



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

Tesis: Concepto de un automóvil eléctrico para megaciudades en la década del 2020 al 2030



Que para obtener el título de Ingeniero Mecatrónico presenta:

Caballero Enríquez Carlos

Y el título de Ingeniero Mecánico:

Ramos León Jerónimo

Asesor de tesis: Dr. Vicente Borja Ramírez

Carlos Caballero Enríquez

A mis hermanos, Sara Caballero Enríquez y Jorge Caballero Enríquez por su apoyo incondicional y por ser los grandes ejemplos en mi vida.

A mi madre, Adriana Enríquez Velázquez por enseñarme con su ejemplo el valor de luchar por lo que soñamos sin perder en ningún momento la fortaleza.

A mi padre Álvaro Caballero Pascual Leone por enseñarme con su ejemplo la satisfacción de lograr mis objetivos por méritos propios.

Jerónimo Ramos León

A mis padres

Por su apoyo, paciencia y orientación durante mis años de estudiante.

De manera conjunta nos gustaría agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México, en particular a la Facultad de Ingeniería por la gran formación que recibimos, al Centro de Investigación en Diseño Industrial y a nuestros compañeros del equipo “GlobalDrive Electric Traction” por su apoyo invaluable en el desarrollo de este proyecto. A los demás equipos que participaron en el proyecto. A nuestros maestros y demás compañeros con los que convivimos durante un año.

Carlos:

A mi familia, que han contribuido con mi formación en todos los sentidos y que me apoyaron para cristalizar este esfuerzo.

A mis amigos que han estado conmigo a cada paso y me han permitido compartir con ellos cada instante.

A mis compañeros que sin ellos esto no habría sido posible.

Jerónimo:

A mi familia que me apoyó a lo largo de la carrera y permitió que fuera posible la gran experiencia que viví durante el proyecto.

A mis amigos que son ejemplo de esfuerzo, disciplina y generosidad.

Índice

1. Introducción	4
1.1 GlobalDrive: relación UNAM – TUM	5
1.2 Límites del proyecto	6
1.3 Dinámica de trabajo	7
1.4 Metodología y contenido	8
2. Contexto	12
2.1 Panorama general	12
2.2 Mega ciudad	13
2.3 Movilidad en los años 2020-2030.	15
2.3.1 Movilidad en la Ciudad de México	16
2.3.2 Movilidad en otras ciudades del mundo	18
2.4 Tecnologías de vanguardia	20
3. Escenarios.....	28
3.1 Método de búsqueda.....	28
3.2 Escenarios.....	29
3.2.1 Reducción de la globalización	29
3.2.2 Cuando lo negro se vuelve verde (ecochic).....	29
3.2.3 Ciudad de México descentralizada.....	30
3.2.4 De megaciudad a gigaciudad.....	30
3.2.5 Zona de cero emisiones.....	30
3.2.6 La movilidad se empalma con la conectividad.....	31
3.3 Selección.....	31
4. Conceptos.....	34
4.1 Métodos y desarrollo	34
4.2 Conceptos.....	39
4.3 Pre selección	41
4.3.1 Frog micro muscle car	43
4.3.2 Auto modular.	54
4.3.3 Estancia tecnológica	63

4.3.4 Ejecutivo seguro	70
5. Concepto final	76
5.1 Diseño.....	78
5.1.1 Diseño interior.....	85
5.1.2 Diseño Exterior	91
5.1.3 El concepto en general.....	95
5.2 EAP y el cubre ruedas.....	97
5.2.1 Panorama técnico.....	98
5.2.2 Posible implementación en la industria automotriz	102
5.2.3 Implementación virtual y panorama hacia el futuro.....	103
5.3 Motor dentro de la rueda	105
5.3.1 Panorama técnico.....	107
5.3.2 Dinámica del vehículo	113
5.3.3 Implementación virtual	114
6. Modelo físico	118
6.1 Diseño (modelo 1:8).....	118
6.2 Cubre ruedas	120
6.3 Motor dentro de la rueda	129
7. Conclusiones.....	134
Bibliografía	139
Índice de figuras	143
Índice de tablas	147

1. Introducción

La presente tesis describe el desarrollo del proyecto titulado “*Concepto de un Automóvil Eléctrico para las Megaciudades de la Década del 2020 al 2030*”. El objetivo de este proyecto consiste en proponer el diseño de un auto concepto con tracción eléctrica que cumpla con las necesidades de movilidad de un habitante de una *megaciudad* en la década del 2020 al 2030.

Dicho proyecto surgió por iniciativa conjunta de las facultades de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) dentro de las divisiones de Ingeniería Mecánica e Industrial y el Centro de Investigaciones de Diseño Industrial respectivamente. Durante el proyecto se colaboró con la Universidad Tecnológica de Múnich (*Technische Universität München TUM*). Asimismo contó con el apoyo de la empresa automotriz Audi AG de Alemania.

La Universidad Nacional Autónoma de México (“UNAM”) fue fundada en septiembre de 1910 luego de una reorganización del sistema educativo nacional. En su primera estructura reunió a las escuelas de preparatoria, jurisprudencia, medicina, ingenieros, bellas artes y altos estudios. Fue hasta 1959, mediante la creación del Instituto de Ingeniería, cuando dicha escuela fue elevada al rango de facultad. Por su parte el Centro de Investigaciones en Diseño Industrial fue formalizado en 1990 y a la fecha continúa siendo una dependencia de la Facultad de Arquitectura.



Figura 1. Facultad de Ingeniería y Centro de Investigación en Diseño Industrial

La Universidad Técnica de Múnich (“TUM”) fue fundada en 1868 y hasta el día de hoy cuenta con 13 facultades. Según la encuesta “*QS World Ranking Universities*” en su rubro de ingeniería y tecnología la TUM ocupa el lugar 36 a nivel mundial. El departamento de Ingeniería Automotriz “FTM” está ubicado en la zona metropolitana de Múnich (Garching).



Figura 2. FTM TUM

La empresa alemana Audi AG se consolidó como grupo automotriz en el año de 1932, de donde se desprende su emblema; los cuatro aros representan a cada una de las armadoras que decidieron formar parte de esta alianza comercial: Audi, DKW, Horch y Wanderer. Con esta alianza se formó el grupo "Auto Union" que se ha caracterizado a lo largo de los años por ser tecnológicamente innovador. Dicho grupo introdujo en 1980 el concepto *quattro* (tracción en las cuatro ruedas), suceso que marcó de manera permanente a la industria automotriz. En 1985 el grupo cambió su nombre por el de Audi AG y estableció su base en la ciudad de Ingolstadt, Alemania. Más adelante Audi AG decidió colaborar con la TUM y establecieron el Instituto en Ingolstadt de la Universidad Técnica de Múnich (INITUM).



Figura 3. Instalaciones de Audi en Ingolstadt

1.1 GlobalDrive: relación UNAM – TUM

Las universidades al igual que muchas empresas a nivel mundial están sujetos a la globalización. El mundo cambia rápidamente y los retos a los que se enfrentan las instituciones educativas son cada vez mayores. Uno de los aspectos que la UNAM ha decidido reforzar, como parte de la educación integral que brinda, es la preparación del alumnado para enfrentar los retos que trae consigo la globalización.



Es necesario que los alumnos aprendan a expresar sus ideas en un idioma distinto a la lengua materna, que defiendan los aspectos culturales y sociales que los definen como mexicanos y que puedan defender sus ideas y aprender a complementarlas con las de individuos de otras culturas.

Estas razones han llevado a la UNAM a buscar espacios de oportunidad para aquellos alumnos que estuviesen interesados en reforzar estos aspectos. En este contexto es como en el año 2006 se realizó un primer ejercicio de proyectos multidisciplinarios y globales con la Universidad de Stanford (California, Estados Unidos). Este dato se torna particularmente relevante ya que el contacto con la Universidad Tecnológica de Múnich (*Technische Universität München TUM*) se dio debido a que ambas universidades participan en dichos proyectos.

El año 2008 marcó el inicio de una nueva serie de proyectos denominados GlobalDrive impulsados por la TUM con el apoyo de la empresa alemana Audi AG como socio patrocinador. En un inicio el convenio de colaboración contemplaba la realización de dos proyectos que involucraban la movilidad en las *megaciudades* en la década del 2020 al 2030. La TUM decidió hacer la invitación a la UNAM para participar en uno de estos proyectos impulsada por la conocida capacidad de los alumnos de la UNAM y el hecho de estar situada en una *megaciudad*. El mismo proyecto se realizó con una universidad de Shanghai (*Tongji University*) también ubicada en una *megaciudad*.

Más adelante Audi AG decidió apoyar a la UNAM y a la TUM con un proyecto más, también enfocado en la movilidad de las *megaciudades* pero con la particularidad de tener que estar orientado en soluciones con tracción eléctrica. En un inicio se propusieron a 3 alumnos de ingeniería mexicanos, 1 alumna de mercadotecnia mexicana y 3 alumnos de ingeniería alemanes. Dadas las características de dicho proyecto, se decidió reforzar al equipo con 2 alumnos de diseño industrial mexicanos, 1 alumno de ingeniería mexicano y 1 alumno de ingeniería alemán.

Con la finalidad de orientar y supervisar los resultados del proyecto se asignaron a 2 profesores de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, 2 profesores del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial y 2 profesores de la Universidad Tecnológica de Múnich. A lo largo del desarrollo del proyecto se contactaron a diferentes especialistas en ambas universidades para encontrar soluciones a problemas específicos que se fueron suscitando. De tal forma, es importante resaltar el compromiso de ambas universidades y de la empresa Audi AG para lograr llevar el proyecto a un resultado satisfactorio.

Como ya se ha mencionado ambas universidades mostraron su invaluable apoyo y compromiso con el proyecto, permitiendo que los alumnos realizaran visitas a ambas universidades en distintas fases del proyecto. Esta interacción permitió al equipo de trabajo realizar actividades de integración, trabajo *in situ*, así como aprender de la cultura de los distintos miembros del equipo.

1.2 Límites del proyecto

La profundidad con la que se desarrolló el proyecto se ve limitada por varios aspectos. Es por esto que es importante establecer lo que se entiende por auto concepto.

Una de las definiciones más completas lo presenta como "*Un prototipo o auto de propósito específico con un diseño completamente nuevo o con algunas funciones nuevas*" (75).

Con el pasar del tiempo se ha podido observar que los autos concepto que se han presentado en la industria automotriz han sido en muchos casos extremos. A manera de ejemplo se pueden tomar el diseño exterior del Gina de BMW cubierto de tela y capaz de cambiar su forma, o bien, el Ford Splash cuyo diseño va enfocado hacia jóvenes a los cuales les gusta conducir en las playas.



Figura 4. Gina BMW y Ford Splash

Algunos de los autos conceptos pueden pasar a la producción en masa, sin embargo, muchos de ellos no cuentan con todos los elementos que se requieren para poder llevar a cabo la venta al público. Esto se debe a que estos simplemente detallan la visión de los diseñadores y en muchas ocasiones solamente muestran una parte de la solución a un problema específico.

Habiendo dicho esto debe considerarse que el desarrollo de este proyecto no refleja el proceso que se sigue en la industria para generar un auto concepto debido a la limitación de recursos y tiempo y no era la intención explorar aspectos al grado de detalle que se requiere si se planea llevar el concepto a la producción. Las empresas automotrices estiman un periodo de alrededor de 3 años para completar el diseño de un auto y que pueda encontrarse listo para producción. Por su parte este proyecto tuvo una duración de 8 meses (Octubre de 2008 a Mayo de 2009) representando menos de la cuarta parte del tiempo estimado para este tipo de desarrollos.

En el auto que se desarrolla en este documento se presentan soluciones a algunos problemas específicos, estos problemas surgieron sobre la marcha y fueron resaltados por la empresa patrocinadora como objetivos a ser desarrollados.

1.3 Dinámica de trabajo

Uno de los puntos clave para el buen desarrollo del proyecto fue la comunicación con la marca patrocinadora Audi AG. En etapas específicas del desarrollo del proyecto se obtuvo su opinión, y en algunos casos su orientación, buscando en todo momento un resultado acorde a la calidad y filosofía de la marca.

A lo largo del desarrollo del proyecto el equipo se debió adaptar a los diversos retos que conllevan el trabajo multidisciplinario y global. Algunas de las dificultades a las que se tuvo que enfrentar el equipo fueron: la diferencia de 7 horas entre los horarios de ambos países (México GMT -6, Alemania GMT +1); la necesidad de todos los miembros del equipo de comunicarse en un idioma distinto a su lengua materna (inglés); y las diferencias de "usos y costumbres" entre los miembros del equipo que en muchas ocasiones enriquecieron el desarrollo del proyecto y en muchas otras resultaron en fricciones.

Debido a la distancia, diferencia de horarios y otros factores que impidieron el trabajo en persona, se establecieron distintos medios de comunicación y organización entre los participantes con los que se realizó este proyecto. Se realizaron sesiones semanales de seguimiento entre todos los integrantes del equipo mediante video conferencias por internet, o bien mediante el uso de la herramienta Skype (comunicación de tipo VoIP). Durante estas sesiones se revisaba y se complementaba una matriz de responsabilidades que al final de cada reunión era actualizada en la herramienta FolderShare. Dicha herramienta permitía además consultar cualquier archivo, en producción o finalizado, en cualquier momento.

Date	Type of meeting discuss topic	Type	Topic	Responsible	Status	deadline	Date when topic done
	TelCon	Task	Segmenting work	All	Pending		
	Meeting	Task	Who is responsible for what - time planning and milestones	Wagner	Pending		
21.11.2008	all	Task	Documentation	All	Pending		
		Task	Add mexican teaching staff to folder share	Burda	Pending	15.05.2009	
10.12.2008	all	Task	Catia licence	Burda	Pending	19.01.2009	
10.12.2008	Meeting	Task	In contact with PE: License system changed, further information in Jan	Wagner	Pending		
10.12.2008	Meeting	Task	weekly backup of folder share	Muc	Pending		
	TelCon	Task	status reports	Designers	Pending		
	TelCon	Task	sketches (isometric view) for intermediate report	Designers/Flo	Pending		
			Project logo / Eco logo				

Figura 5. Matriz de responsabilidades

Conforme fue avanzando el proyecto las reuniones de trabajo fueron ajustadas en sus variables temporales (duración y periodicidad) según fue necesario. El trabajo se sub-dividió en pequeños equipos de trabajo y los avances eran monitoreados por todo el equipo para poder hacer frente a cualquier eventualidad que se presentara.

1.4 Metodología y contenido

Como en todos los procesos científicos se siguieron diversos pasos para lograr la solución al problema de movilidad en las *megaciudades* de la década del 2020 al 2030 utilizando tracción eléctrica. En cada uno de los capítulos de esta tesis se detallan las diferentes etapas de diseño. La Figura 6 muestra estas etapas y a continuación se detalla el contenido de cada uno de los capítulos.

