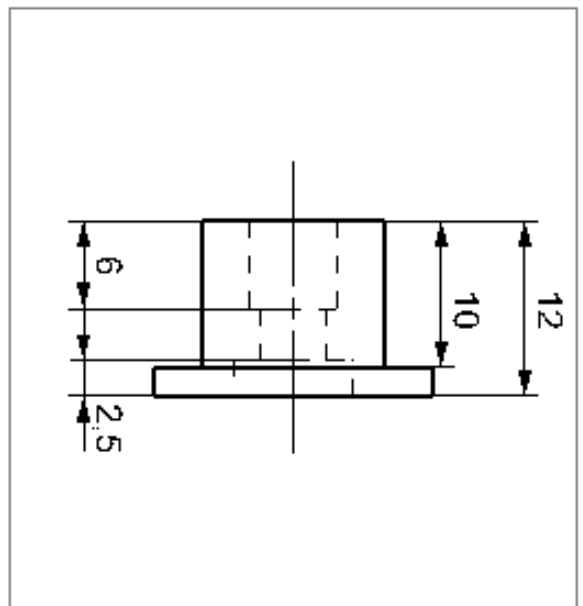
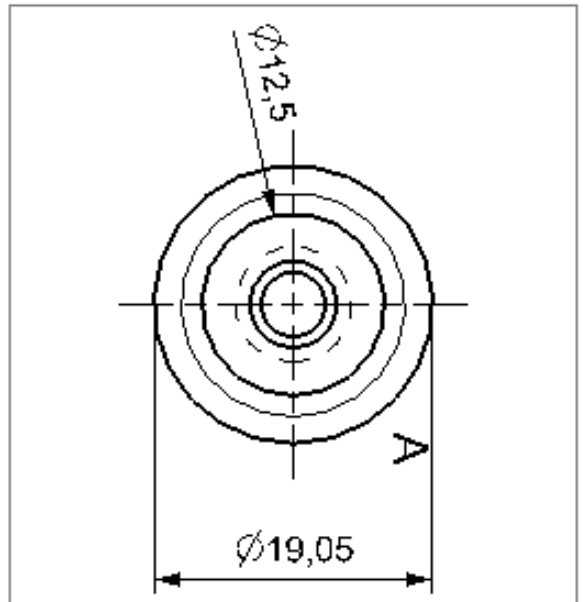


SEGURO_B			
A4	ACERO INOX.	1:1	
		LUIS G./DIEGO V.	mm
VICENTE BORJA R.		20.03.2018	



DETAIL A
SCALE 5:1

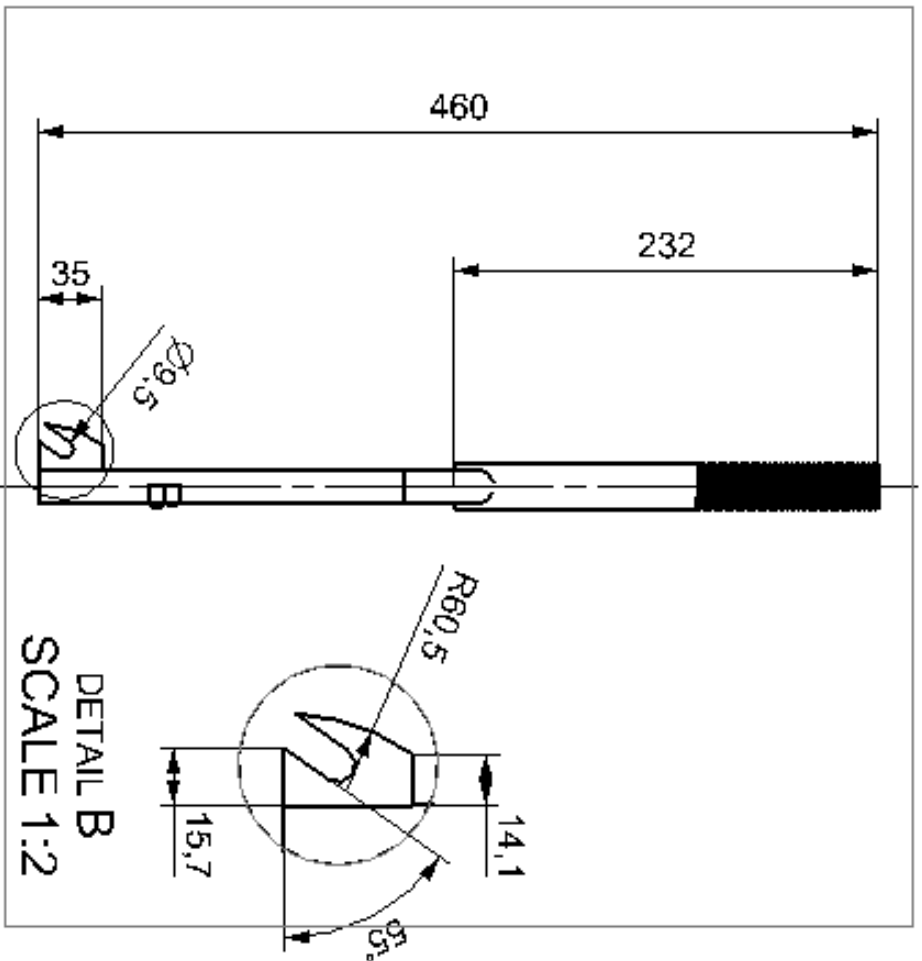
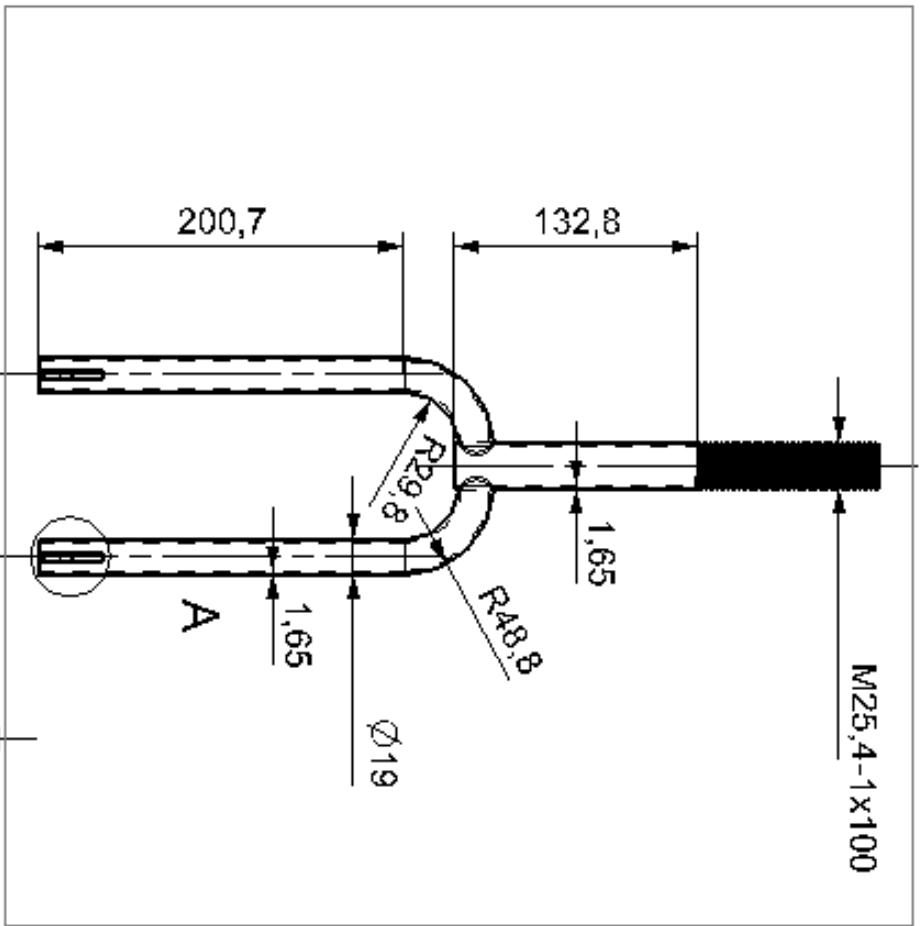
SEGURO_C		
A4	ACERO INOX.	1:1
		mm
LUIS G./DIEGO V. VICENTE BORJA R.		20.03.2018