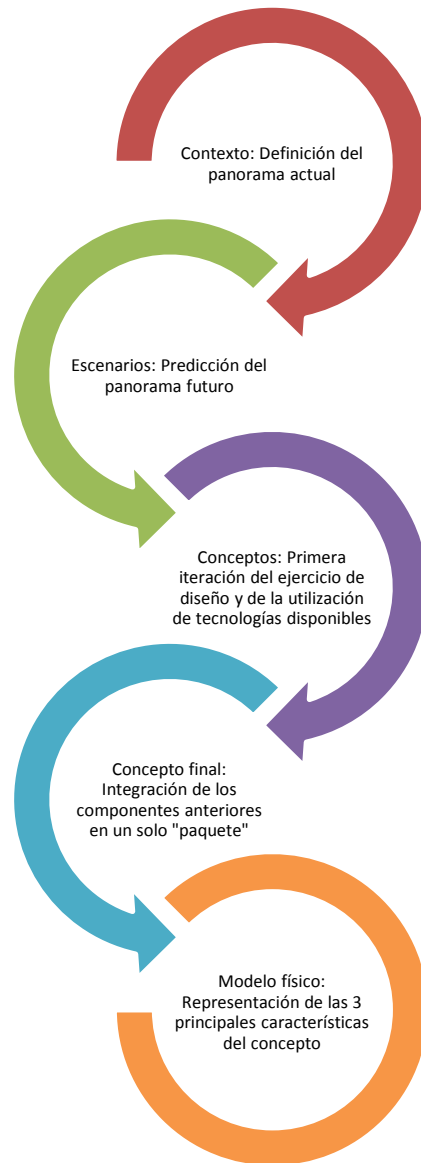


Figura 6. Metodología de diseño

Los primeros dos círculos (rojo y verde) representan la definición del problema y del contexto sobre el cual se desarrollaría el concepto. Los siguientes dos círculos (morado y azul) consideran el desarrollo del ejercicio de diseño hasta su conclusión. Y finalmente el último círculo (naranja) es la conceptualización de tres elementos principales del concepto.

2. Contexto: En este capítulo se detalla la situación actual en los campos culturales, políticos, sociales, económicos, etc. Así como los avances de tecnología a la fecha. En general este capítulo busca sentar las bases sobre las cuales se harán las predicciones a futuro en todos los campos.

3. Escenarios: Como parte del ejercicio de diseño se crearon diversos posibles escenarios para la década del 2020 al 2030. En este capítulo se realizó una proyección a futuro del entorno que rodearía al posible usuario para poder diseñar acorde a sus necesidades.
4. Conceptos: Una vez seleccionados los escenarios se crearon una serie de "mini-conceptos" que contenían algunas de las tecnologías que podrían estar disponibles en la década establecida. Dentro de este capítulo se pueden identificar las primeras soluciones a los problemas identificados en los dos capítulos anteriores (presentes y futuros).
5. Concepto final: Con la información obtenida de los desarrollos de los primeros "mini conceptos" se realizó una versión conjunta con una serie de elementos obtenidos de estos primeros desarrollos. Los detalles del concepto final, así como las soluciones tecnológicas a los problemas planteados están presentadas en este capítulo.
6. Modelo físico: Se construyeron modelos representativos de algunas de las soluciones técnicas. Asimismo se construyó un modelo escala 1:8 del diseño exterior del auto. En este capítulo se detallan los procesos que se llevaron a cabo para la elaboración de estos modelos físicos.

Como se mencionó con anterioridad el proyecto estuvo marcado por el carácter multidisciplinario y bicultural. Aunque el auto concepto se encontraba centrado en buscar una solución al problema de movilidad con tracción eléctrica para las *megaciudades* del futuro, temas como el diseño exterior e interior no se dejaron de lado. En el presente documento se encuentra el sustento teórico para justificar al auto concepto en su totalidad, tomando en cuenta cada uno de los campos de interés.

El objetivo de este proyecto se consiguió con estricto apego a la política de diseño de la marca patrocinadora y cumpliendo con las predicciones del panorama cultural, económico, político y social de las *megaciudades* en dicha década.

2. Contexto

En todo proceso de diseño es necesario tener un amplio panorama de la situación que se vive, con el fin de plantear las restricciones y limitantes que afectarán dicho proceso. En este capítulo se abordan los temas fundamentales para la definición del contexto. Estos temas se basan en los conceptos de mega ciudad, movilidad y tecnología de vanguardia.

Con base en el contexto actual se pueden hacer predicciones hacia la década del 2020 al 2030.

2.1 Panorama general

A través de la historia se han presentado diversos puntos de inflexión en los cuales la sociedad ha sufrido cambios severos, en gran medida por la introducción de alguna tecnología novedosa.

En un principio la necesidad de energía era cubierta por la combustión de madera, y otros combustibles accesibles, mientras que la producción de herramientas y alimentos era llevada a cabo por medio del trabajo físico de humanos o animales. Esto cambió con la Revolución Industrial, suceso que dio paso a la era moderna.

Los cambios que se dieron durante la Revolución Industrial ocurrieron gracias a la introducción de la máquina de vapor. Las máquinas de vapor utilizan carbón como fuente de energía, dicha fuente sigue siendo utilizada hoy en día, sin embargo ha sido remplazada poco a poco por hidrocarburos derivados del petróleo.

La economía global en nuestra época está íntimamente relacionada con los combustibles fósiles, a tal grado que se han registrado conflictos armados por su propiedad. Existen economistas que han desarrollado modelos que predican un incremento en los precios del petróleo y sus derivados, dichos incrementos podrían provocar fenómenos como inflación, incremento de las tasas de interés, reducción de la inversión en investigación de tecnologías y como resultado de todos estos fenómenos recesión económica.(1)

Los combustibles fósiles son recursos no renovables, y de acuerdo con algunas predicciones éstos se podrían terminar en el transcurso de las próximas décadas. Sin embargo se han desarrollado sistemas para lograr un consumo más eficiente de ellos lo cual podría alargar su existencia. (2)

Además de los problemas económicos, la quema combustibles fósiles produce daños en el ambiente y la salud de los seres humanos. En los primeros años de la Revolución Industrial, la contaminación en Inglaterra producida por el uso de carbón como combustible, produjo una epidemia de enfermedades respiratorias. Hoy en día las ciudades más importantes del mundo presentan un problema similar. Históricamente se valoraba más la ventaja que ostentaba el uso de combustibles fósiles sobre las posibles consecuencias negativas. Sin embargo en los últimos años esta creencia ha cambiado de manera significativa. (1)

El uso de hidrocarburos como fuente de energía consiste en combinar el carbono contenido en el hidrocarburo junto con el oxígeno del aire para lograr la combustión. Esta reacción química produce energía en forma de calor y algunos gases como el dióxido de carbono (CO₂). Éste último es el mayor causante del efecto invernadero.

La preocupación ecológica y económica antes descrita apunta hacia la transición a nuevas formas de obtener energía. La quema de hidrocarburos puede ser sustituida por fuentes renovables y más limpias, por ejemplo, la energía solar, hidroeléctrica o eólica.

La creación de nuevas tecnologías no sólo se ha enfocado en la explotación de fuentes alternativas de energía. El campo de la informática se ha desarrollado en los últimos años de manera significativa. En primera instancia con la introducción de la computadora personal y más recientemente con el internet. Este último modificando radicalmente muchas actividades cotidianas en la sociedad. Ahora se realizan transacciones bancarias instantáneas en cualquier parte del mundo así como compartir diversos medios como imágenes, video y audio en tiempo real. Últimamente el acceso a internet ha evolucionado de tal manera que ya no es necesario llevarlo a cabo a través de una computadora personal sino mediante otros dispositivos electrónicos, como celulares, refrigeradores o dentro de un automóvil. Internet está presente en prácticamente todas las actividades cotidianas.

2.2 Mega ciudad

Los cambios causados por la Revolución Industrial también afectaron las tendencias demográficas. Uno de los efectos que se presentó fue la centralización, es decir, las personas tuvieron que migrar de zonas rurales a las grandes ciudades para poder tener un trabajo, lo que generó que las manchas urbanas comenzaran a crecer. Esta es la causa por la que hoy un 50% de la población vive en alguna ciudad, y algunas de estas ciudades tienen una población mayor a 10 millones de habitantes.

Las ciudades con dicha población normalmente son conocidas como *megaciudades*, aunque existen otras definiciones que sostienen que además deben tener una densidad de población de por lo menos 2,000 habitantes por kilómetro cuadrado.

Las *megaciudades* pueden caracterizarse por su rápido crecimiento, y por sus diversos patrones de densidad de población. Una mega ciudad puede estar conformada sólo por una ciudad y su zona metropolitana, o bien por varias ciudades o zonas metropolitanas.

Antes de la segunda guerra mundial las ciudades con alta densidad poblacional existían solamente en países industrializados, sin embargo, con el pasar del tiempo se ha observado que las *megaciudades* están surgiendo en países en vías de desarrollo. Hoy en día dos tercios de las *megaciudades* del mundo se encuentran en estos países, principalmente en el sur y en el este de Asia.

En la década de 1950 a 1960 había sólo cuatro ciudades con una población mayor a 5 millones de habitantes. Fue tal el crecimiento poblacional que para 1985 existían veintiocho

ciudades y, para el año 2000 treinta y nueve ciudades con más de 5 millones de habitantes. Se cree que para el año 2015 se podrían tener alrededor de sesenta *megaciudades*.

Los estudios demográficos indican que para el 2025 Asia tendrá por lo menos diez *megaciudades* incluyendo Yakarta en Indonesia (24.9 millones de habitantes), Dhaka en Bangladesh (26 millones), Shanghái en China (27 millones) y Mumbai en India (33 millones). Otro claro ejemplo de una ciudad en desarrollo con miras a convertirse en una *megaciudad* es Lagos, Nigeria. Esta ciudad ha crecido de 300,000 habitantes en 1950 a un estimado de 15 millones en 2009, el gobierno nigeriano prevé que para el 2015 tendrán una población de 25 millones. Por otro lado los expertos chinos han realizado estudios que indican que para el 2020 las ciudades de dicho país concentrarán a 800 millones de personas.(3)

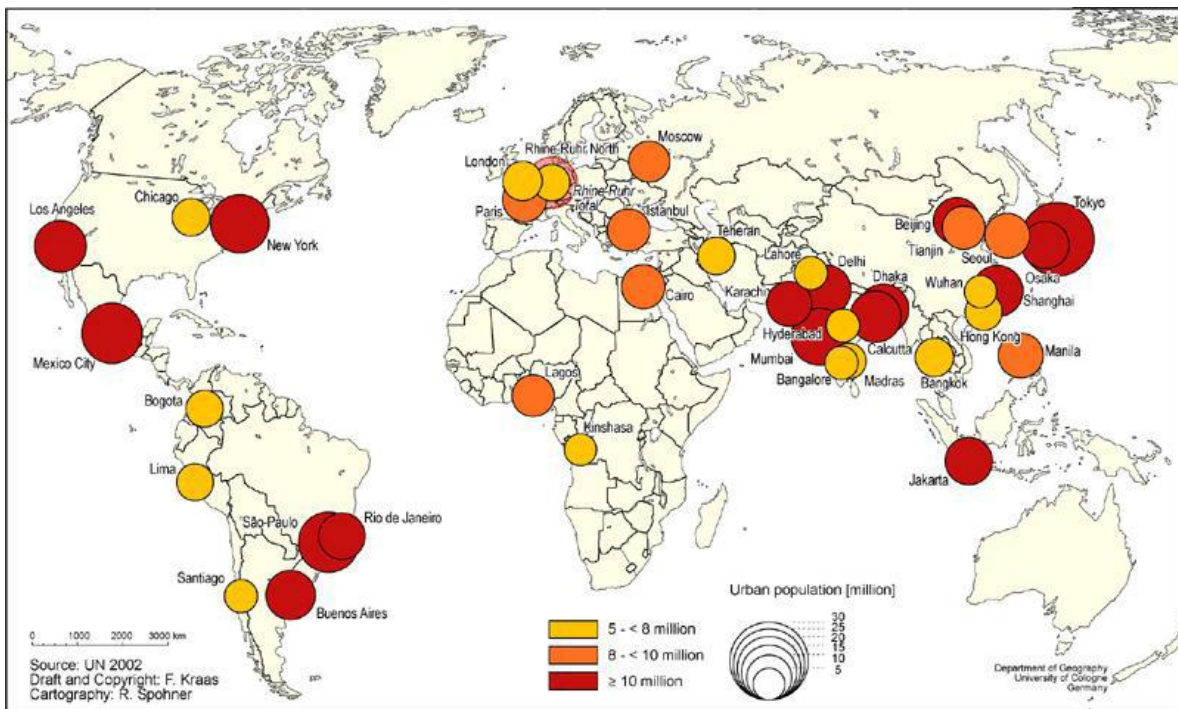


Figura 7. Distribución de las *megaciudades* en el año 2002 (4)

En las *megaciudades* existe una extensa gama de problemas muchos de los cuales son compartidos entre todas ellas. Entre los problemas más comunes se encuentran un alto nivel de densidad de población, crecimiento urbano descontrolado, altos niveles de tráfico vehicular, altas concentraciones de producción industrial, sobrecarga ecológica, insuficiencia de vivienda, problemas con la infraestructura de la ciudad y por último una gran disparidad en el terreno socio-económico. Sin embargo no se debe generalizar entendiendo que los factores necesarios para que existan estos problemas dependen de muchas cosas, por ejemplo, del nivel de desarrollo económico del país.

Las *megaciudades* sufren un incremento en la demanda de infraestructura debido al crecimiento en la población. Los residentes de zonas urbanas en todo el mundo requieren una buena calidad de vida. Necesitan una buena calidad en el aire que respiran, agua limpia para

satisfacer diversas necesidades, servicios de salud adecuados y sistemas confiables de suministro de electricidad. Por otra parte la movilidad humana se ha convertido en una necesidad esencial, por lo que las *megaciudades* requieren de sistemas de transporte eficientes y que, en la medida de lo posible, produzcan el menor daño a la naturaleza.

En los últimos sesenta años las ciudades no sólo han crecido en cuanto a tamaño y población, sino que se han hecho mucho más complejas. Al depender económicamente unas de otras se ha visto emerger nuevas ciudades y en los casos más extremos dos ciudades pueden terminar fusionadas en una sola debido al gran crecimiento de ambas, un ejemplo de esto es el “corredor BosWash” en Estados Unidos, que va desde Boston MA hasta Washington DC. Esta gran extensión de *megaciudades* provoca diversos casos de dinamismo en cuanto a los procesos normales en una ciudad. Asimismo las personas tienen que viajar grandes distancias desde zonas residenciales o con menor densidad de población al centro de la ciudad, este fenómeno se da debido a la centralización de las actividades económicas.

En conclusión la infraestructura juega un papel importante en la calidad de vida del ciudadano de una *megaciudad*, es un reto tanto para los gobiernos de *megaciudades* de países industrializados como de aquéllos en vías de desarrollo.

2.3 Movilidad en los años 2020-2030.

La movilidad es pieza clave del desarrollo económico de una ciudad, impactando directamente su competitividad y su tasa de crecimiento económico. Los sistemas de transporte son necesarios para lograr la movilidad de bienes, personas y servicios. Para mejorarla es necesario incrementar tanto la capacidad como la eficiencia en los sistemas de transporte. Para enfrentar este reto, cada sector del transporte debe trabajar de manera coordinada tomando en cuenta ciertos factores como los ingresos y las preferencias del consumidor así como los costos de la energía. Aumentar la velocidad, la confiabilidad y la relación costo – beneficio del transporte aumentará a su vez la competitividad de la economía y la capacidad para generar empleos. (5)

La habilidad para integrar nuevas tecnologías a los medios de transporte y al diseño de redes de transporte es fundamental para satisfacer las necesidades de las grandes ciudades. Las tecnologías de información están ayudando a mejorar la movilidad. En los sistemas de transporte privado, los conductores pueden conocer el aforo vehicular, accidentes, vialidades que han sido cerradas, y otros incidentes que pueden ayudarles a planear rutas alternas y evitar dichos problemas logrando además que la red de transporte sea más eficiente. El transporte público puede mejorarse con tiempos precisos de arribos y salidas y seguimiento en tiempo real de las unidades del sistema, permitiendo así una adecuada planeación del servicio dependiendo de la demanda. Estos puntos pueden ser resueltos con la implementación de un sistema ITS (Sistema de Transporte Inteligente por sus siglas en inglés), que se basa en la implementación de tecnologías en la infraestructura de las ciudades así como en los vehículos como tal. Existen proyectos más ambiciosos dentro de los sistemas ITS, como el de Visión Cero en Noruega que podría reducir las fatalidades y las lesiones severas en accidentes de tránsito para el año 2020. (6)

2.3.1 Movilidad en la Ciudad de México

La infraestructura que necesitará la Ciudad de México para satisfacer las necesidades de transporte para la década del 2020 al 2030, dependen básicamente de la cantidad de habitantes que tendrá. De acuerdo a tres diferentes escenarios, se presentan las proyecciones de población hacia el año 2020 en la Figura 8.

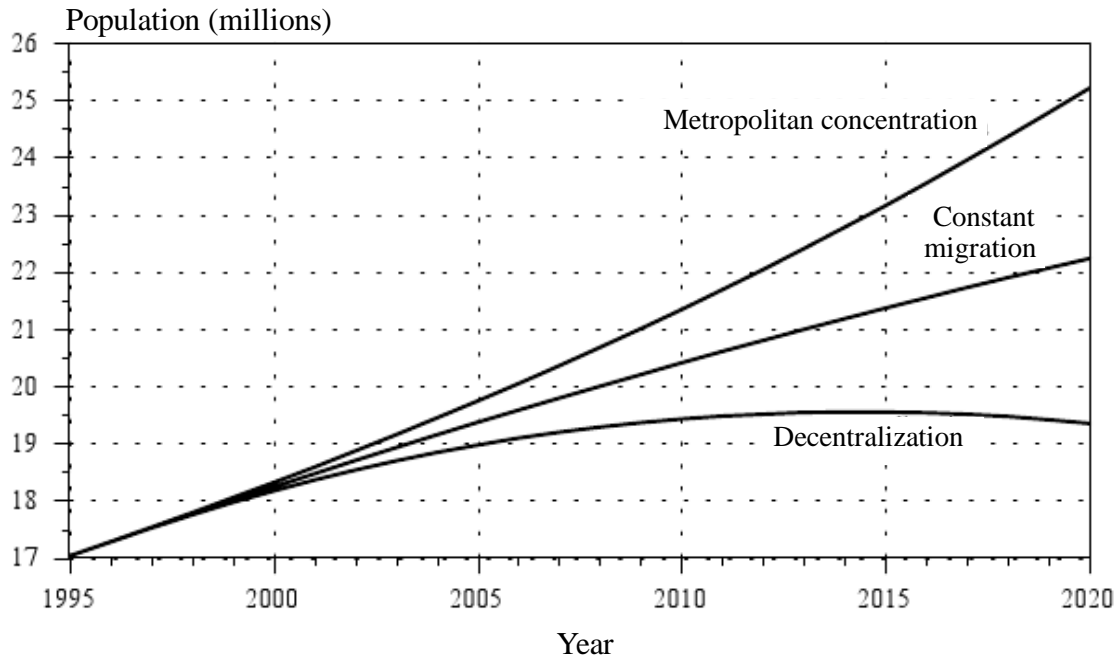


Figura 8. Población en la zona metropolitana de la Ciudad de México hacia el año 2020 (7)

La hipótesis de la migración constante considera que la tasa de inmigrantes será la misma que en el año de 1996. La hipótesis de la concentración metropolitana considera que la migración hacia la Ciudad de México proveniente de otros estados de la República Mexicana aumentará gradualmente hasta el año 2020, cuando será el doble de la presentada en el año de 1996. Finalmente la hipótesis de la descentralización es contraria a la de la concentración metropolitana.

Cada día se realizan alrededor de 22 millones de viajes en la Ciudad de México y en la zona metropolitana, más de la mitad de estos viajes se realizan dentro de la Ciudad de México. Los sistemas de transporte público cubren alrededor del 67% de dichos viajes, siendo el microbús el sistema de transporte más concurrido, mientras que en el rubro de transporte privado el automóvil es el más común.

Tabla 1. Distribución en el transporte de la Ciudad de México

22 millones de viajes	
41.3 % Estado de México	58.4% Ciudad de México
6.8 millones privado	14.8 millones público

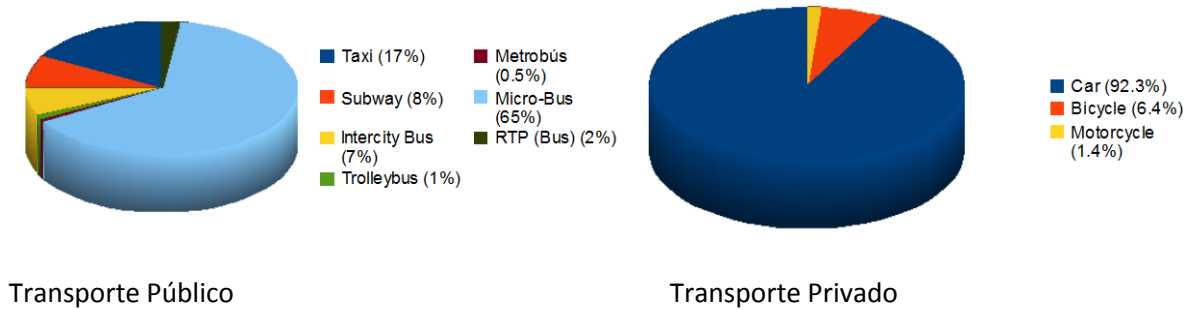


Figura 9. Distribución en el transporte

Si se considera que la población de la Ciudad de México (incluyendo la zona metropolitana) es de 19.23 millones de habitantes (8), la tasa de viajes por persona asciende a 1.14. Asumiendo que la tasa no cambiará con el pasar de los años, se pueden hacer las siguientes predicciones para el año 2020:

- Para la hipótesis de la concentración metropolitana 28.5 millones de viajes diarios.
- Para la hipótesis de la migración constante 25 millones de viajes diarios.
- Para la hipótesis de la descentralización 22.23 millones de viajes diarios.

Esta simple proyección no considera algunos cambios sociales que se pueden presentar al pasar el tiempo, como puede ser el envejecimiento de la población y otros factores sociales capaces de modificar la frecuencia de los viajes. A pesar de esto es posible predecir que los viajes dentro de la ciudad aumentarán sustancialmente. Considerando que la infraestructura con la que se cuenta actualmente no es adecuada para cumplir con la demanda, es un hecho que se deberán crear nuevas rutas y otros medios de transporte para los siguientes años.

Además de los viajes que realizan sus habitantes, la Ciudad de México presenta otro grave problema; las principales carreteras del país tienen su inicio o fin en la ciudad, esto lleva a que los vehículos sean obligados a pasar por la Ciudad de México para llegar a sus destinos finales. Esto se traduce en tráfico adicional al de la ciudad que, además, no tiene la ciudad como destino final. El *Arco Norte* es una de las soluciones que se construyó para enfrentar este problema, consta de un libramiento para evitar el paso por la Ciudad de México y permite a los vehículos provenientes del sureste se dirijan hacia el norte del país sin la necesidad de atravesar la Ciudad de México (9). Este proyecto está planeado para incorporar tecnologías ITS en el futuro.

Hoy en día existen diversos proyectos para mejorar la circulación en ciertos puntos de la Ciudad de México, como son:

- Convertir una de las vialidades principales, el Anillo Periférico, en una vía de dos pisos. La primera etapa en el sur de la ciudad se finalizó en 2006. La segunda etapa correspondiente al Estado de México comenzó en el 2009 y la tercera etapa en la ciudad de México comenzó en 2011.
- Construcción de varios puentes y túneles en el cañón de Santa Fe.
- Construcción y ampliación de un sistema BRT (Tránsito Rápido de Autobús por sus siglas en inglés) llamado *Metrobús* actualmente cuenta con 3 líneas.
- Construcción de una nueva línea del Sistema de Transporte Colectivo Metro empezando en 2010.

Sin embargo no se cuenta con los recursos suficientes para satisfacer las necesidades creadas por la carga vehicular; se requiere la construcción de 450 kilómetros de nuevas rutas en los próximos 10 a 15 años (10).

Resultaría benéfico para la movilidad en la Ciudad de México incorporar tecnologías ITS a la infraestructura. Actualmente no se cuenta con ninguna tecnología ITS, pero se tiene un tipo de tecnología primitiva que puede resultar en la futura implementación de ITS. Por ejemplo las principales estaciones de radio en la ciudad dan un informe tráfico dentro de su programación habitual.

Para la década entre los años 2020 al 2030, la Ciudad de México necesitará un sistema de transporte público eficiente, de manera que se pueda cumplir con la creciente demanda, con conexiones eficientes entre los diversos sistemas de transporte colectivo. Además para satisfacer el aumento en la cantidad de los automóviles privados será necesario la construcción y/o ampliación de las vías existentes. Ambos problemas están siendo tratados por los proyectos antes descritos.

2.3.2 Movilidad en otras ciudades del mundo

De acuerdo a la clasificación mundial de los sistemas de transporte urbano, propuesta por el Dr. Jeff Kenworthy (11), las ciudades con los mejores sistemas de transporte público y privado son (Tabla 2 y Tabla 3):

Tabla 2. Clasificación de diversos países concerniente a sistemas de transporte

Clasificación	Transporte urbano combinado de pasajeros	Transporte Privado	Transporte Público
1	Tokyo	Dakar	Tokyo
2	Hong Kong	Tehran	Verna

Clasificación	Transporte urbano combinado de pasajeros	Transporte Privado	Transporte Público
3	Verna / Dakar	Ho Chi Minh City	Mumbai
4	Osaka	Shanghai	Osaka
5	Mumbai	Guangzhou	Hong Kong
6	Zurich / Shanghai	Hong Kong	Zurich / Praga
7	Hamburgo / Praga	Cracow	Munich
8	Munich	Brisbane	Budapest
9	Cracow	Bogota	Dakar
10	Tehran / Bogota	Harare / Hamburgo	Hamburgo

Tabla 3. Clasificación mundial del transporte privado con factores individuales (12)

Ranking	Average speed (km/h)		Economic cost (% metro GDP)		Transport deaths per 100,000 people	
	City	Speed	City	Cost	City	Deaths
1	San Diego	61	Copenhagen	4.1	Hamburg	3.5
2	Houston	60	Singapore	4.7	London	3.6*
3	Atlanta	55*	Hong Kong	5.0*	Stockholm	3.6*
4	Denver	55*	Tokyo	5.0*	Berne	3.7
5	Riyadh	54	Frankfurt	5.4*	Calgary	3.8*
6	Toronto	51	Osaka	5.4*	Beijing	3.8*
7	Brisbane	50*	Shanghai	5.5	Hong Kong	3.8*
8	Copenhagen	50*	Munich	5.8	Dusseldorf	3.9
9	Phoenix	48*	Ho Chi Minh City	6.1	Stuttgart	4.1
10	Calgary	48*	Vienna	6.6	Zurich	4.7

Nissan realizó un estudio durante dos meses en el año 2008 para probar un modelo piloto de un sistema ITS en la ciudad de Atsugi una provincia cerca del área metropolitana de las ciudades de Tokio y Yokohama. Para este modelo se integraron teléfonos celulares a los sistemas telemáticos de ciertos vehículos para la prevención de accidentes entre peatones y dichos vehículos (Figura 10). (13)

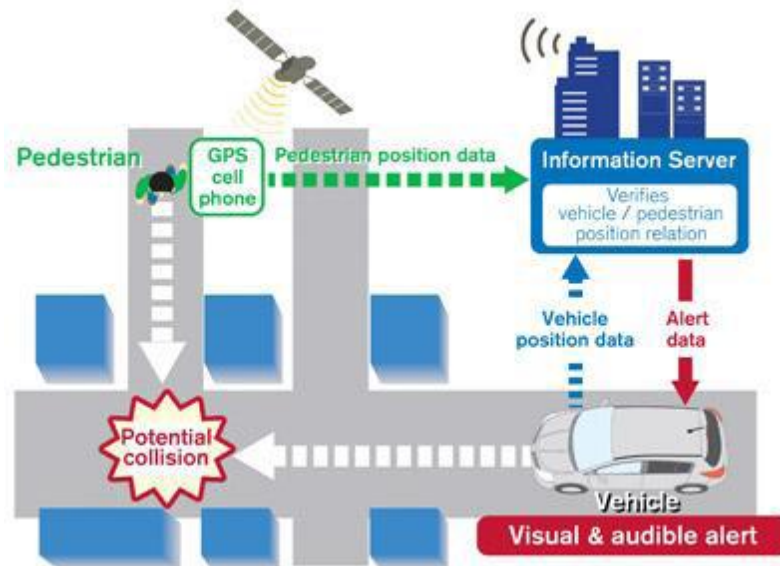


Figura 10. Esquema del modelo ITS de Nissan (13)

Es posible que para la década entre los años 2020 al 2030 la mayoría de los autos posean cierto tipo de tecnología ITS; incluyendo comunicación entre autos, comunicación de los autos con el camino además de sistemas de navegación GPS (Sistema de Posicionamiento Global). El uso masivo de este tipo de tecnologías, aunado con mejores y más caminos además de sistemas de transporte colectivo más eficientes ayudarán a mejorar la movilidad en las megaciudades.

2.4 Tecnologías de vanguardia

Para poder obtener una idea de las tecnologías que se encontrarán disponibles para la década del 2020 al 2030, es necesario tener un panorama de las tecnologías disponibles hoy en día, con un enfoque especial en la tracción eléctrica y las tendencias hacia el futuro

La tracción eléctrica en la industria automotriz no es un tema nuevo. El primer carruaje eléctrico fue inventado en la década de 1830, y el auto eléctrico se convirtió en el medio de transporte más eficiente en los inicios del siglo XX. Esto debido a que los caminos afuera de los pueblos eran muy pocos y no había la necesidad de realizar viajes de grandes distancias (el talón de Aquiles de los autos eléctricos). Debido a la mejora en la infraestructura y los grandes desarrollos llevados a cabo en torno al motor de combustión interna, la industria del automóvil eléctrico desapareció en la década de 1930 (14). Después de esto los automóviles eléctricos fueron solamente usados como vehículos de propósitos específicos, por ejemplo carritos de golf o transporte de pasajeros en zonas de cero emisiones en algunos pueblos de los Alpes.

El efecto invernadero y los problemas de esmog en las *megaciudades* a finales del siglo XX revivieron el interés en la tracción eléctrica para los automóviles. Debido a su larga historia y a su uso en otras aplicaciones, el motor eléctrico ha alcanzado un alto grado de eficiencia y confiabilidad. La Tabla 4 muestra cuatro de los más importantes tipos de motores eléctricos para uso automotriz y sus características. El motor de corriente directa (DC por sus siglas en inglés) es

comúnmente usado en la industria automotriz pero con otras funciones, como lo son la marcha, el ajuste de distancia en los asientos o como un soporte para la dirección. Por otra parte el motor de inducción es el más barato y simple de los motores eléctricos; sin embargo no puede alcanzar la eficiencia que presenta un motor síncrono. De acuerdo al tamaño de cada motor, la eficiencia de un motor inductivo de alta eficiencia se encuentra entre un 90 y 95% (15).