DETAIL A
SCALE 5:1

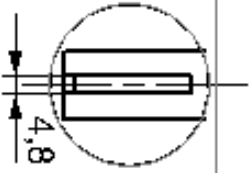
SEGURO_D		
A4	ACERO INOX.	1:1
	LUIS G./DIEGO V.	mm
	VICENTE BORJA R.	20.03.2018



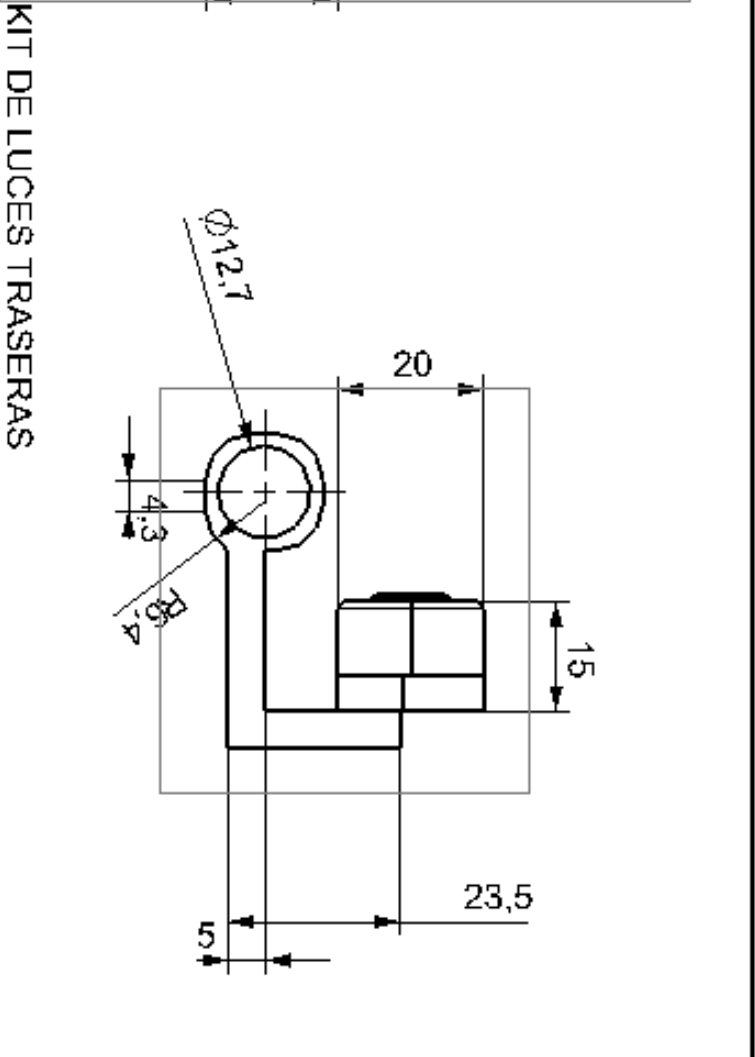
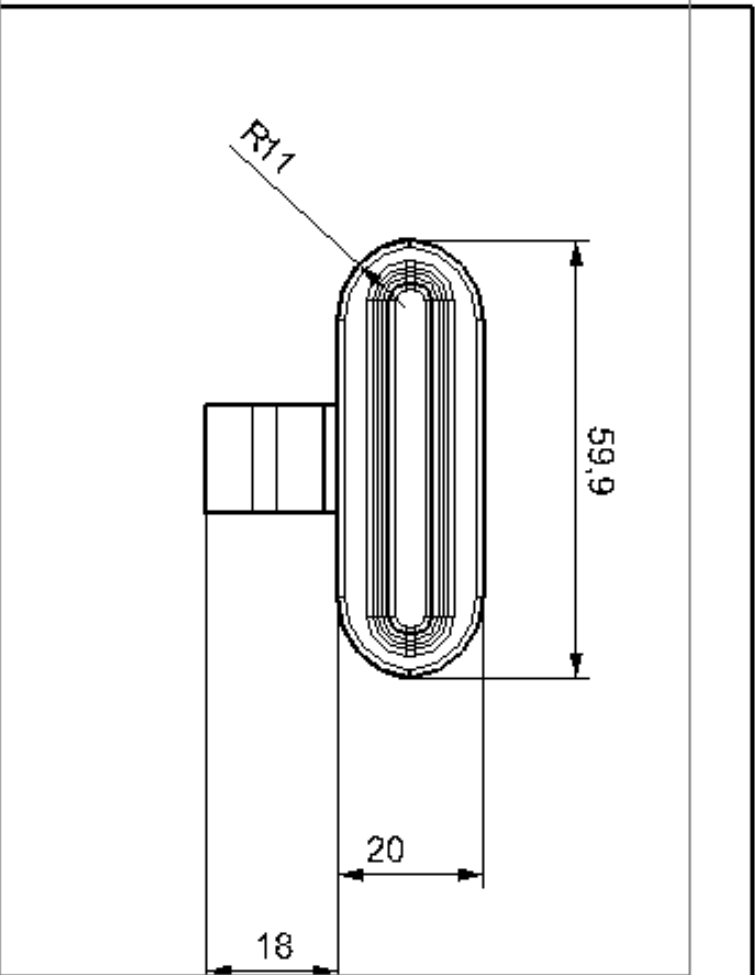


PROV. METALES DÍAZ
ALEACION DISP. 6063
TUBO REDONDO EXTRUIDO
3,66m Largo estandar
No. Catalogo 220780

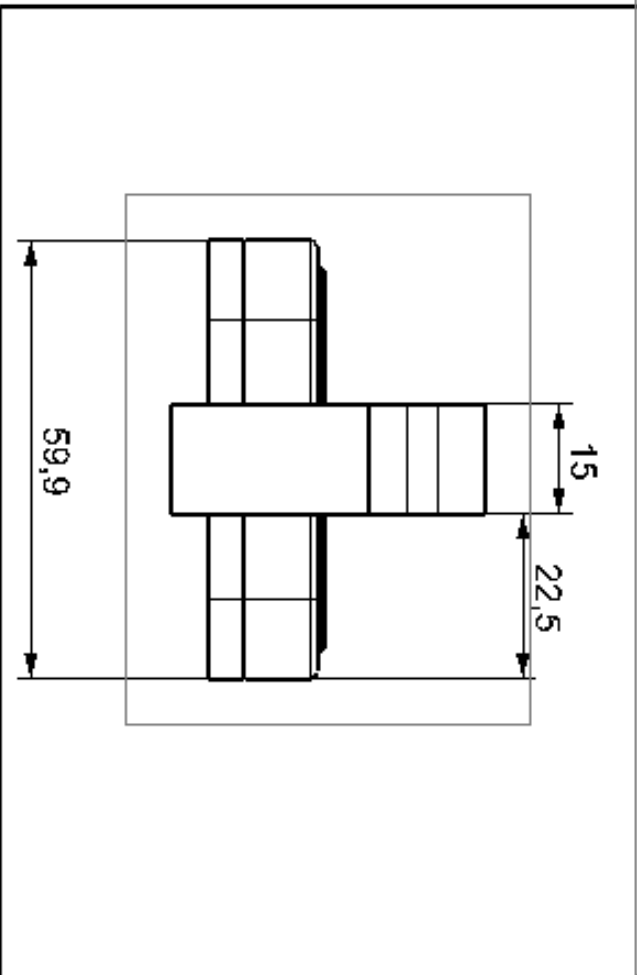
DETAIL A
SCALE 1:2



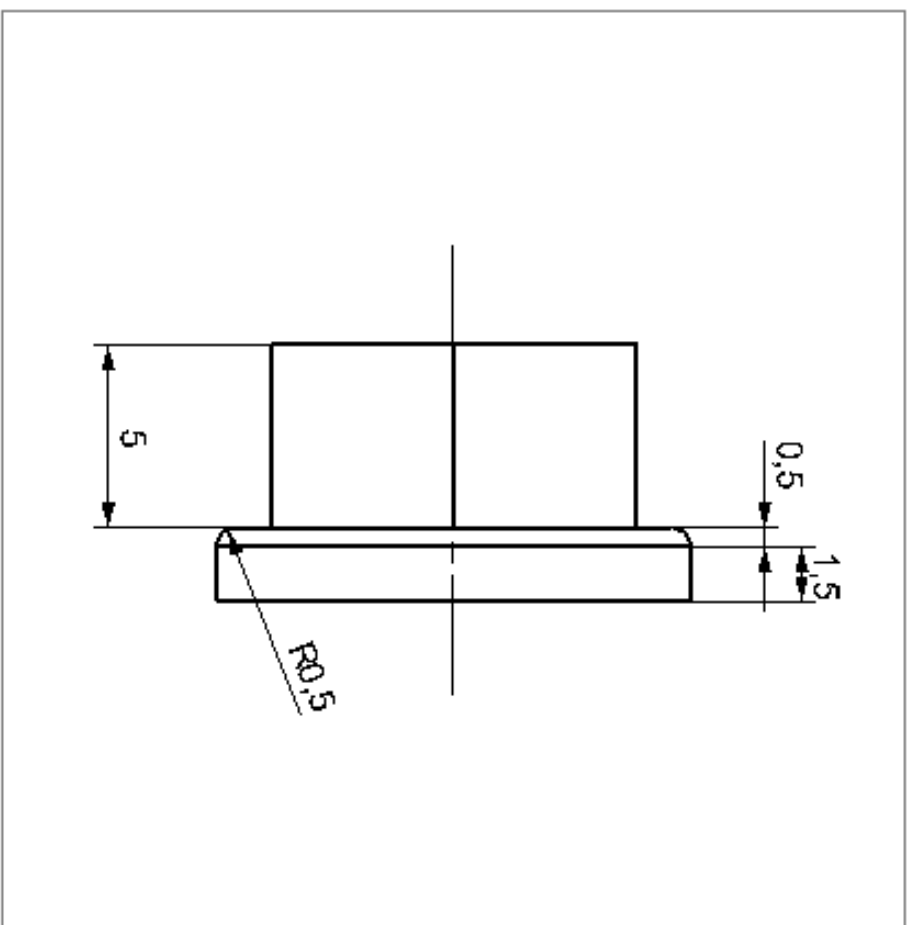
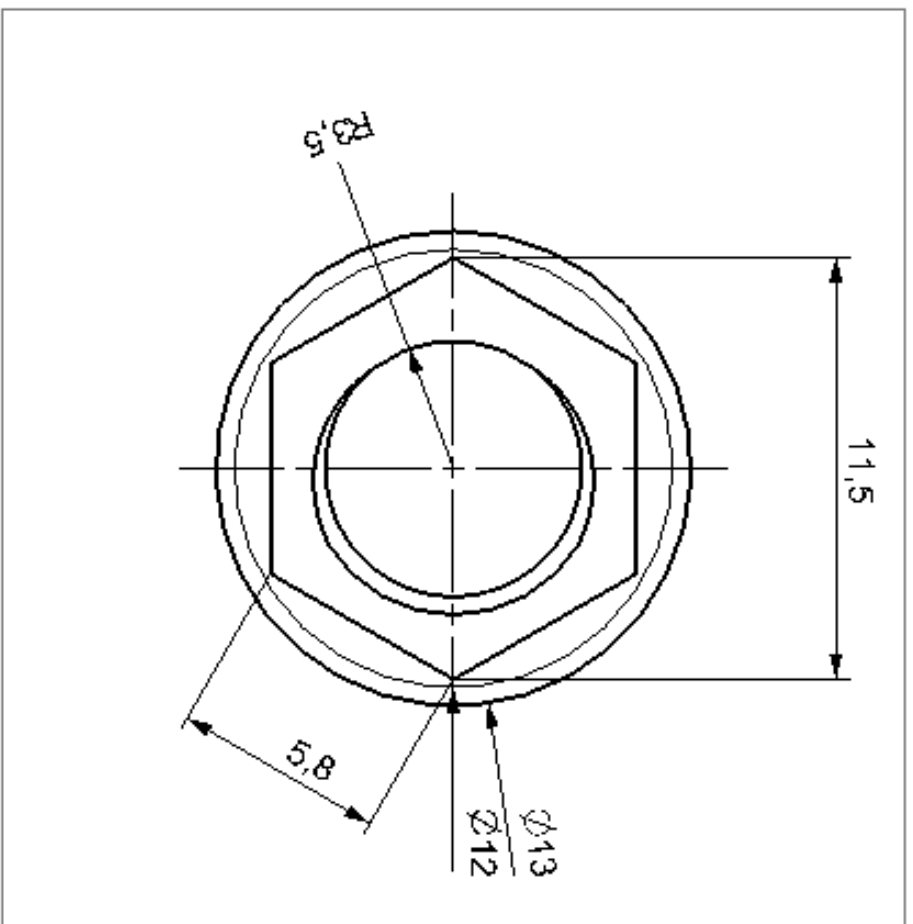
TUERA			
A4	ALUMINIO 6063	1:1	
		LUIS G./DIEGO V.	mm
VICENTE BORJA R.			20.03.2018