Tabla 4. Motores eléctricos para tracciones eléctricas (16)

Vehículo	Potencia	Torque
Motor CD (n ≤ 7000 rpm)		
BMW 3er	35kW	150Nm
Peugeot 106E	20kW	127Nm
Motor de Inducción (n ≤ 14000 rpm)		
Daimler Chrysler A-series	40kW	55Nm
Opel Astra	52kW	n. a.
Neoplan (bus)	Tandem: 2 x 45kW / 1 x 50kW	n. a.
Tesla Roadster	185kW	375Nm
Motor Síncrono		
Neoplan (bus)	90kW (with IVECO 2,8l diesel)	n. a.
Motor de Reluctancia		
Prototype of Uni BW Munich	30kW	110 Nm from 0 – 2600 rpm 180 Nm from 2600-9600 rpm

En contraste con la cantidad de avances que se han logrado en cuanto a los motores eléctricos, el almacenamiento de energía no ha alcanzado el nivel necesario para construir un vehículo eléctrico que pueda tener las prestaciones con las que cuenta hoy en día un motor de combustión interna. Hoy en día siguen existiendo problemas con la densidad de energía, definida como la cantidad de energía que puede ser almacenada en un determinado peso o volumen. El combustible (gasolina o diesel) usado en motores de combustión interna tiene una densidad de aproximadamente 43 [MJ/kg].

Tabla 5. Principales características de baterías

Sistema	Pb-PbO2	Ni-Cd	Ni-MH	Na-NiCl2	Na-S	Li-Ion
Temperatura de Operación [°C]	0...45	-20...50	-40...50	300...350	300...350	-40...60

Sistema	Pb-PbO ₂	Ni-Cd	Ni-MH	Na-NiCl ₂	Na-S	Li-Ion
Densidad de energía (2h de descarga) [MJ/kg]	0,7...0,11	0,14...0,2	0,18...0,29	0,29...0,36	0,32...0,43	0,32...0,5
Voltaje [V]	2,1	1,35	1,35	2,58	2,08	3,6

La Tabla 5 muestra diversos datos actuales de diferentes tipos de baterías. Hoy en día la batería más utilizada en la industria automotriz es la de Ni-MH, actualmente utilizada en la mayoría de los autos híbridos. Los autos normales (combustión interna) utilizan baterías de Plomo – Ácido debido principalmente a razones de costo. Ésta tiene un costo de alrededor de un tercio de una de Ni-MH o de Li-Ion, estas últimas podrán ser utilizadas en el futuro para la misma aplicación debido a que cuentan con mayor densidad de energía y mayor voltaje (17). Esto va de la mano con los nuevos desarrollos realizados sobre las baterías de litio ion como lo son el incremento en los ciclos de vida, la posibilidad de contar con arreglos de baterías más grandes y la seguridad con la que se cuenta para evitar que la batería se incendie.

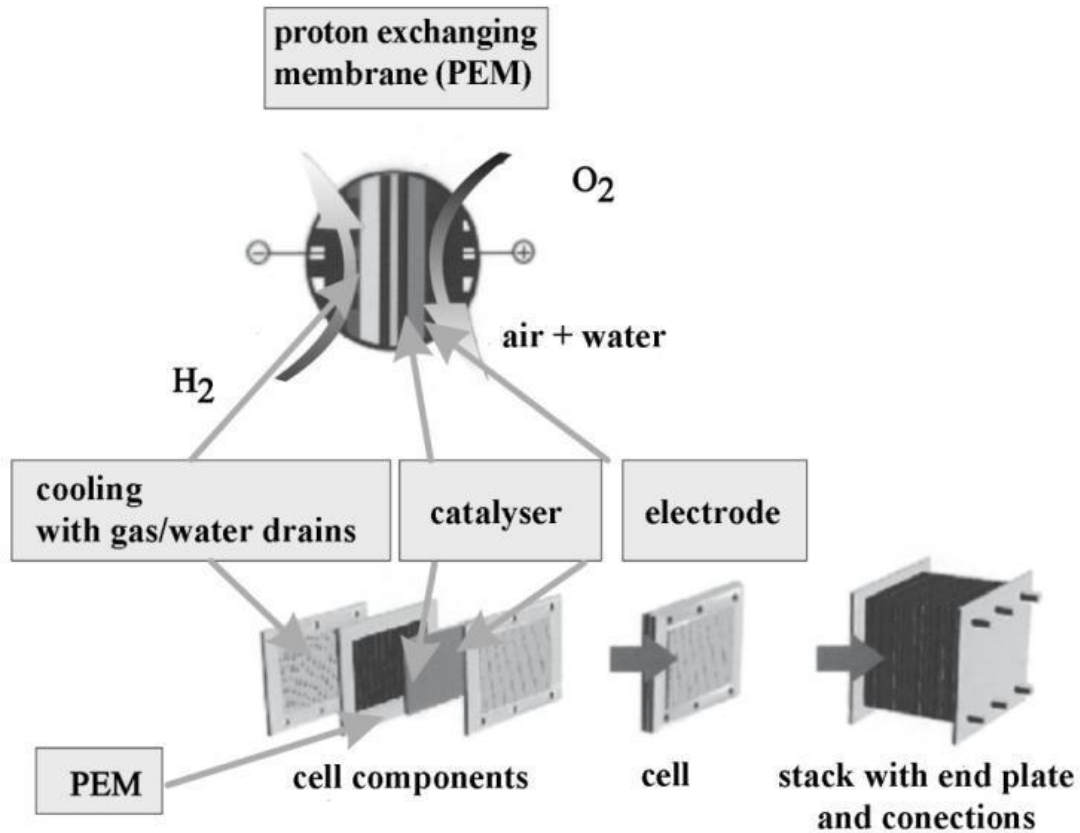
Algunos vehículos desarrollados recientemente como el Tesla Roadster han incorporado baterías de Litio-Ion como fuente de almacenamiento de energía. Algunos otros seguirán el ejemplo como el Chevy Volt. Es precisamente por esta razón que compañías como Sanyo, se encuentren listas para la producción y distribución en masa de este tipo de baterías, para de esta manera satisfacer la demanda que surgirá. Una vez que se produzcan dichas baterías en grandes cantidades los costos se irán reduciendo haciéndolas más atractivas para el mercado automotriz.

Hay muchas noticias concernientes a nuevos desarrollos en cuanto a baterías y almacenamiento de energía, prueba de toda la actividad que se realiza en este sector. Por ejemplo, existe una empresa llamada *EEStor* que se encuentra tratando de construir un ultra capacitor basado en titanato de bario con propiedades muy superiores a las baterías de hoy en día. Se desea alcanzar diez veces la capacidad de una batería de plomo-ácido por solamente la mitad del precio. Desafortunadamente la fecha de entrega del primer prototipo ha sido pospuesta un año más (18). La universidad de Stanford sostiene que ha incrementado la capacidad de las baterías de Litio-Ion diez veces utilizando nano fibras de silicón como material anódico. La extensión del silicón causada por la absorción de Litio parece no ser un problema siempre y cuando se utilicen nano fibras(19). Estos y otros desarrollos aún no están listos para la producción a gran escala pero son las bases para probar que en un futuro los vehículos eléctricos podrán ofrecer las mismas prestaciones técnicas que los que hoy en día cuentan con motores de combustión interna.

Otro punto de relevancia es la cantidad de corriente que se puede intercambiar con la batería en cierto instante de tiempo. Esto es importante en el momento de acelerar y relevante para mejorar u optimizar los periodos de carga de las baterías. Para el reto que significa la carga de las baterías existen diferentes vías para encontrar una solución. Una de ellas podría ser la existencia de baterías intercambiables, esto lleva a tener la infraestructura necesaria para dicha

solución que constaría de estaciones con baterías cargadas para ser cambiadas por las ya utilizadas. Empresas como *Better Place* se encuentran actualmente tratando de impulsar este tipo de infraestructuras. Otra de las soluciones podría ser la carga de las baterías de manera inductiva una vez que el auto se encuentra estacionado, esto ya se intentó en Francia bajo el nombre de *Tulip*. Sin embargo se debe de tomar en cuenta que el periodo de carga de las baterías debe ser similar al periodo de recarga de combustible en un auto de combustión interna para asegurar la aceptación de esta tecnología entre los usuarios.

Además de las baterías existen otras formas de almacenar energía, por ejemplo las celdas de combustible. La Figura 11 muestra el funcionamiento normal de una celda de combustible para uso automotriz. Los iones de hidrógeno (protones) pasan a través de la PEM (membrana de intercambio de protones) y crean una molécula de agua tomando Oxígeno del aire. Los electrones no pueden pasar a través de dicha membrana (PEM) y por consecuencia un dipolo es creado. Para alcanzar el voltaje deseado se debe construir un arreglo de varias celdas conectadas en serie.



Characteristic data of a PEM fuel cell

- operating temperature 80°C
- operating pressure 0,2 - 0,3 MPa
- current density 0 - 1,0 A/cm²
- cell voltage 1,0 - 0,5 V
- power density (stack)
 - relating to weight 0,7 kW/kg
 - relating to volume 1,0 kW/l

Figura 11. Arreglo de celda de combustible (16)

Una comparación entre un auto impulsado por un motor diesel y uno con una celda de combustible muestra las ventajas de ésta última, especialmente con cargas bajas (Figura 12). Y como resultado se puede observar que la celda de combustible no presenta grandes ventajas sobre un motor de combustión interna.

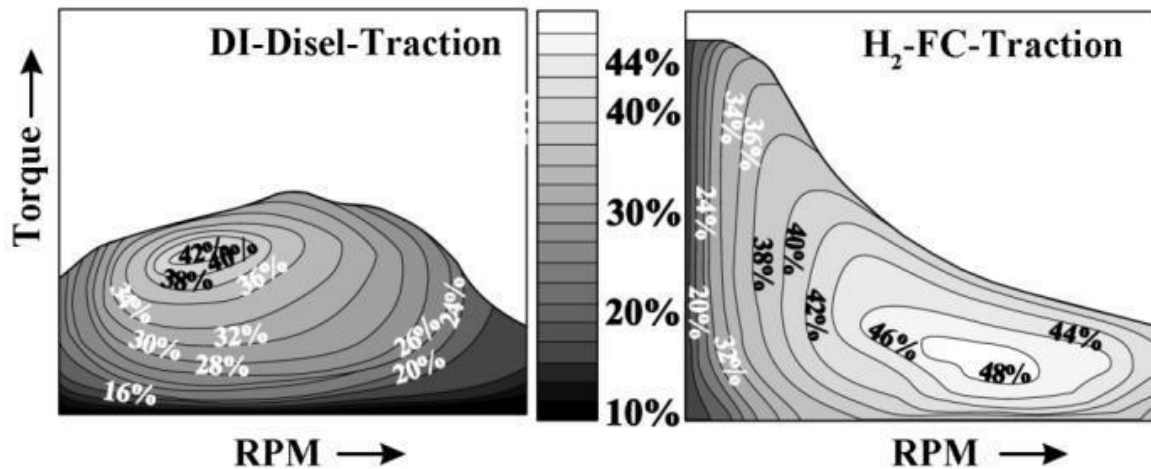


Figura 12. Comparación entre un motor diesel y una celda de combustible PEM para vehículos (16)

El hidrógeno utilizado en la celda de combustible presentará una mayor densidad de energía sobre los combustibles fósiles (hidrógeno 119.9 [MJ/kg]; combustibles 43 [MJ/kg]). Sin embargo el problema con el hidrógeno es el tanque de almacenamiento. Si se encuentra en fase gaseosa debe ser almacenado a bajas temperaturas y altas presiones, provocando que el tanque requiera de paredes gruesas y pesadas. Esto lleva a tener un tanque poco usual, que además, no es posible situarlo en donde generalmente se encuentra el tanque de combustible en un auto (debajo del asiento trasero, en el espacio resultante entre el asiento y el eje trasero). Además existe el problema del peso del tanque en vacío debido a las gruesas paredes por los altos estándares de seguridad requeridos. Así se puede observar que una relación entre el peso del tanque y la densidad de energía del hidrógeno resultaría en una densidad de energía combinada de 1.2 MJ/kg (20).

Una propuesta interesante es la posibilidad de producir hidrógeno a bordo y de acuerdo a las necesidades instantáneas, la obtención del hidrógeno se podría hacer directamente del metanol, evitando así el problema de almacenaje de hidrógeno. Esto requeriría muchos componentes adicionales, por ejemplo un reactor, e implicaría más problemas técnicos como el excedente de peso debido a la corrosión (16). Otro punto muy importante es que al generar hidrógeno de esta manera se produce CO₂ por lo que se pierde la ventaja de la cero emisión de gases contaminantes.

Estos retos explican porque no hay autos con celdas de combustibles en las calles hoy en día, salvo algunos prototipos. Sin embargo se han realizado esfuerzos para poder llevar esta tecnología a un nivel de producción en masa; la empresa Daimler está buscando producir una serie de autos pequeños para el año 2010.

Al utilizar energía eléctrica se deben modificar algunos sistemas que tradicionalmente eran impulsados por el propio motor de combustión por ejemplo el sistema de frenos hidráulicos. Por esta razón es que los sistemas *x-by-wire* resultan ser de especial atención. Antes de implementar

los sistemas *x-by-wire* se deben hacer avances para demostrar que dichos sistemas tienen bajos grados de falla, y además deben ser avalados por las diversas legislaciones. La Figura 13 muestra un sistema desarrollado por Siemens VDO/Continental que podría estar listo para la producción en serie para el año 2010.

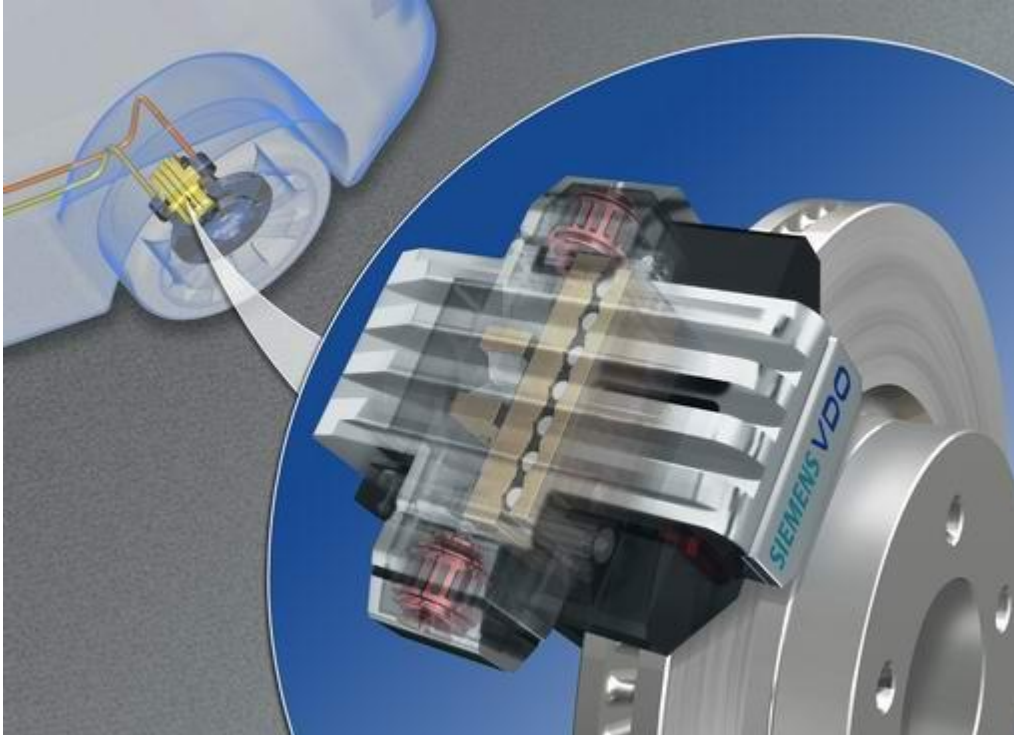


Figura 13. Sistema *Brake-by-wire* de Continental

Los sistemas *Brake-by-wire* tienen varias ventajas. El torque de frenado es generado de manera más rápida que prácticamente todos los sistemas hidráulicos, resultando en distancias menores de frenado. Más allá, todos los sistemas de seguridad como el ABS (*anti-lock braking system*; sistema de asistencia en frenado para evitar el bloqueo de las ruedas) y el ESP (*Electronic Stability Program*; control electrónico de estabilidad) pueden reaccionar de manera más rápida y eficiente requiriendo además de un número menor de componentes (21).