KIT DE LUCES TRASERAS
 PROVEEDOR: MERCADO LIBRE
 USB RECARGABLES

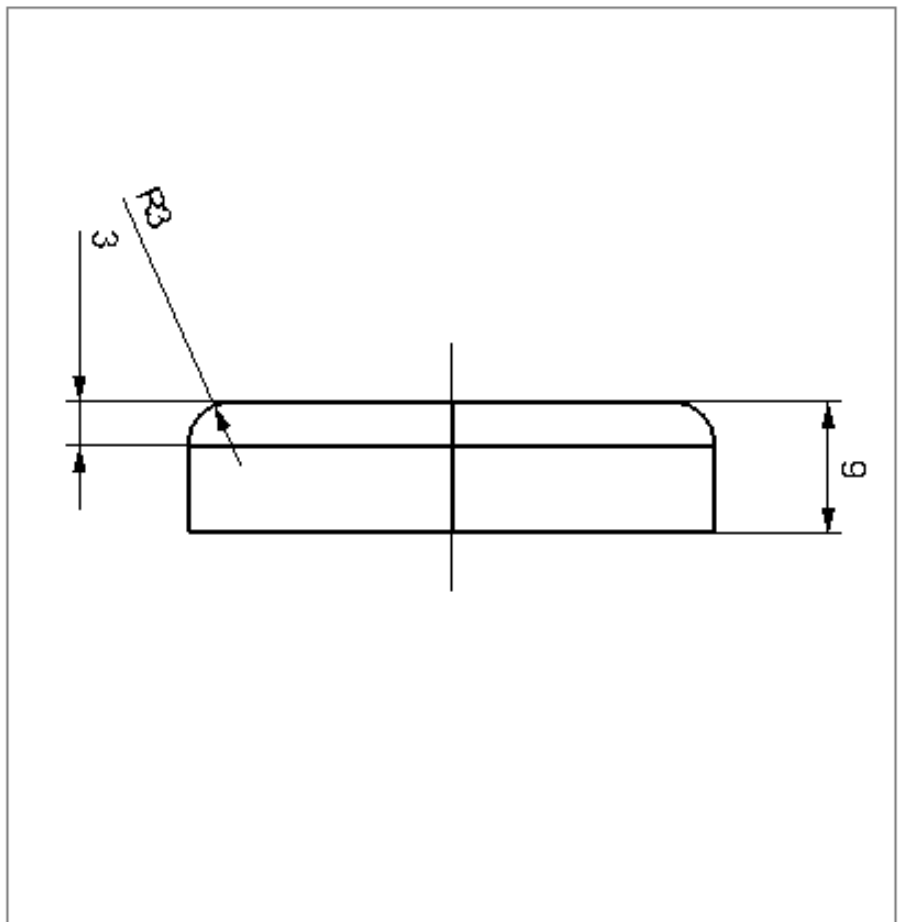
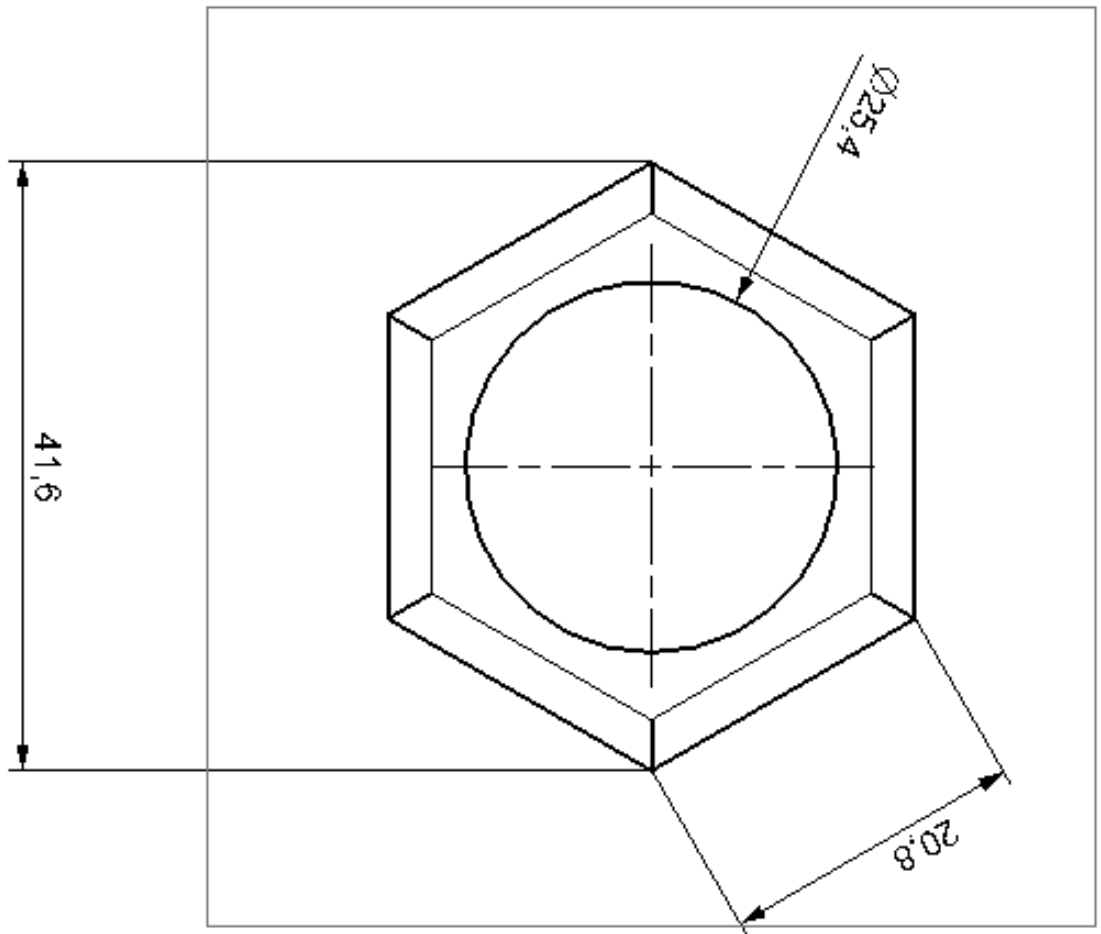


LUCES TRASERAS			
A4	DIVERSOS	1:1	
		LUIS G./DIEGO V.	mm
VICENTE BORJA R.		20.03.2018	



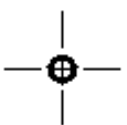
TUERCA FLANGE
 ASERRADA METRICA
 PROVEEDOR: TORNILLERIA TOLEDO
 CLAVE PRODUCTO: NFAM08 8M

TUERCA LLANTA TRASERA			
A4	ACERO	5:1	
		LUIS G./DIEGO V.	mm
VICENTE BORJA R.			20.03.2018

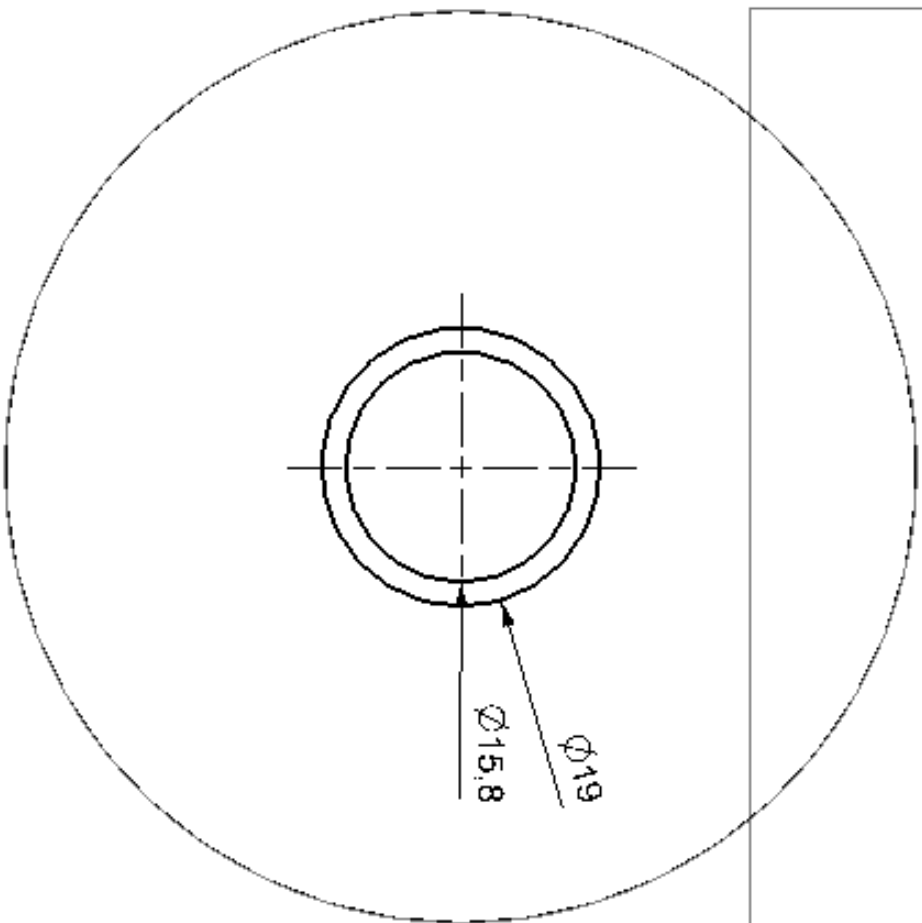
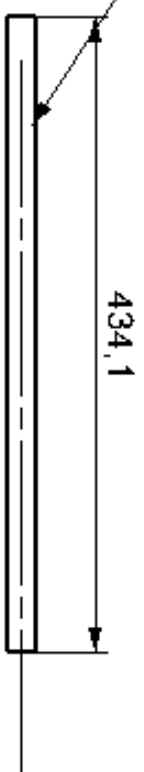


TUERCA BUJE		
A4	ALUMINIO 6061	
	LUIS G./DIEGO V.	mm
	VICENTE BORJA R.	20.03.2018

DETAIL A



ESCALA 1:5



DETAIL A
SCALE 2:1

PROV. METALEZ DIAZ
ALEACION DISP. 6063 T8
TUBO REDONDO ESTIRADO
3,66m Largo estandar
No. Catalogo 221

TUBO SEPARADOR

A4

ALUMINIO
6063 T8

LUIS G./DIEGO V.