La tecnología *Steer by Wire* presenta una situación similar. La demanda de energía para este sistema es muy grande, y resulta crítica para autos de gran tamaño con un sistema de energía de 12 [V]. Sin embargo no debe ser un problema con los altos voltajes presentes en autos de tracción eléctrica. Sin embargo, existen problemas con las fallas que presenta el sistema así como con la retroalimentación hacia el usuario. El torque para girar las ruedas de un auto es creado por un motor eléctrico para retroalimentar al conductor acerca de la situación dinámica en la que se encuentra.

Además de la tracción, existen dos campos más en los que se están desarrollando mejoras continuas; la seguridad y el confort. Las mejoras en la seguridad pasiva son evidentes en datos de accidentes y fatalidades; por otra parte la seguridad activa aún muestra un potencial considerable,

como lo son un freno autónomo de emergencia, elementos activos en la suspensión y conducción autónoma. Ésta última ha sido factible en los últimos diez años, sin embargo, el marco legal ha presentado un cuestionamiento que resulta interesante; en caso de un accidente quien sería el responsable por el manejo autónomo: el propietario o el fabricante. El auto por sí mismo es capaz de tomar decisiones pero en las últimas versiones carece de habilidades cognitivas, haciendo que el manejo autónomo solo sea factible en situaciones de baja velocidad como congestionamientos vehiculares.

Un problema, que en general, presentan todos los sistemas de asistencia es la intención del usuario en una situación inesperada. Cuando los sistemas ABS o ESP fueron introducidos a la industria automotriz se convirtieron rápidamente en temas de discusión, a pesar de que fueron diseñados para ayudar al conductor solamente en situaciones críticas, cuando el conductor está por perder el control del vehículo. Se concluyó que el conductor necesita estar en control del vehículo en todo momento, sin embargo, puede ser asistido en situaciones en las que éste se torna complejo. Daimler se encuentra investigando el estrés emocional de los conductores en diferentes situaciones para de esta manera saber cuándo se quiere o necesita el soporte, por ejemplo, en intersecciones o cuando se presentan obras en el camino. Si la edad promedio de la población sigue creciendo, la demanda por la asistencia en el manejo continuará creciendo para poder garantizar que las personas de edad avanzada puedan obtener la movilidad que requieren sin sacrificar el placer por manejar (22).

Visto esto, y por obvias razones el sector automotriz muestra un claro interés en fuentes de energía alternativa y el incremento en las eficiencias. Los primeros prototipos, así como las primeras producciones en serie ya existen y la producción a gran escala vendrá en un futuro a corto plazo. La conectividad entre los vehículos y su entorno, así como la conectividad entre vehículos, han puesto un reto en la creciente demanda sujeta a la seguridad activa con la ayuda de complejos sistemas de asistencia y partes controladas electrónicamente en la llamada administración del chasis.

3. Escenarios

La definición de libro de texto de *megaciudad* sirve de punto de partida para identificar los posibles problemas que se pueden resolver con un nuevo concepto. La definición, sin embargo, no es suficiente para predecir o imaginar las situaciones específicas a las que un usuario se enfrentará en el futuro. Lo más sensato es prepararse para resultados radicalmente distintos. Por esta razón se necesitó hacer uso de un contexto más detallado, aquél que cubriera diversas posibilidades con impacto directo en la movilidad. Con los conceptos desarrollados en el capítulo anterior se continuó la definición de un marco lógico para el desarrollo del proyecto.

En este contexto se entiende escenario como una proyección de un lugar en el futuro. Está basado en datos duros como predicciones de crecimiento poblacional, uso de suelo, ingreso per cápita etc. También se basa en la interpretación de lo que se observa el día de hoy. Las observaciones incluyen tendencias en la tecnología, moda, o el clima político y económico del país.

El uso de proyecciones basadas en documentos suscitó un desafío particular ya que dichas proyecciones variaban de fuente a fuente. Por ejemplo, la población estimada por el gobierno local para la Ciudad de México era distinta a la de las encuestas federales y a su vez de organizaciones internacionales. Al final se decidió que los escenarios incluyeran un promedio de los datos de las diferentes fuentes.

La interpretación de las tendencias actuales fue altamente subjetiva. Sin embargo esta subjetividad permitió que se generaran escenarios completamente diferentes y originales.

Pero ¿cómo saber si un determinado escenario es realista? Desde luego no se puede decir sin lugar a duda si un escenario ocurrirá como fue pensado, sin embargo con el uso de suficientes datos e interpretaciones sensatas se puede considerar que un escenario es realista.

La siguiente sección describe el método utilizado en el proyecto que se reporta en esta tesis mediante el cual se crearon los distintos escenarios.

3.1 Método de búsqueda

El uso de una metodología específica de diseño demandó la creación de un ambiente específico para el desarrollo de los conceptos.

La primera etapa consistió en la creación de escenarios ampliamente distintos. El equipo de diseño del proyecto se dividió en 3 grupos, cada uno de los cuales generó 2 escenarios. Cada escenario se basó en una idea o suposición crítica de la *megaciudad* del futuro.

Los equipos trabajaron de manera independiente, compartiendo sólo la idea central de cada escenario de tal forma que no existiera repetición y para promover ideas no tendenciosas. Se le prestó especial importancia a aspectos clave con influencia en la movilidad:

- Comunidad
- Tráfico
- Gente y el mundo laboral
- Ambiente
- Reglamentos de transporte
- Tecnología y organización

Los escenarios se formaron a partir de una extensa lluvia de ideas y fueron presentados en forma de ensayos y acompañados de un *collage* representativo.

Se crearon un total de 6 escenarios los cuales se describen en la sección siguiente.

3.2 Escenarios

Los siguientes seis escenarios han sido resumidos desde los ensayos originales a los siguientes puntos clave.

3.2.1 Reducción de la globalización

Habrá un decremento en la demanda de movilidad debido a una crisis económica mundial prolongada.

- Las naciones industrializadas encararán la recesión, la cual consecuentemente reducirá la globalización.
- La tasa de crímenes irá en aumento.
- Las personas migrarán a zonas rurales.
- Habrá una calidad más baja en los sistemas de transporte público debido a la reducción de presupuestos.
- Menor presupuesto para investigación y desarrollo.
- Grandes retos para la reducción de costos en la industria automotriz.
- La población de la Ciudad de México quedará fija en 17 millones de habitantes.

3.2.2 Cuando lo negro se vuelve verde (ecochic)

Un movimiento verde impulsado por políticas gubernamentales, la contaminación y la escasez de recursos naturales crean un cambio radical en las conductas del consumidor.

- Persisten los autos particulares y los congestionamientos vehiculares.
- México seguirá dependiendo de los combustibles fósiles.
- Las nuevas tecnologías son accesibles económicamente, hay una homogeneización de la clase media.
- Existe mayor rango de diferencias económicas entre la clase media y la clase alta.

- Políticas de ahorro de energía encabezadas por el gobierno.
- Las personas que no siguen un estilo de vida “verde” son criticadas socialmente.
- Los vehículos eléctricos ganan popularidad a nivel mundial.

3.2.3 Ciudad de México descentralizada

La población de México se comienza a distribuir de manera uniforme por todo el territorio nacional gracias a la promoción hecha por el gobierno mediante aumento de infraestructura en el interior de la República.

- Densidad de población en la ciudad comienza a descender.
- Los servicios públicos en la ciudad mejoran.
- Muchas personas conmutan entre ciudades.
- Caminos y medios de transporte incorporan nuevas tecnologías para el manejo inteligente del tráfico.
- Los fabricantes de autos asiáticos se convierten en una competencia para el mercado de autos Premium.

3.2.4 De megaciudad a gigaciudad.

Un crecimiento desmedido en la población de la ciudad genera importantes niveles de estrés.

- La población de personas con más de 60 años se incrementará generando problemas en los servicios de salud.
- La demanda residencial aumenta debido a la tendencia a vivir solo, las familias contarán con menos miembros.
- Los recursos escasos se empiezan a compensar con otras alternativas (energía nuclear, energía solar, energía eólica, etc.)
- Asentamientos en la zona metropolitana de la ciudad incrementarán de tamaño, serán riesgosos, con falta de planeación e invadirán reservas naturales.
- Muchos fabricantes de autos sobrevivirán al competitivo mercado de autos asiáticos. La mayoría de los autos serán híbridos o eléctricos.
- Aún habrá mercado para los autos Premium.

3.2.5 Zona de cero emisiones

El gobierno aprobará una ley para prohibir el uso de autos que generen cualquier tipo de contaminación en el centro de la ciudad.

- La zona de cero emisiones abarcará 1/3 parte del total de la ciudad.
- Los autos híbridos y eléctricos serán impulsados al permitirles la circulación en el centro de la ciudad.
- Habrá una disminución en el tráfico del centro de la ciudad, pero la mayoría de la población no podrá adquirir autos eléctricos.
- Existirá infraestructura para la recarga de baterías.

- La vida dentro del centro de la ciudad será mucho más placentera, habrá menor conglomeración de personas así como menor contaminación y menor tráfico.

3.2.6 La movilidad se empalma con la conectividad

La manera en que las personas se mueven dentro de la ciudad quedará redefinida por la información compartida.

- La Ciudad de México no cambiará drásticamente en su aspecto.
- Las personas estarán en constante interacción mediante herramientas de red.
- Habrá una unificación de estándares de comunicación entre los diversos aparatos.
- Una red descentralizada de computadoras ayudará a hacer la movilidad más eficiente y menos incómoda.
- Las personas trabajarán de igual forma en su casa u oficina, por lo que manejar un auto se convertirá más en un placer que en una necesidad.

3.3 Selección

Durante el desarrollo del proyecto los *collages* y descripciones de cada escenario fueron enviados a ejecutivos de la empresa patrocinadora para su evaluación. Se realizó una conferencia telefónica entre el equipo de trabajo y los representantes de la división de mercadeo de la empresa, en dicha conferencia se recibió retroalimentación acerca de los comentarios de la empresa sobre dichos escenarios. La empresa mostró especial interés en tres escenarios:

La Movilidad se Empalma con la Conectividad

Este escenario fue elegido por diversas razones. Es similar a las tendencias que prevé la empresa en un futuro a corto plazo en términos de la interacción con diversas redes. Mostraron un particular interés en la idea de la existencia de más comercios en línea y las posibilidades que esto puede llevar a un nuevo concepto de auto y como aprovechar ese mercado. Además mencionaron que el hecho de manejar por placer y no por necesidad encaja de manera perfecta con la filosofía de la empresa. En general se percibió como un escenario muy probable.

Ciudad de México Descentralizada

La empresa comentó que este escenario podría resultar en conceptos muy interesantes para abordar el reto de satisfacer las necesidades entre viajes de corta y larga distancia en un mismo vehículo. Sin embargo la idea de las alianzas entre varias compañías para competir contra el mercado asiático fue criticada por la compañía ya que prefieren evitar las alianzas innecesarias. La empresa sugirió que este escenario podría fusionarse con el escenario de la Zona de Cero Emisiones.

Cuando lo Negro se vuelve Verde (Ecochic)

Este escenario también fue considerado como prometedor ya que la conciencia ecológica es un tema que la empresa está tomando como una tendencia muy fuerte para el futuro. A la empresa

le agradó cambiar un poco la perspectiva y dar la imagen de ser una marca con una alta conciencia ecológica, aunque el hecho de ser “ecológicamente amigable” no es una prioridad.

Una vez que los escenarios fueron seleccionados se procedió a detallar los mismos y buscar los problemas o las posibilidades que pudieran enriquecer a cada uno de ellos. En este aspecto los conceptos podrían ser creados para únicamente encajar en un escenario.

4. Conceptos

Una vez seleccionados los escenarios que se emplearían como marco de referencia para el desarrollo del proyecto, se crearon conceptos de automóvil basados en ellos. Todos estos conceptos cuentan con una característica común; utilizan tracción eléctrica.

En esta etapa fue de vital importancia el conocer al usuario de la marca para situarlo dentro del escenario. Se crearon conceptos para cada uno de los escenarios seleccionados, tomando en cuenta diferentes facetas del usuario. Se planteó la meta de tener 10 conceptos como máximo por cada escenario para comenzar a trabajar en los bosquejos generales.

La metodología utilizada para la creación de conceptos, así como el criterio aplicado para el primer filtro son descritos a continuación.

4.1 Métodos y desarrollo

Después de tener retroalimentación de la división de mercadotecnia de la empresa, el siguiente paso en el proceso de diseño fue desarrollar ideas centrales para los conceptos. El proceso comenzó con una lluvia de ideas, prestando especial atención en atender los problemas y necesidades del usuario y en los aspectos técnicos. Para cada concepto, el usuario y el panorama de la ciudad se determinaron dependiendo del escenario específico al que pertenecían. Las ideas resultantes fueron clasificadas en diferentes grupos según su naturaleza (motor y tracción, suspensión, chasis y carrocería, eléctrico, interior y concepto general). De aquí se desprenden los 18 conceptos.

Lluvia de ideas.

El proceso de lluvia de ideas se separó en dos partes: primero los miembros del equipo escribieron todas las ideas que fueron concibiendo; después cada idea se clasificó e integró al escenario al que mejor se adaptaba. Durante esta etapa se trabajó bajo la premisa de “no existen malas ideas”, así se tuvieron toda clase de ideas, desde las prácticas hasta las radicales. Los resultados de este proceso son mostrados en la Figura 14.



Figura 14. Pirámide de ideas

Problemas y Necesidades.

La siguiente tarea inminente fue dar un enfoque particular a los problemas y necesidades entre el usuario y los aspectos técnicos, como se muestra en la Figura 15. Una vez que los factores que limitan dichas ideas fue tomado en cuenta, surgieron más ideas, las cuales ayudaron a resolver los problemas que afectan al usuario, a los aspectos técnicos y al escenario. Por ejemplo, los topes (reductores de velocidad) de la Ciudad de México que aparentan estar situados en sitios al azar, y constantemente se puede observar que no se encuentran pintados y/o señalizados hacen incómodo el tránsito de los habitantes de la Ciudad. De aquí se desprende la idea de una “alerta de topes”, dicha alerta automáticamente frenará el vehículo al aproximarse a los mencionados topes.



Figura 15. Problemas y necesidades

Tabla de Características de los Escenarios.

Para no perder de vista que se trabajaba con los escenarios seleccionados se realizó una tabla con características del usuario y de la ciudad que satisfacían únicamente a un escenario particular. El propósito de esto fue crear conceptos, que en su mayoría, pudieran ajustarse lo más posible a la satisfacción del usuario. Al acotar las características del usuario y la ciudad se logró prevenir distanciamiento de los puntos clave (escenario y usuario) mientras se desarrollaban los conceptos.