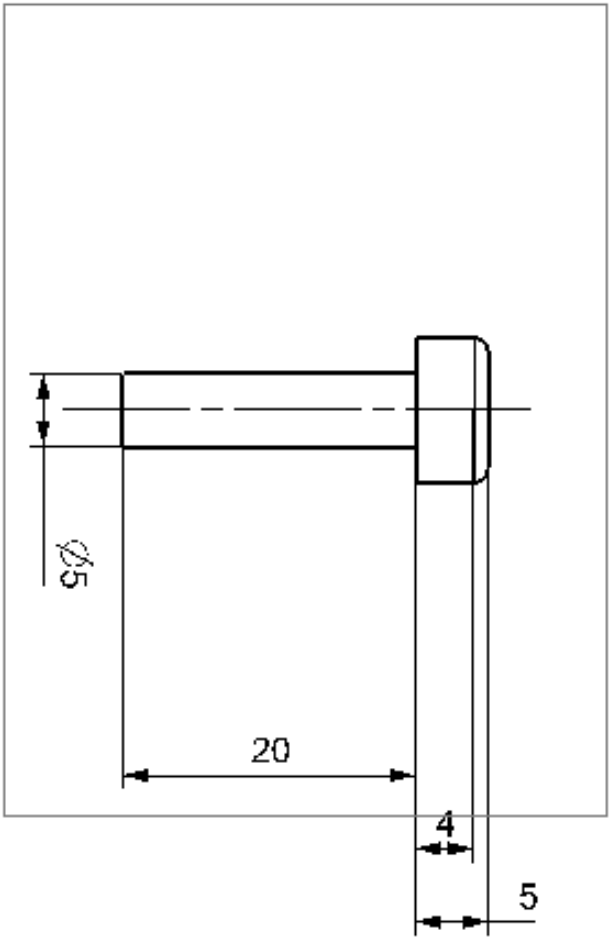
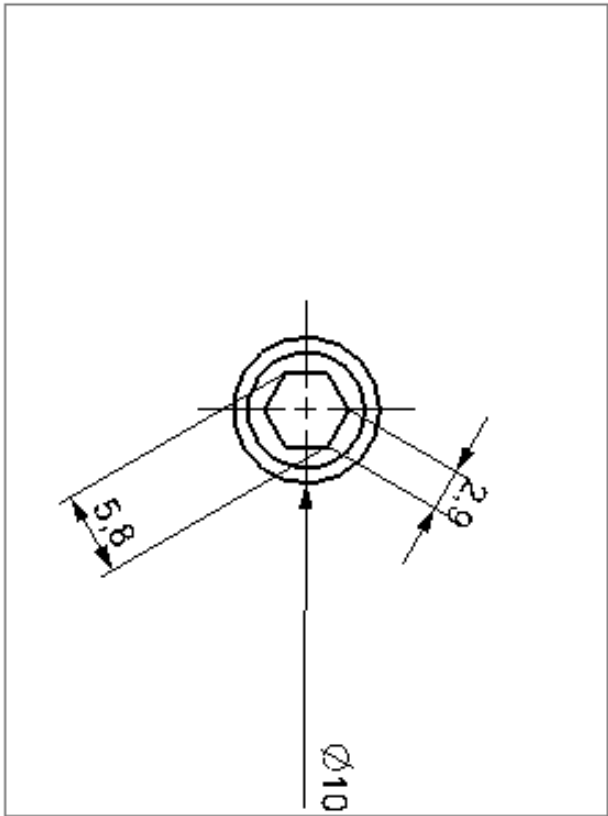
VICENTE BORJA
R



1:5

mm

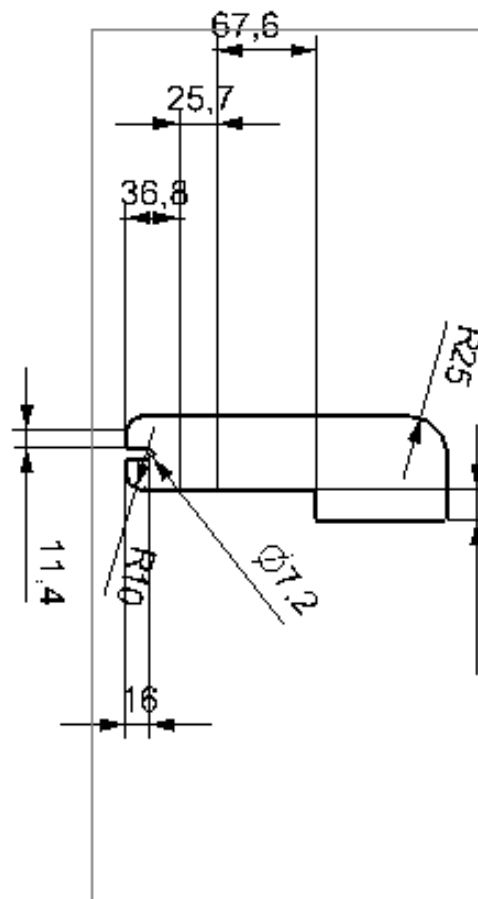
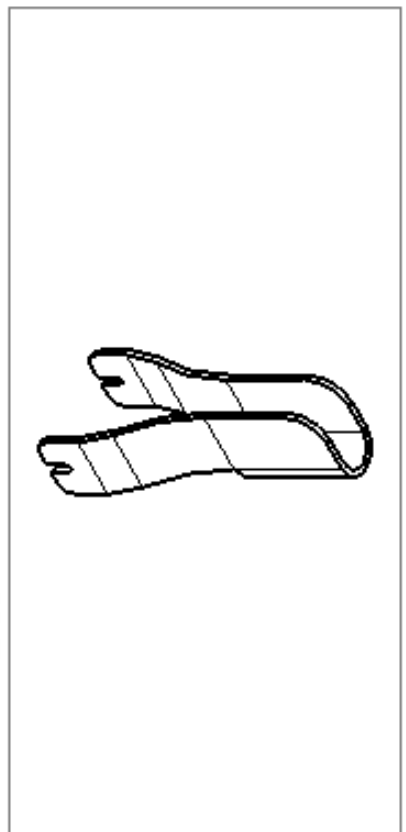
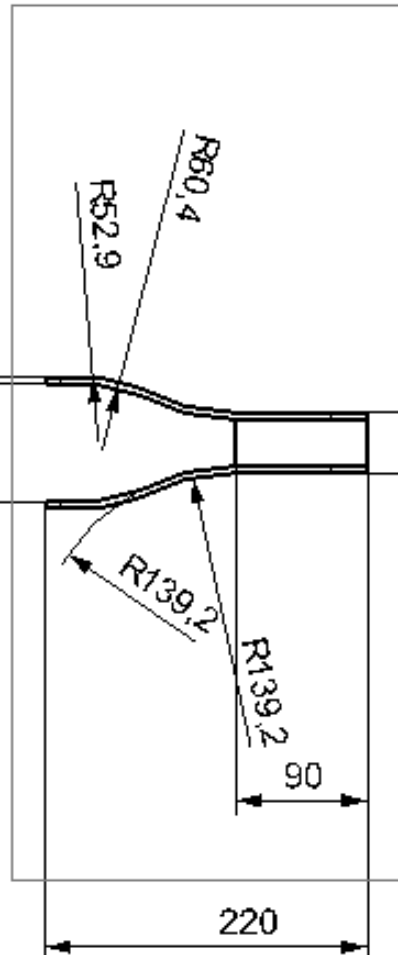
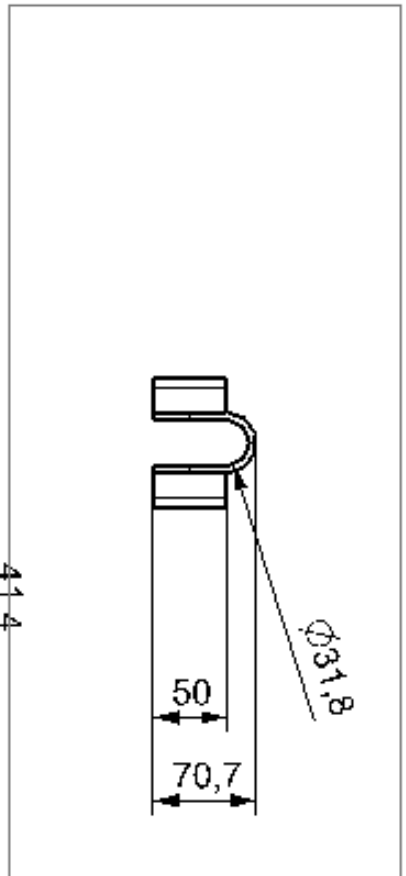
20.03.2018



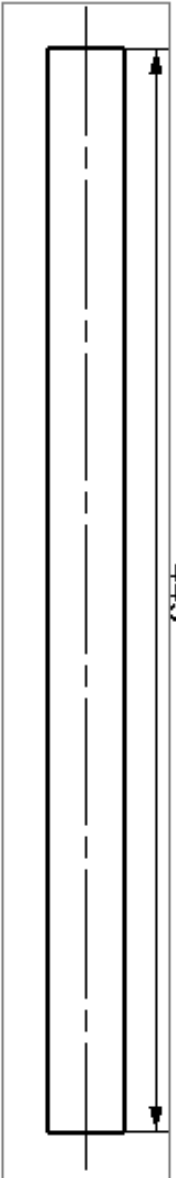
TORNILLO DIN ALLEN INOX A2
 5X20
 PROV. TOLEDO
 No. Catalogo XACM/05020

TORNILLO SEGURO CUERDA		
A4	ACERO INOX.	

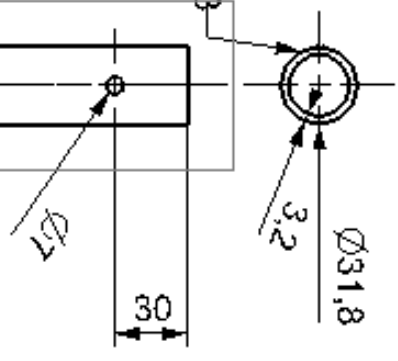
	LUIS G./DIEGO V.	mm
	VICENTE BORJA R.	



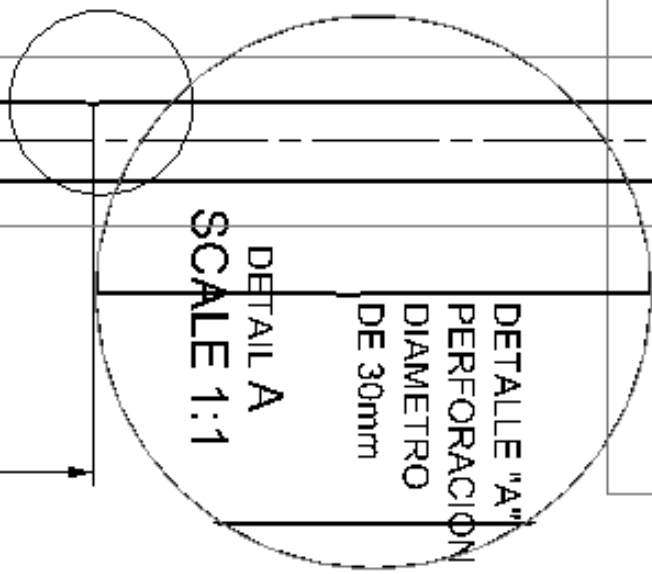
TIJERA TRASERA			
A4	ALUMINIO 6061	1:5	mm
		LUIS G./DIEGO V.	20.03.2018
VICENTE BORJA R.			



ESCALA 1:3

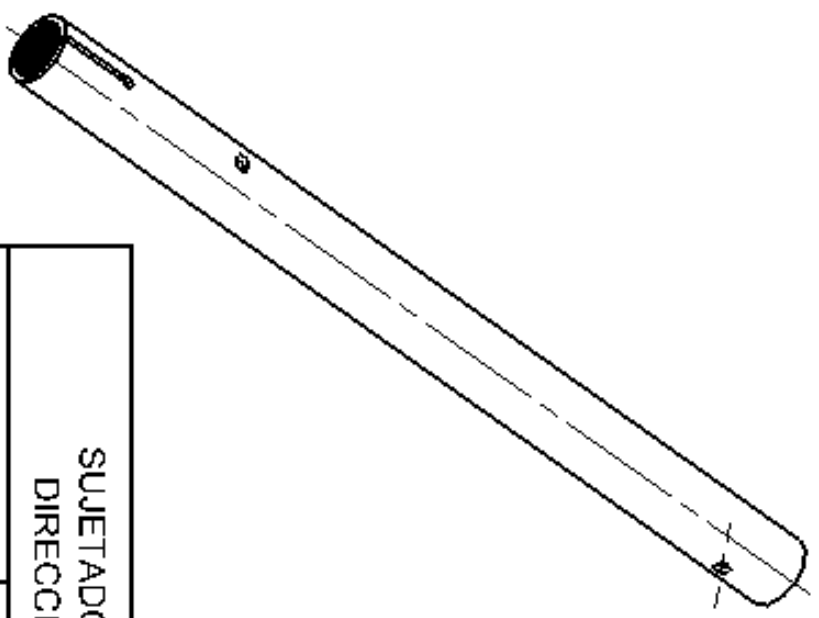


DETALLE "A"
PERFORACION
DIAMETRO
DE 30mm
DETALL A
SCALE 1:1

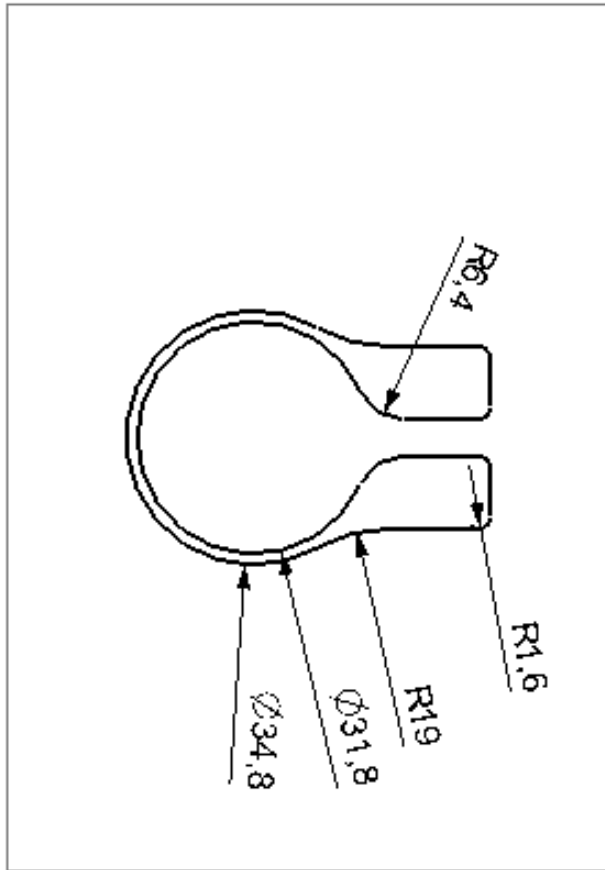
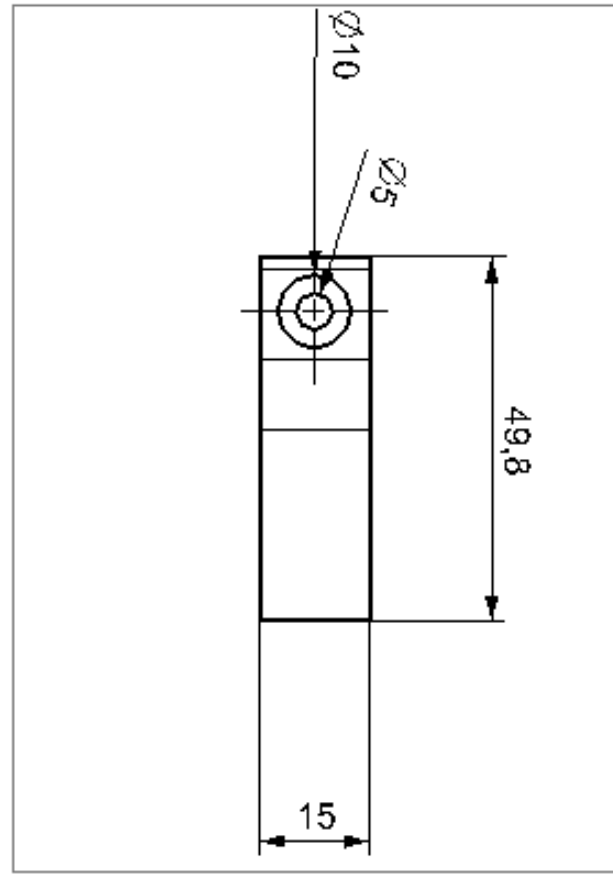
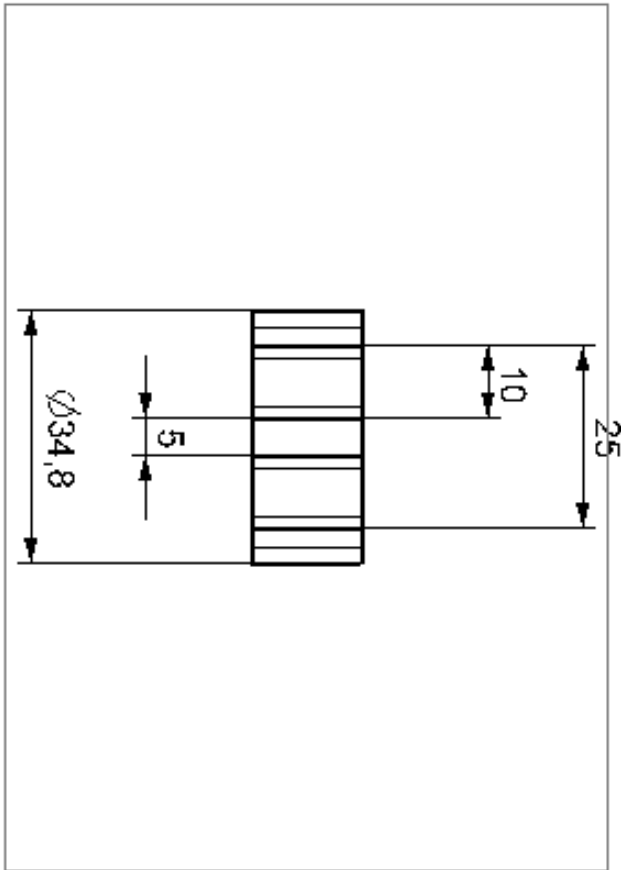


A

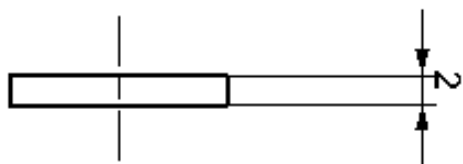
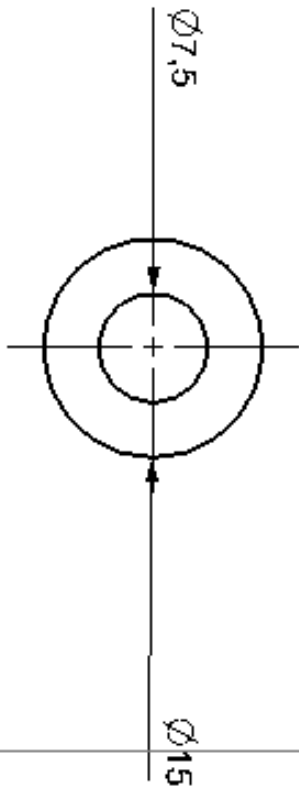
106,5