Tabla 6. Características de los escenarios

Escenario	Usuario	Ciudad y Aspectos Generales
Eco Chic	<ul style="list-style-type: none"> • Se preocupa por el medio ambiente. • Impone modas/tendencias. • Entusiasta de los viajes y actividades al aire libre. • Consciencia por la salud. Persona sociable capaz de interactuar en persona. 	<ul style="list-style-type: none"> • Industria/Arquitectura/ Legislación Ecológica. • Mayor demanda que producción del mercado ecológico. • Infraestructura ecológica para el transporte público y privado. • Mayor disponibilidad de energías alternativas.
Zona de Cero Emisiones y Descentralización	<ul style="list-style-type: none"> • Las personas conmutan entre ciudades. Empresarios. • Turistas • Viajes de grandes distancias. • Usuario premium de carácter conservador. • Prefiere desempeño 	<ul style="list-style-type: none"> • Descentralización del trabajo y la vida cotidiana. • Menor tráfico vehicular en el centro de la ciudad. • Transporte público optimizado para el centro de la ciudad y capacidad de expansión para movilidad entre ciudades.

	sobre ecología	<ul style="list-style-type: none"> Necesidad de cambio en la movilidad.
Conectividad	<ul style="list-style-type: none"> Amantes de la tecnología Personas afines al internet (en casa y en el auto) Placer por manejar Menor interacción en persona, presente en otros medios. 	<ul style="list-style-type: none"> Cambio en el tráfico y la administración de la movilidad. Integrar y compartir información agiliza la vida cotidiana. Más tiempo de recreación. Menor tasa de crímenes violentos -> mayor crimen electrónico.

Concentrador de Ideas.

El concentrador de ideas jugó un papel decisivo al darle forma a los nuevos conceptos, y se convirtió en un recurso, para que el equipo adquiriera inspiración. El concentrador de ideas dividió el auto en siete categorías principales:

- Concepto general del vehículo
- Motor y tren motriz
- Suspensión
- Chasis y carrocería
- Interior
- Eléctrico/electrónica
- Seguridad.

La colección y clasificación de ideas bajo cada categoría resultó en la creación de un panorama del espectro de trabajo, en el cual se generó la apertura hacia nuevas ideas.

Tabla 7. Concentrador de ideas

Concepto General del Vehículo		
Auto con 1,2,3,4 o 5 asientos Auto con 1 asiento al frente y 4 atrás Auto de 10 segundos Manejo del vehículo desde el exterior(control remoto) Sin ventanas (pantalla de 360º) Motocicleta integrada	Tren motriz intercambiable Modo de valet parking Capacidades diferentes de batería Manejo en fila (<i>snake driving</i>) Manejo autónomo Apariencia "retro"	Ambiente sin asientos dentro del vehículo Asientos rotatorios Una sola fila con volante en medio Recarga en el camino Certificado ecológico Reutilización del calor desechado/disponible
Motor y Tren Motriz		
Motores dentro de las ruedas Motor al frente	Tracción en todas las ruedas Recuperación (energía)	Almacenamiento de calor Motor Stirling/Peltier

Motor en medio Tracción en las ruedas delanteras Tracción en las ruedas traseras	Carga inductiva Manejo inductivo	Sistema de enfriado de baterías Paquete de baterías intercambiables
Suspensión		
Amortiguadores activos Uniones de suspensión activas Cinemática variable Alto ángulo de viraje Drive by wire Llantas imponchables	Viraje en las ruedas traseras Suspensión adaptiva dependiendo tipo de camino Ángulo de viraje independiente para cada rueda Ruedas esféricas	Manejo multidireccional Eliminar la llanta de refacción Auto que se levanta antes de llegar a un tope
Chasis y Carrocería		
Hatchback Avant Coupe Cross-over SUV Auto deportivo 3 ruedas Buggy Diseño aerodinámico Construcción inteligente de bajo peso Color de la carrocería adaptable	Chasis transparente Poste "a" Paneles Solares Puertas suicidas Descargas eléctricas Choques de calor Cuerpo telescópico Techo panorámico Auto modular Paquete de batería movable Punto de balance cambiable	Conductor en medio GINA (BMW) Diseño individual con "tinta electrónica" Resistencia a rayones Puerta que permita fácil acceso Puerta con protección ante la lluvia Cubre ruedas desde la salpicadera Superficie del auto como un radiador Vibraciones para quitar polvo Material reciclado en el chasis Tema de la carrocería dinámico
Interior		
Ergonómico Asiento se adapta al conductor Interacción con el sistema de medios Sistema de sonido Control del volante Botones Tapicería Concepto de viraje (mente, joystick,...)	Tapicería anti manchas Sonido de motor virtual (cambiable) Sistema de clima inteligente 3D touchscreen Posición del conductor cambiable (disponible en todos los asientos) Volante de conducción retractable Navegación inteligente Observación al conductor	Cámara en el exterior Control de voz Adaptación según género Sensación de movimiento de aire Control de gestos Materiales no sintéticos Interior blando, sin riesgos en caso de accidente Cama integrada Materiales que absorben olores
Eléctrico/Electrónico		
Luces en píxeles (iluminación de puntos en el auto) Piloto automático adaptable O-LED's	Dispositivo de control central Dispositivo portable (móvil) Control de voz Asistencia de rebase	Reconocimiento de ojos Caja negra El auto se recarga al estar estacionado

Alerta de cambio de carril Visión nocturna Reconocimiento de señales de tránsito HUD Navegación de predicción y pre-accidente Administración del chasis Asistencia de estacionado	Comunicación auto a auto y auto a ambiente Dispositivo de localización del auto Llamada de emergencia automática Actualizaciones de software automáticas Pantalla digital que muestra el menú del CCD	Advertencia de tope y disminución automática de la velocidad Localizador de espacio de estacionamiento libre Mantener conversaciones via chat con otros conductores atrapados en congestionamientos Solo activar los sistemas necesarios según el momento Detección de baches Espejo retrovisor virtual Tinta electrónica
Seguridad		
Bolsas de aire frontales y laterales Seguridad al peaton Asiento trasero	Espuma Asiento eyectable Freno por inducción Auto se conduce a casa después de ser robado	Ruedas desaparecen al estar estacionado

4.2 Conceptos

Una vez que se habían plasmado estas características se prosiguió a desarrollar diversos conceptos. Cabe mencionar que cada concepto debía caer solo en uno de los escenarios, con esto se produjeron 18 diferentes conceptos los cuales se listan a continuación.

Escenario: *Eco Chic*

- 1.1 Sport outdoor travel car
- 1.2 Pure Eco-chic
- 1.3 Green fun car
- 1.4 Frog micro-muscle car
- 1.5 Sand

Escenario: *Ciudad de México Descentralizada*

- 2.1 Modular car
- 2.2 Family Pleasure Car
- 2.3 City Racer
- 2.4 Moveasy
- 2.5 Cube AT
- 2.6 Car + Segway
- 2.7 Electric-lane car

Escenario: *Conectividad*

- 3.1 10-second car
- 3.2 Tech living room
- 3.3 Secure Business
- 3.4 Smiley mobile
- 3.5 Design for Mexico City
- 3.6 Junior Car

Auto concepto.

Durante el desarrollo de los diferentes conceptos, se fueron llenando hojas de especificaciones en las cuales se mencionaba el escenario al cual pertenecía ese concepto y una pequeña descripción del vehículo así como de su idea central a desarrollar. A su vez cada hoja de especificaciones contenía seis categorías esenciales: *concepto general del vehículo, motor y tren motriz, suspensión, chasis y carrocería, interior y eléctrico/electrónico.*

Con la ayuda del concentrador de ideas y algunas nuevas ideas desarrolladas sobre la marcha, cada sección fue detallada, creando después de mucho trabajo varios conceptos.

La siguiente etapa se concentró en producir bosquejos, imágenes, o bien, alguna referencia visual que demostrara la idea principal detrás de cada concepto. Una vez que el concepto era revisado y se recibía una retroalimentación se volvía a hacer una nueva iteración para corregir detalles finos del concepto.

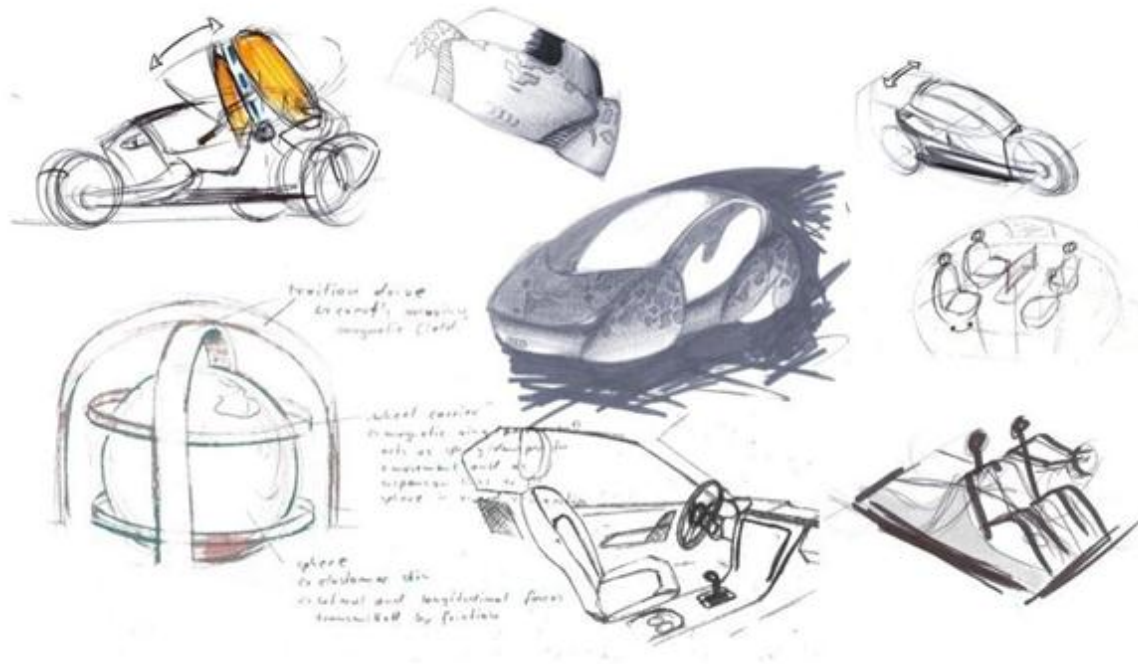


Figura 16. Ejemplos de los bosquejos de los conceptos

Una vez que se completaron los 18 conceptos (hoja de especificaciones, ensayo y dibujo) se realizó la primera pre selección.

4.3 Pre selección

La gran variedad y el gran número de conceptos que se desarrollaron resultaron en un espectro muy amplio de posibles soluciones; fue necesaria la creación de un filtro para poder elegir cuatro conceptos para ser desarrollados a detalle, para dicho propósito se creó una hoja de evaluación. Después de una discusión cuidadosa, se decidió enfocar la evaluación en 5 rubros específicos; estos rubros no tendrían el mismo peso, por lo que se realizó una ponderación para poder llevar a cabo dicha evaluación. La Tabla 8 muestra dicha ponderación.

Tabla 8. Factores de ponderación para la elección del concepto

Auto Concepto	
Elemento	Peso
Necesidades del Usuario	2
Innovación	5
Posibilidad en la Realización	4
Diseño General del Vehículo	1
Lealtad a la Marca	3

La siguiente tarea sería la de crear un concepto de auto, que en este caso sería diferente a lo que normalmente se conoce como auto concepto. Esto debido a que se quería realizar más bien un estudio de la realidad y la posibilidad técnica de la realización para un vehículo eléctrico, en donde, la innovación y la posibilidad en la realización serían los elementos más importantes. El valor estético, aunque conservaba un alto nivel de importancia, permaneció como un elemento secundario. “La tecnología de punta, la dinámica irresistible, el aspecto deportivo supremo y el ilimitado placer al conducir” (23) son valores de la marca, por lo que serían valores indispensables en el futuro. La lealtad a la marca tenía una importancia considerable para la evaluación, seguida por las necesidades del usuario.

Para la ponderación se realizó una consideración de los diferentes rubros entre 1 y 5 siendo 1 el menos importante y tomando el 5 como el de mayor importancia. Subsecuentemente se evaluó el concepto y mediante la siguiente gráfica de barras se representó el resultado de dicha evaluación.

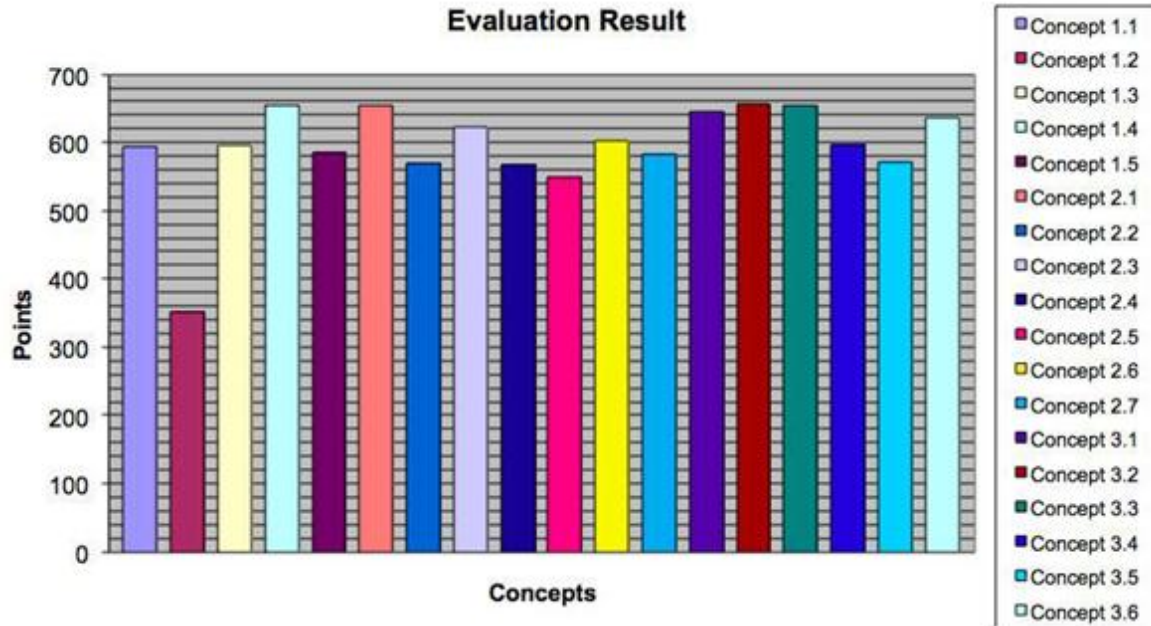


Figura 17. Resultado de la evaluación

Los conceptos seleccionados fueron el 1.4 *"Frog Micro Muscle Car"*, el concepto 2.1 *"Auto Modular"*, el concepto 3.2 *"Sala Tecnológica"*, y el concepto 3.3 *"Auto seguro para ejecutivos"*.

En la siguiente sección se realiza una descripción a detalle de estos cuatro conceptos.