SUJETADOR DE DIRECCION			
A4	ALUMINIO 6061	1:3	mm
		LUIS G./DIEGO V. VICENTE BORJA R.	20.03.2018



SEGURO CUERDA			
A4	ALUMINIO 6061	1:1	
		LUIS G./DIEGO V.	mm
VICENTE BORJA R.		20.03.2018	



DIN 125 RONDANA PLANA INOX. A2
 8M
 PROV. TOLEDO
 CLAVE XRPMM0980

RONDANA LLANTA TRASERA



A4

ACERO INOX. A2

2:1

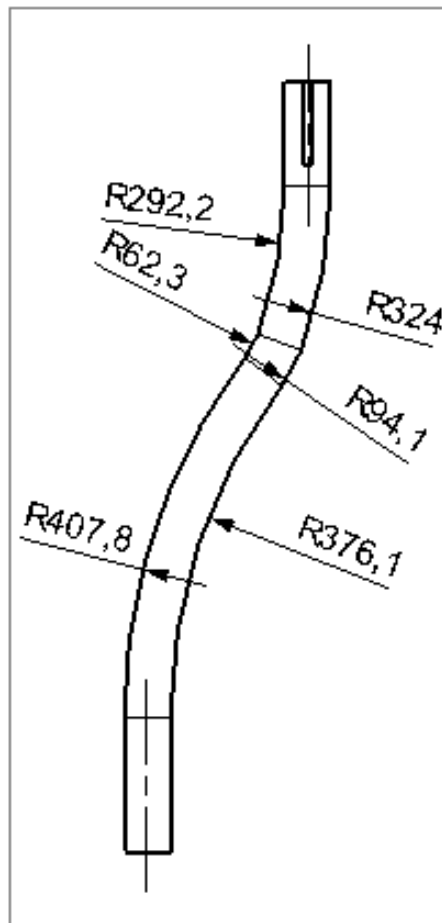
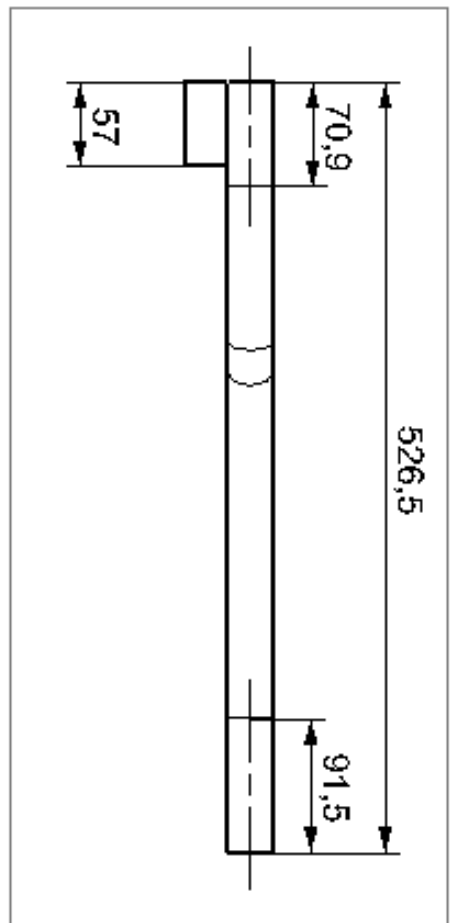
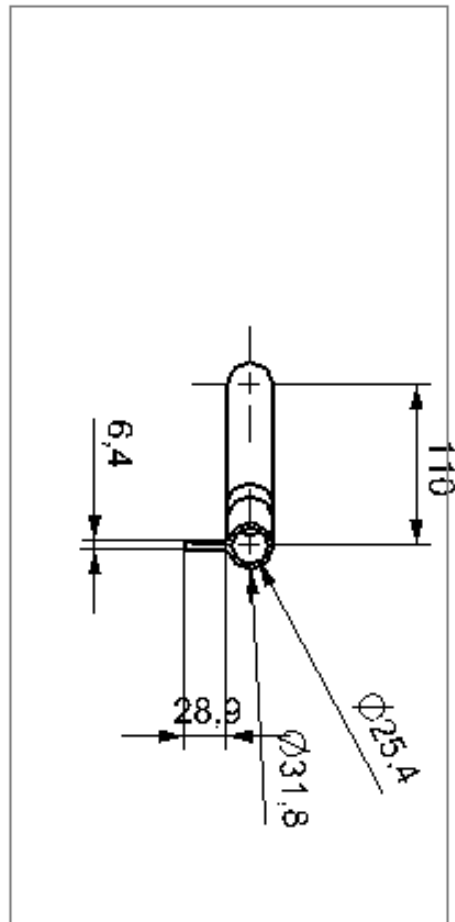
LUIS G./DIEGO V.

mm

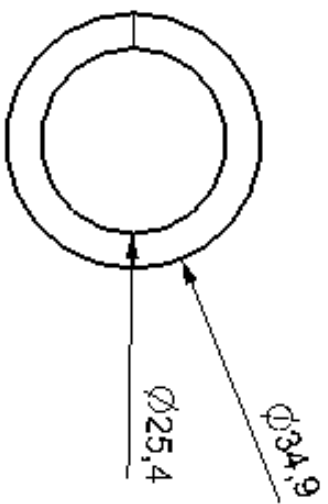


VICENTE BORJA
 R.

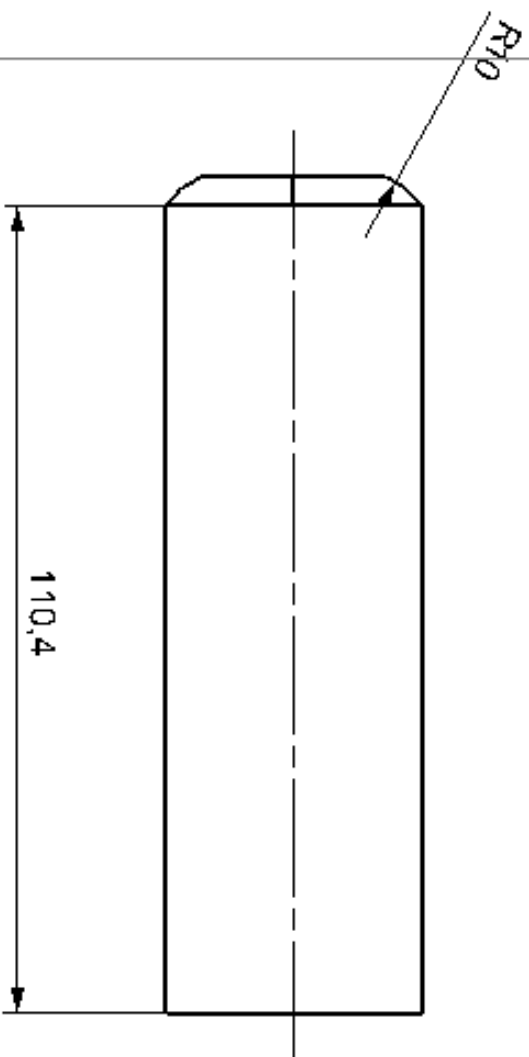
20.03.2018





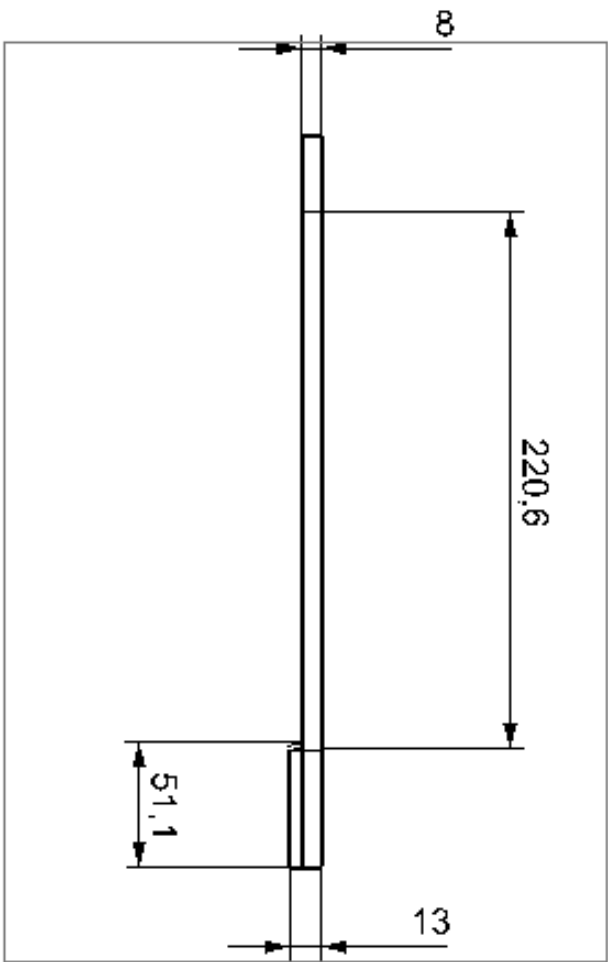
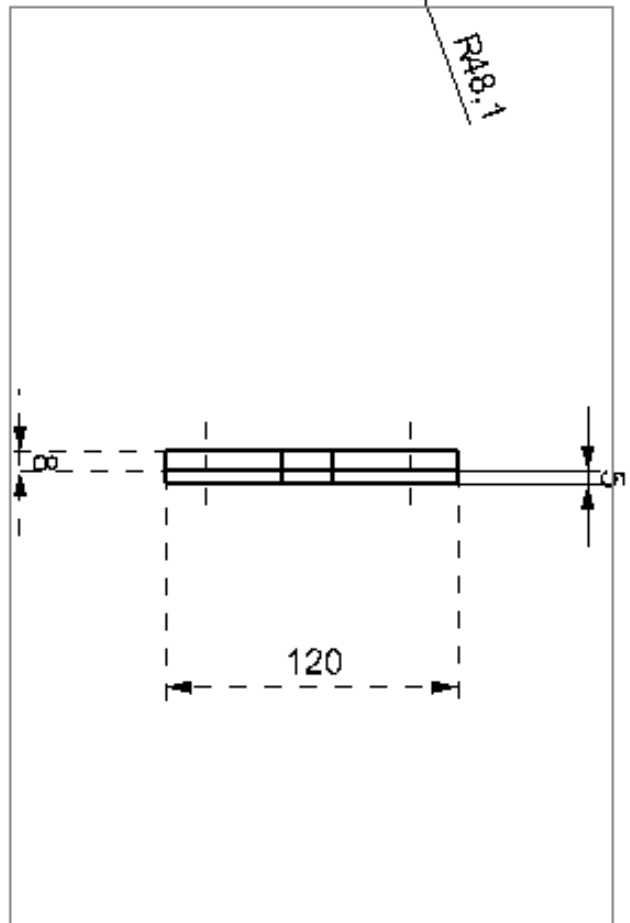
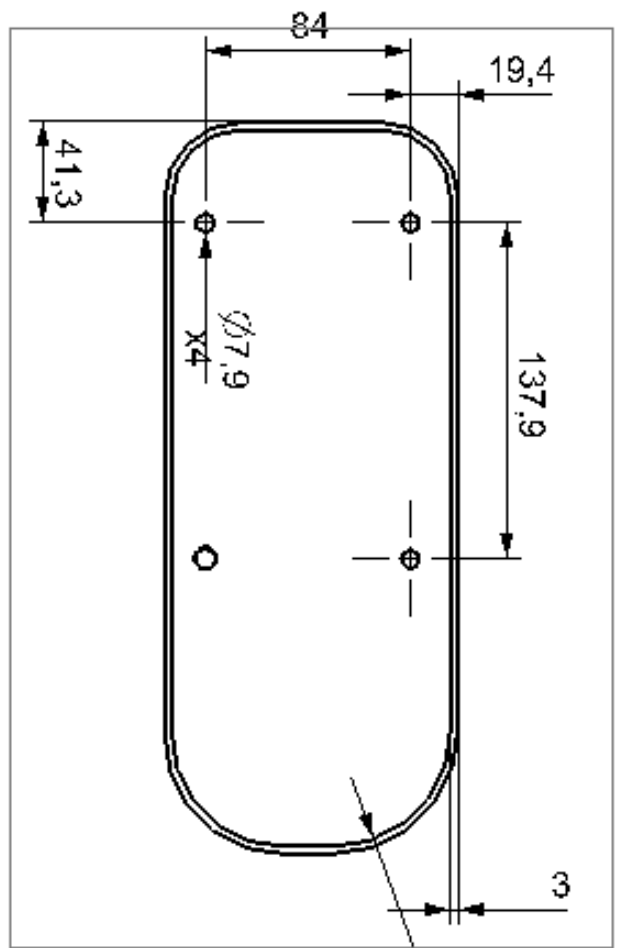
ROLADO			
A4	ALUMINIO 6061	1:5	mm
		20.03.2018	
VICENTE BORJA R.		20.03.2018	