4.3.1 Frog micro muscle car

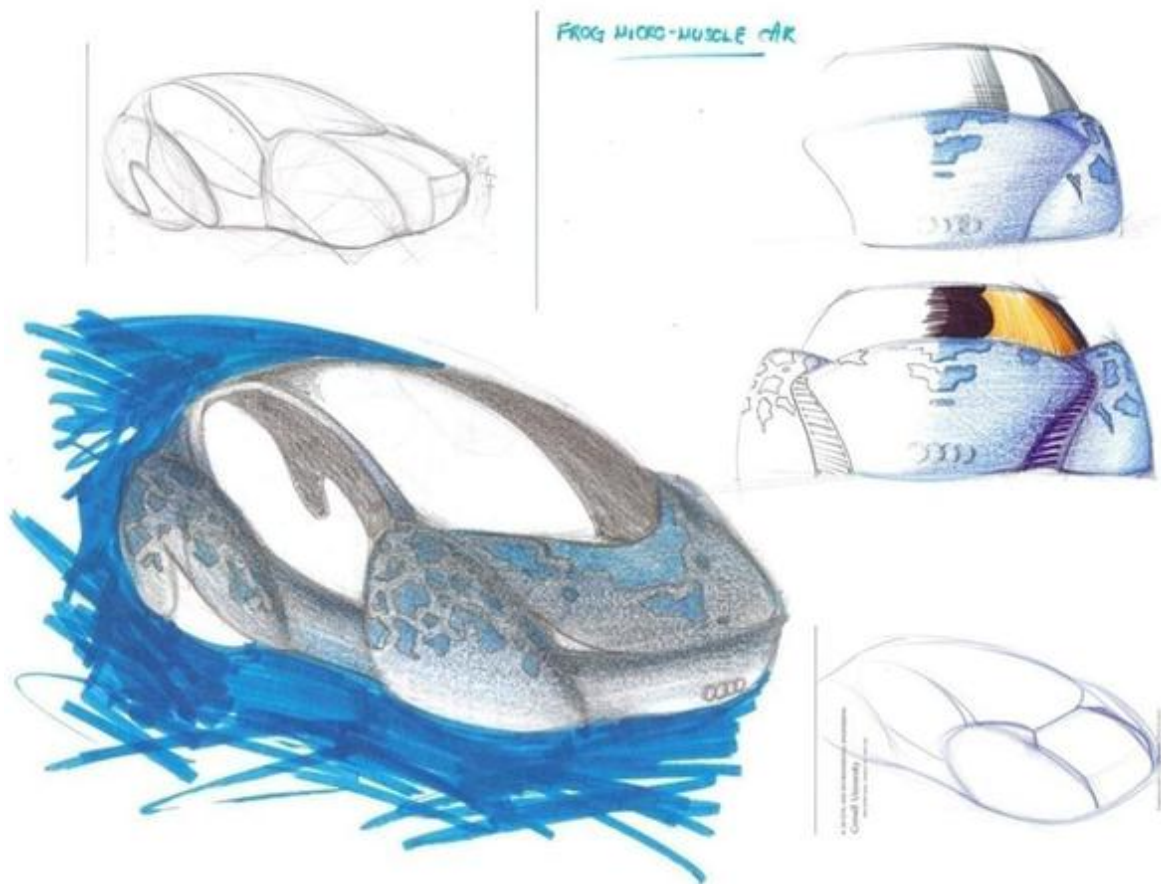


Figura 18. Diseño exterior

Generalidades.

El *Frog Micro Muscle Car* es un auto deportivo de dos asientos, con cuatro ruedas y estilo cupé. Está pensado principalmente para hacer viajes de fin de semana dentro y fuera de la ciudad tomando especial énfasis en el placer al manejar. Mediante el uso de polímeros electroactivos, este vehículo implementa algunas de las más nuevas tecnologías en el mercado. El usuario querrá de alguna manera mostrar su conciencia ecológica, así como también mostrar el lado Premium y deportivo del auto que maneja en una megaciudad. Este auto es de dimensiones pequeñas y junto con sus innovadoras funciones de seguridad lo hacen apropiado para una ciudad de gran tamaño como lo es la Ciudad de México.

Filosofía del Vehículo.

El diseño del vehículo se inspira en especies en peligro de extinción, utilizando formas orgánicas y buscando aprovechar el mercado automotriz de personas con conciencia ecológica.

Resumen de las Especificaciones Técnicas.

Características de Motor y Chasis

- Diseño con varios materiales, prestando especial atención en una construcción con bajo peso (hidro-formado) y buscando un alto grado de piezas reciclables.
- Chasis adaptable a diversas situaciones de manejo.
- Motor central, con tracción delantera aproximadamente de 100 kW.
- Autonomía de 300 km, peso de las baterías de aproximadamente 350 kg, peso del vehículo (sin baterías) de aproximadamente 850 kg.
- Paquete de baterías situado en la parte trasera del auto, baterías de tecnología ión- litio.
- Para extender la autonomía se utilizaría una celda de combustible.

Características de seguridad pasiva y activa.

- Detección de topes reductores de velocidad, y asistencia en el manejo a través de un parabrisas inteligente.
- Modo de estacionado seguro.
- Diseño exterior limpio: no existen piezas que se puedan remover o bien ser robadas.
- Llantas “Tweel” (Michelin).

Exterior

- Paneles solares situados con el mismo patrón que una rana azul venenosa.
- Faros frontales escondidos en la carrocería.
- La carrocería se puede adaptar de acuerdo a la configuración del chasis por medio de neumática y los “micro-músculos”.

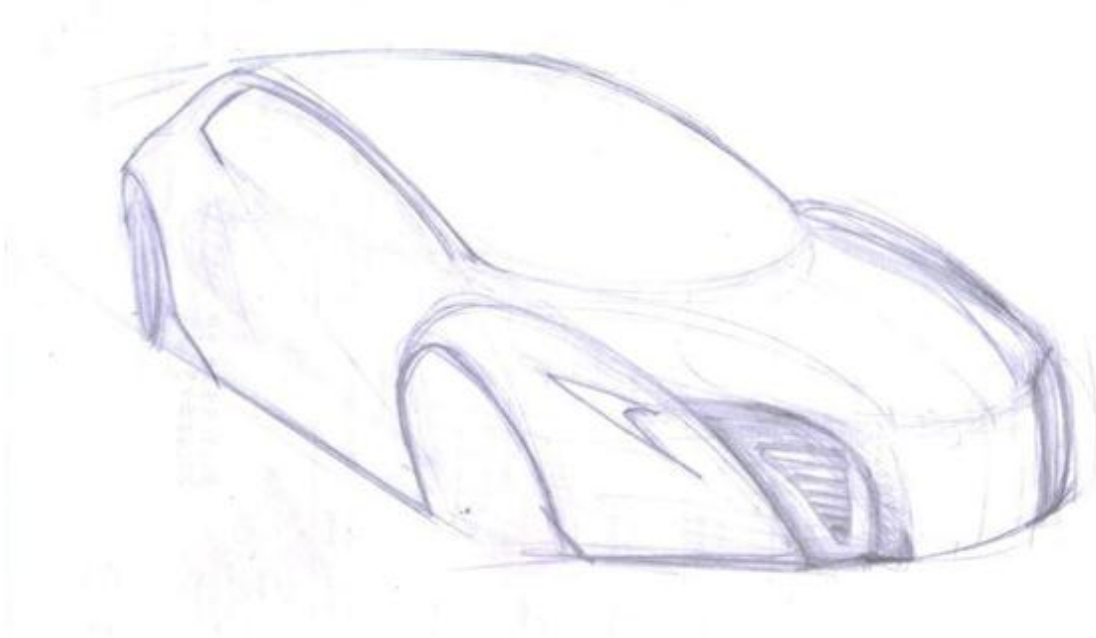


Figura 19. Vista exterior

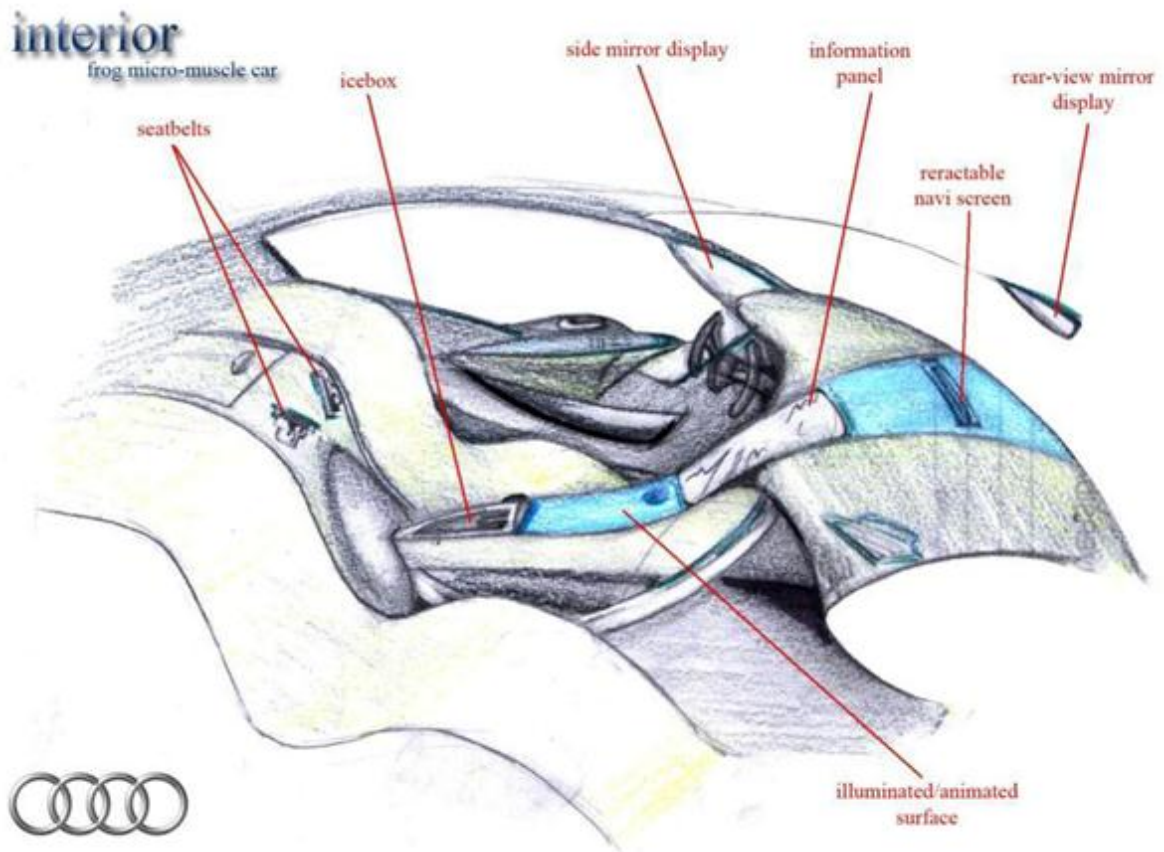


Figura 20. Vista interior

- Materiales de alta calidad, orgánicos, ambientalmente amigables, biodegradables con acabados de lujo.
- Parabrisas inteligente.
- Paneles de información anti estrés, con iluminación y animaciones acorde al estado de ánimo.
- Doble modo de conducción habilitado por la tecnología “*Drive by Wire*” que permite al piloto o copiloto tomar el control del auto.

Innovaciones y funciones clave

- Techo con paneles solares flexibles.
- Llavero con localizador visual para el auto.
- Chasis adaptable a situaciones de manejo y polímeros electroactivos.
- Detección de topes reductores de velocidad y parabrisas inteligente.
- Manejo autónomo en bajas velocidades (evitar paro y arranque en congestiones vehiculares, garantía para el flujo vehicular).
- Modo de estacionado seguro: cubre ruedas de protección.
- Diseño exterior limpio: imposible quitar o robar piezas en el exterior del vehículo (faros, espejos, etc.)

Innovación: parabrisas inteligente y asistencia de manejo.

El parabrisas despliega toda la información necesaria y complementaria al conductor. Con cámaras colocadas de manera estratégica en diversos puntos del auto, se captan imágenes que se despliegan en el parabrisas, esto responde a la propuesta de un diseño exterior limpio quitando los espejos laterales. Para advertir al conductor cuando se aproxima a un tope reductor de velocidad, un aviso luminoso se muestra en forma de línea en el parabrisas para darle oportunidad de disminuir la velocidad. Mediante un grupo de sensores situados al frente del auto, las condiciones generales del camino pueden ser monitoreadas para que la suspensión tenga la capacidad de adaptarse al camino.

Resumen de las ideas claves de la innovación:

- Información en parabrisas (velocidades, carga de baterías, espejo, etc.)
- Detección y prevención de topes reductores de velocidad.



Figura 21. Instrumentos desplegados en el parabrisas (24)

Consideraciones

- Ya que no existen elementos de asistencia activos, esta función no debe enfrentar ningún problema de legislación; el espejo virtual puede necesitar un sistema de respaldo convencional.
- El conductor puede enfocarse en el camino, ya que no es necesario que desvíe la mirada hacia los instrumentos.

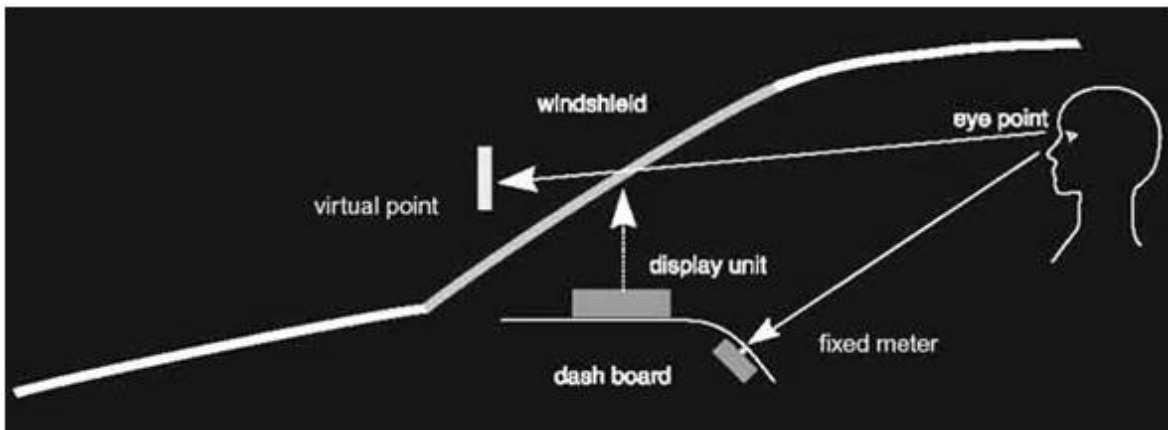


Figura 22. Campo de visión del conductor (25)

Innovación: Chasis adaptable a la situación de manejo y polímeros electro activos.

El chasis de este concepto se puede adaptar a diferentes condiciones dependiendo de los fenómenos que alteren en ese momento la experiencia de manejo. El vehículo es capaz de incrementar su distancia con respecto al piso mediante el uso de los polímeros electroactivos. La suspensión y el ancho está modificado por elementos neumáticos para que sólo una parte

pequeña sea en realidad desplazada por los polímeros electro activos. Como resultado, el auto es más rápido y más estable en carreteras y más pequeño y alto para los viajes dentro de la ciudad.

Resumen de las ideas claves de la innovación:

- Chasis adaptable
- Aplicación de los polímeros electroactivos.