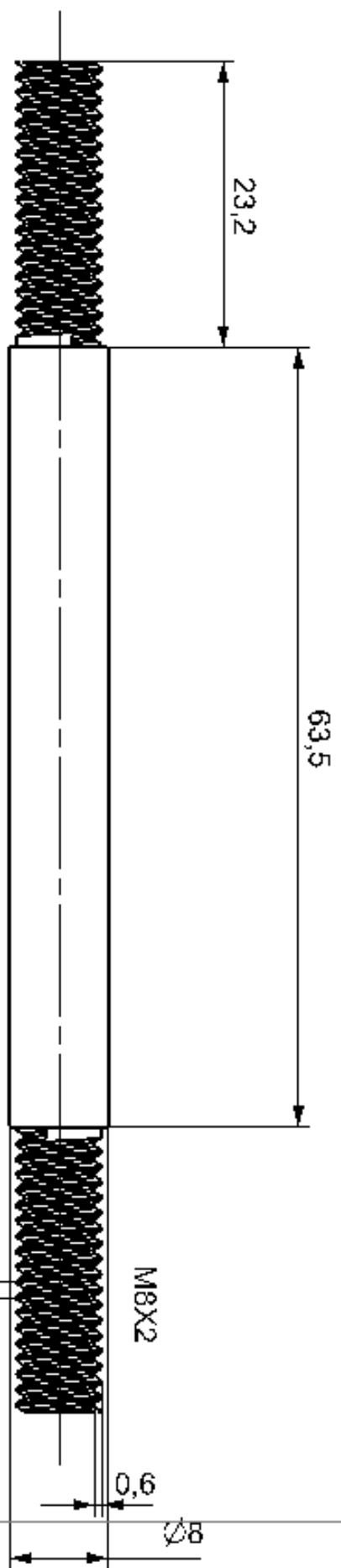
PUÑOS DE MANUBRIO
 PROVEEDOR: MERCADO LIBRE
 REFERENCIA BIBLIOGRAFICA NO. 51




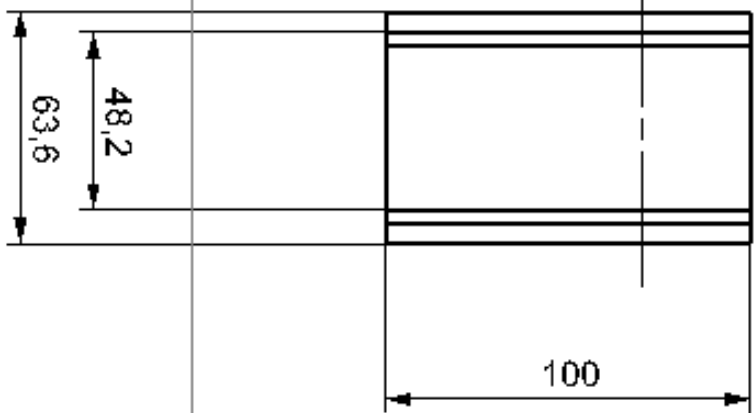
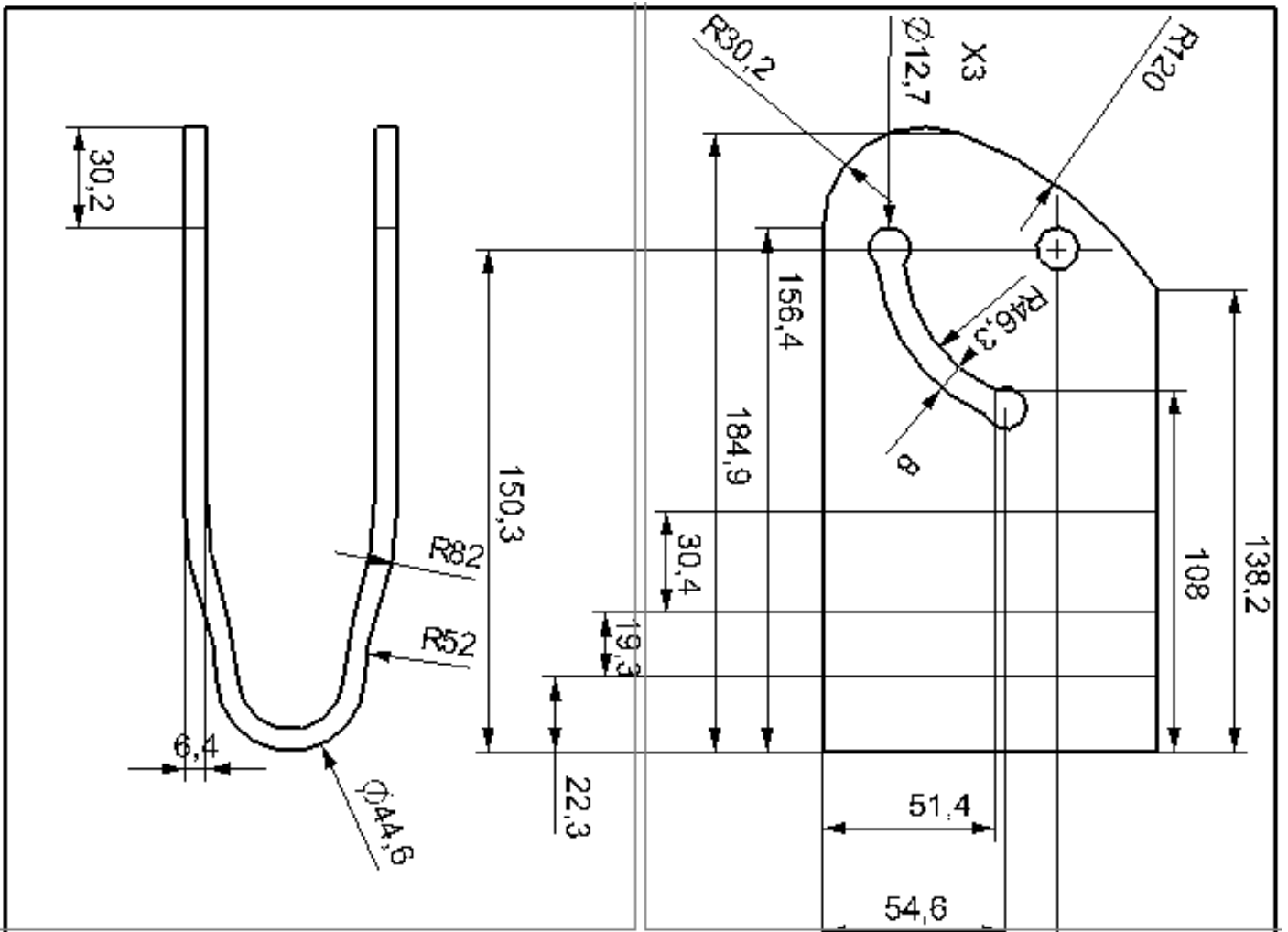
PUÑOS DEL MANUBRIO		
A4	GOMAS DE PLASTICO	1:1
	LUIS G./DIEGO V. VICENTE BORJA R.	mm
		20.03.2018

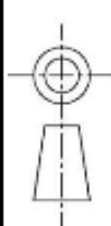



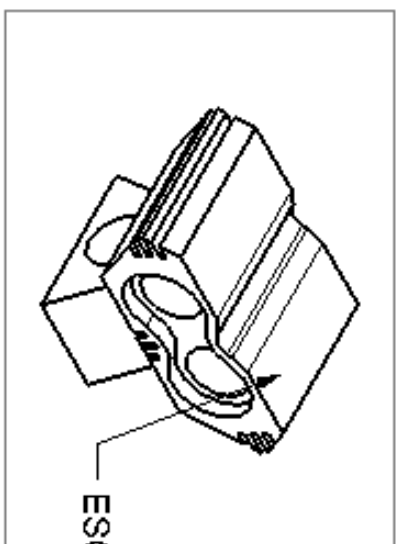
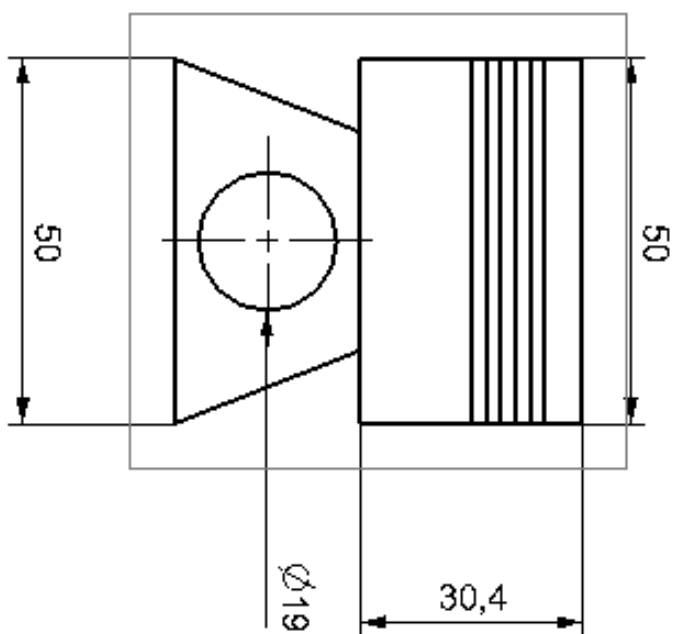
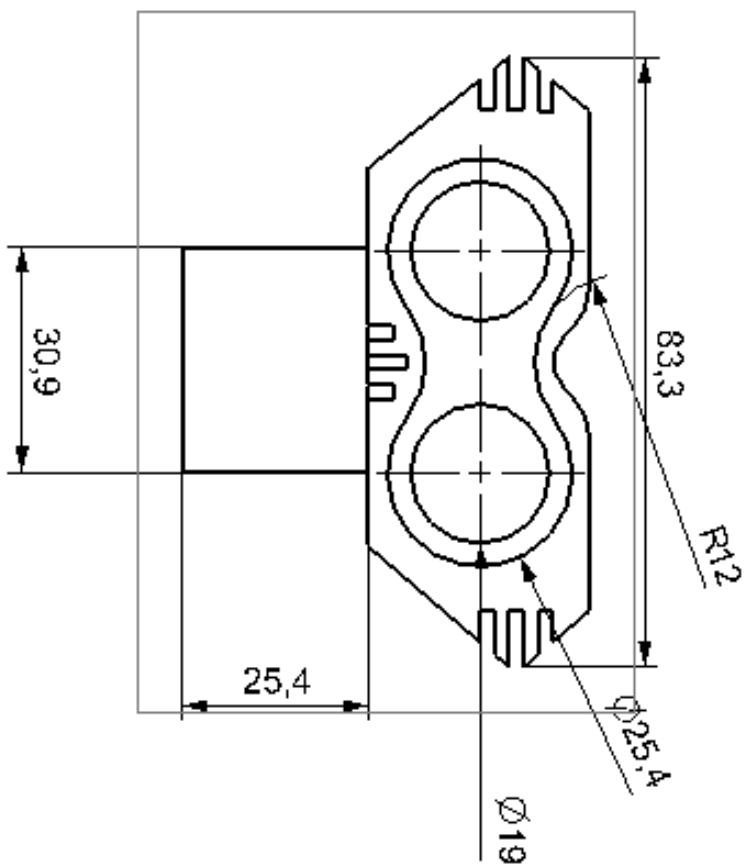
PIE MIXTO		
A4	ABS	
LUIS G./DIEGO V.		mm
VICENTE BORJA R.		20.03.2018



PERNO LLANTA TRASERA			
A4	ACERO	LUIS G./DIEGO V.	mm
2:1		VICENTE BORJA R.	20.03.2018

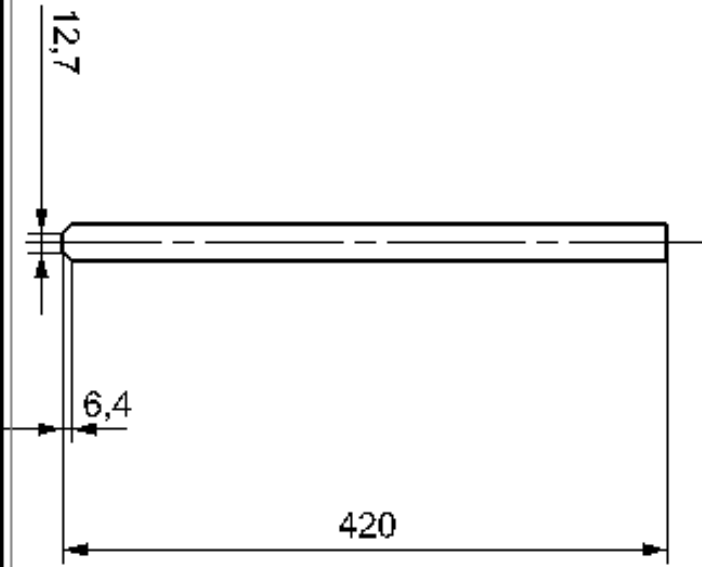
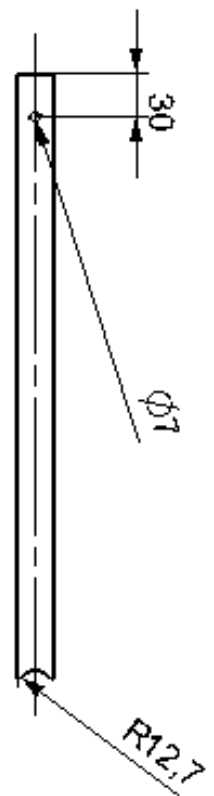
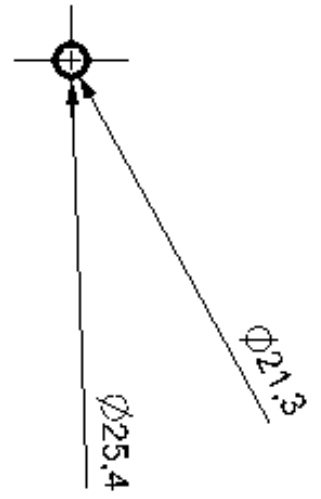


OREJA		
A4	ALUMINIO 6061	1:2
	LUIS G./DIEGO V. VICENTE BORJA R.	mm
		20.03.2018



LUCES FRONTALES
 PROVEEDOR: MERCADO LIBRE
 REFERENCIA BIBLIOGRAFICA NO. 49

LUCES FRONTALES			
A4	MATERIALES DIVERSOS	1:1	
	LUIS G./DIEGO V. VICENTE BORJA R.	mm	
			20.03.2018



EJE DIRECCION



A4

ALUMINIO 6061

1:5

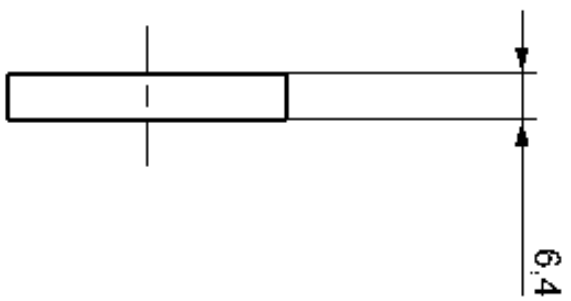
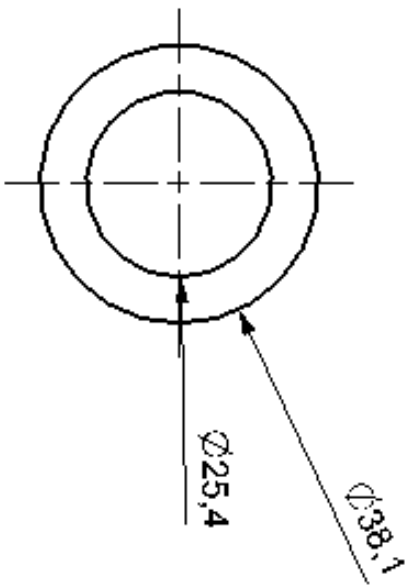


LUIS G./DIEGO V.

mm

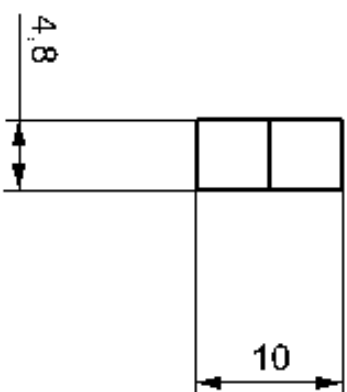
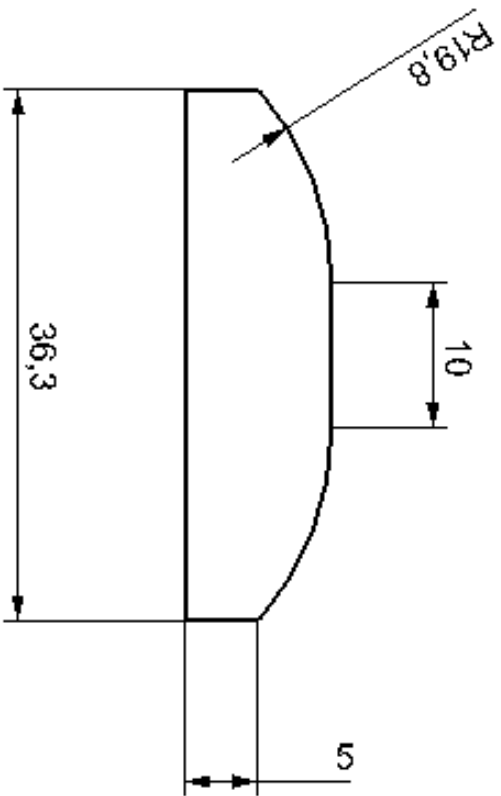
VICENTE BORJA
R.

20.03.2018



BUJE INFERIOR		
A4	ALUMINIO 6061	

	LUIS G./DIEGO V.	mm
	VICENTE BORJA R.	20.03.2018



ARCO INFERIOR



A4

ALUMINIO 6061

2:1



LUIS G./DIEGO V.

mm

VICENTE BORJA
R.

20.03.2018