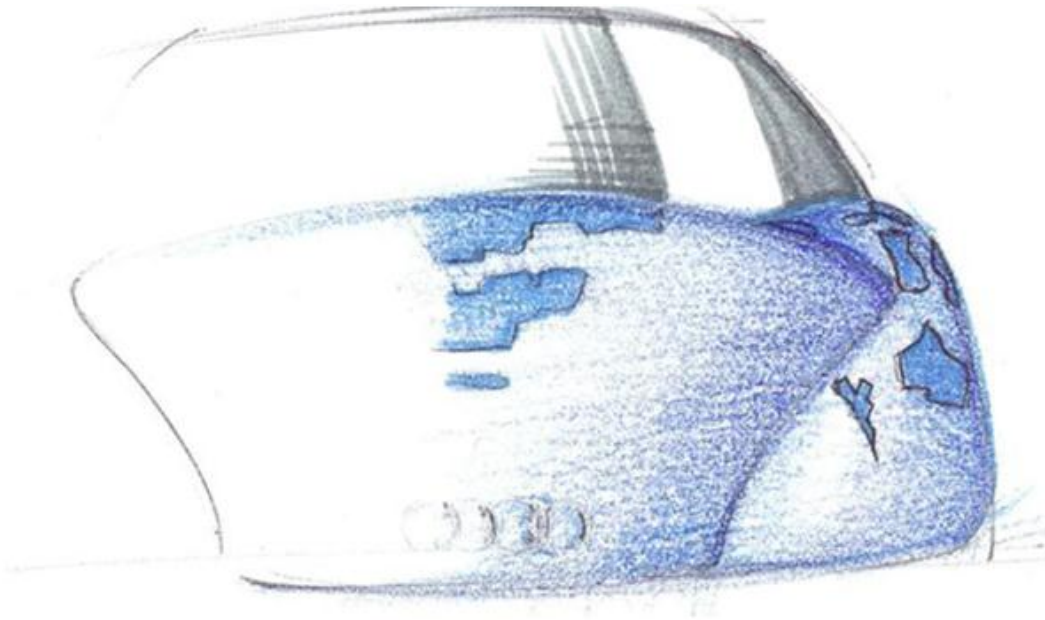


Figura 23. Bajas velocidades dentro de la ciudad

- Tecnología de reciente aparición, altamente innovadora; deberá ser probada en los próximos años para asegurar alcances.
- El principio de funcionamiento se basa en la aplicación de una diferencia de potencial sobre los polímeros que como consecuencia cambian de forma.

Innovación: Manejo autónomo a bajas velocidades.

El concepto implementa el manejo autónomo a velocidades menores de 20 [km/hr]. Esta idea surge como respuesta al problema que representa el constante avance y frenado dentro de un congestionamiento vial. Con este sistema se puede asegurar un flujo continuo del tráfico vehicular, utilizando sensores alrededor del auto, la velocidad y distancia con otros objetos puede ser modificada dependiendo del estado del tráfico. Los autos que usen esta tecnología pueden eventualmente contar con algún tipo de comunicación entre ellos, e inclusive, tener acceso a un carril confinado para vehículos con estas características.

Resumen de las ideas claves de la innovación:

- Baja Velocidad.
- Comunicación entre autos.



Figura 24. Medición de distancia (27)



Figura 25. Manejo autónomo en congestionamientos viales (28)

Consideraciones:

- Ya que este tipo de manejo estaría sujeto solamente a bajas velocidades, sería más sencillo satisfacer la legislación.
- El conductor debe mantener la atención para intervenir cuando sea necesario.
- Es necesario utilizar varios sensores para monitorear los alrededores del auto.

Innovación: Techo fabricado con paneles solares flexibles

Con esta tecnología las baterías se cargan con la energía provista por el sol cuando el auto se encuentra estacionado. Un panel solar flexible se extiende automáticamente desde el frente del parabrisas hasta el medallón trasero por debajo de los cristales del auto. Esta innovación protege el interior del auto de temperaturas extremas y además recarga sus baterías. El diseño del

vehículo maximiza el área exterior expuesta, la cual incorpora el techo y el parabrisas en un domo de policarbonato.

A pesar del hecho de que hoy en día los paneles solares flexibles no cuentan con una alta eficiencia, se espera que la tecnología disponible en el año 2030 permita utilizarlos.

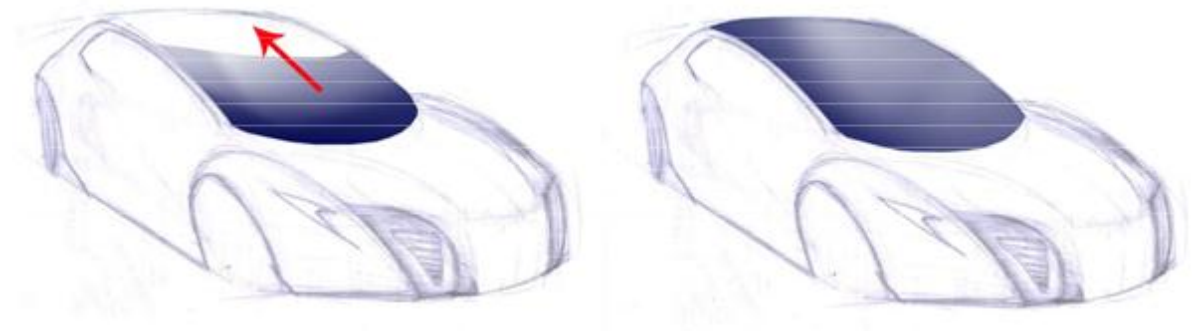


Figura 26. Paneles solares flexibles y filtro solar

Innovación: Localizador del auto en el llavero.

El llavero provee al usuario la posición exacta de su auto, señalando la dirección en la que se encuentra. El llavero auxilia al usuario para encontrar su automóvil dentro de los grandes estacionamientos que existirán en las *megaciudades*.

Resumen de las ideas claves de la innovación.

- Comunicación entre el llavero y el auto, para proveer al usuario la posición del auto.
- Pantalla LCD con una flecha apuntando hacia donde está recibiendo la señal.



Figura 27. Pantalla de cristal líquido LCD (29)

Consideraciones:

- La precisión es muy importante. Hoy en día los dispositivos más precisos aún tienen errores significativos, pero el desarrollo en este tipo de tecnologías parece prometedor.
- Implementación de algún tipo de identificación del usuario para proveer al mismo mayor seguridad previniendo el mal uso del dispositivo.
- Implementar esta tecnología no tendrá repercusiones en el aspecto legal ya que actualmente se utilizan este tipo de dispositivos.

Innovación: Modo de estacionado seguro: cubre ruedas de protección.

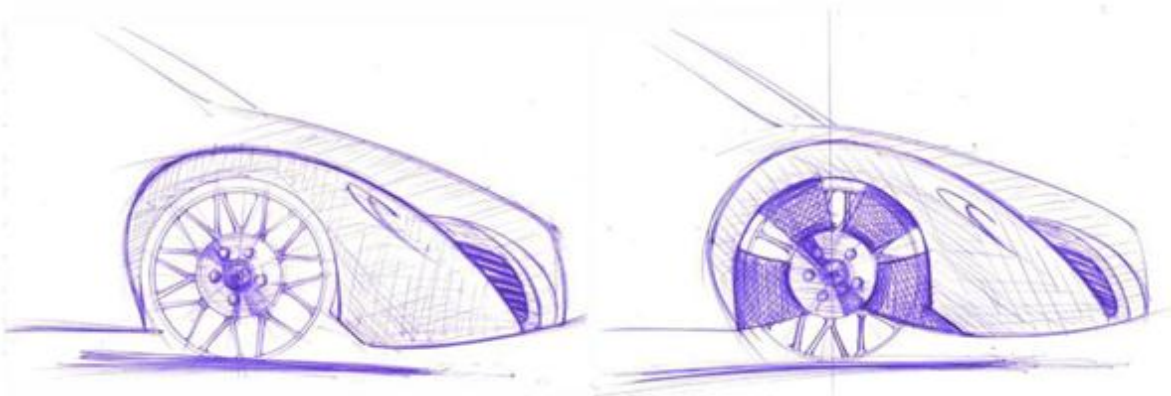


Figura 28. Modo de estacionado seguro

Esta idea intenta disminuir el robo de autopartes, vandalismo y eventualmente robo total mediante la reducción de la *tentación*. El exterior del vehículo debe ser lo más limpio posible, libre de partes que puedan ser robadas o maltratadas. Para prevenir el robo de las ruedas, el vehículo disminuye su altura cuando se encuentra estacionado y una estructura de seguridad, escondida dentro de la carrocería del auto, se fija con el centro de la rueda. La protección visual del vehículo será un inhibidor contra el robo. Una manija de apertura de las puertas se esconde dentro de la carrocería una vez que se aseguran las puertas, y aparece cuando el conductor oprime un botón.

Resumen de las ideas claves de la innovación.

- Las cuatro ruedas quedan aseguradas al estar estacionado.
- La estructura no es completamente cerrada y permite la ventilación de los discos de freno.
- Al desaparecer la manija de apertura se elimina la tentación por parte de un asaltante de querer abrir el auto.

Consideraciones

- La seguridad no invasiva en un vehículo no entra en conflicto con la legislación.
- Los mecanismos simples pueden hacer este dispositivo realizable.
- Las manijas de las puertas necesitan un dispositivo de apertura de emergencia en caso de que los ocupantes no puedan accionarlas, por ejemplo, en caso de que la atención de un paramédico sea necesaria.

Innovación: Llantas: *Tweel Tire* de Michelin.

Buscando eliminar la llanta de refacción en el auto y los problemas que se presentan al cambiar una llanta en mal estado, Michelin desarrolló una llanta que no necesita aire y por lo tanto no puede desinflarse.

El diseño simple de las llantas *Tweel* se muestra en las siguientes imágenes.



Figura 29. Michelin *Tweels* (30)

Como se puede observar en las imágenes anteriores, el rin de la llanta está rodeado de un material flexible, el cual simula el trabajo de compresión de aire eliminando algunas desventajas.

Resumen de las ideas principales de la innovación.

- Llantas sin necesidad de aire que eliminan la necesidad de una refacción.
- Área de contacto mayor que mejora la tracción y el agarre.

Consideraciones

- Si se desea incorporar motores dentro de las ruedas puede ser una idea no realizable.
- Los elastómeros actuales envejecen y pierden rigidez con grandes variaciones de temperatura, sin embargo, se están probando nuevos polímeros en la industria.

Conclusiones para el concepto en general.

Este concepto se inspira en una tendencia en extremo ecológica, con sus raíces en el creciente impulso a los movimientos verdes. Esta revolución ecológica, traída por el creciente precio en el petróleo y las preocupantes repercusiones en el cambio climático, ha creado un nicho para tecnologías limpias y ambientalmente amigables en la industria automotriz, incluido el sector premium.

El desarrollo de este concepto se realizó para cumplir con las restricciones tecnológicas que se han presentado anteriormente y permanecer fiel a la marca para la cual se realizó el diseño.

4.3.2 Auto modular.

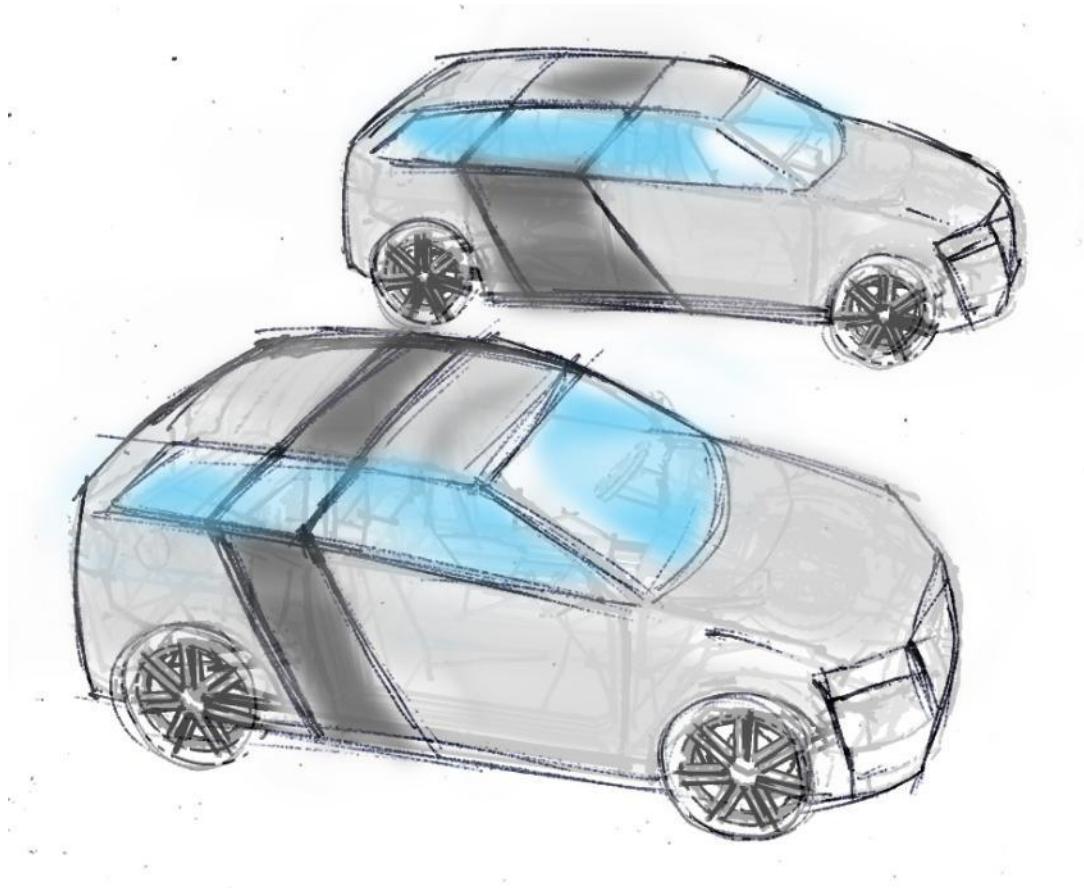


Figura 30. Vista exterior del concepto Auto Modular

Generalidades:

El Auto Modular es un concepto pensado para el usuario del escenario de zona de cero emisiones. El consumidor que usa este automóvil es un hombre de negocios y *commuter* el cual maneja casi exclusivamente para ir a su trabajo y por lo tanto debe recorrer grandes distancias como consecuencia de la descentralización de las compañías. Sin embargo, también disfruta de viajes de fin de semana con su familia. Para satisfacer estas dos necesidades, el Auto Modular puede cambiar de una modalidad de dos asientos a cuatro asientos.

Filosofía del vehículo:

Dado que la mayoría de las personas que viajan grandes distancias (48% a 82% en la Ciudad de México (31) para llegar a su trabajo lo hacen solas, es necesario tener un auto que economice el espacio para moverse dentro de los embotellamientos de las ciudades. Sin embargo,

es mayor la necesidad de espacio para equipaje y para más pasajeros que la de un auto pequeño. Para cumplir con los deseos del usuario, el Auto Modular ofrece la posibilidad de tener un automóvil deportivo de dos plazas o una práctica *guayín*, todo en un mismo vehículo.

Resumen de las Especificaciones Técnicas.

Características del chasis y del motor

- 4X50kW motores dentro del motor y un pequeño motor de 5kW para el cambio de modalidad.
- 85 kg por cada motor.
- Tracción en las cuatro ruedas (4WD).
- Batería de ion-litio de 500 kg para una autonomía de 400 km.
- Peso base de aproximadamente 1600 kg.

Características de seguridad activa y pasiva:

- Suspensión que se adapta al camino
- Resortes y amortiguadores activos
- Asistencia para rebase
- GPS inteligente que muestra zonas rojas de criminalidad
- Alerta de cambio de carril

Exterior

- Batería intercambiable
- Modularidad

Interior

- Volante esférico
- Sistema multimedia, estación de trabajo en el frente y estación de entretenimiento en la parte trasera
- Pantalla táctil 3D con control de gestos
- Asistencia para estacionarse
- Control por voz
- Innovaciones y características clave
 - Modularidad
 - Volante esférico

- Batería intercambiable
- Pantalla táctil 3D con control gestual

Innovación: Modularidad

La innovación modular mejora la vida diaria del consumidor mediante un incremento en la versatilidad. La parte trasera se desplaza hacia la mitad del vehículo de tal forma que la distancia entre ejes cambia de 4000 [mm] a 3300 [mm]. El concepto se compone de dos distintas clases de vehículos; auto pequeño de ciudad (A) y el auto grande familiar (B). La transformación se consigue gracias a un pequeño motor eléctrico de 5kW que mueve un mecanismo similar al que usan los modernos *cabriolets* de techo rígido.

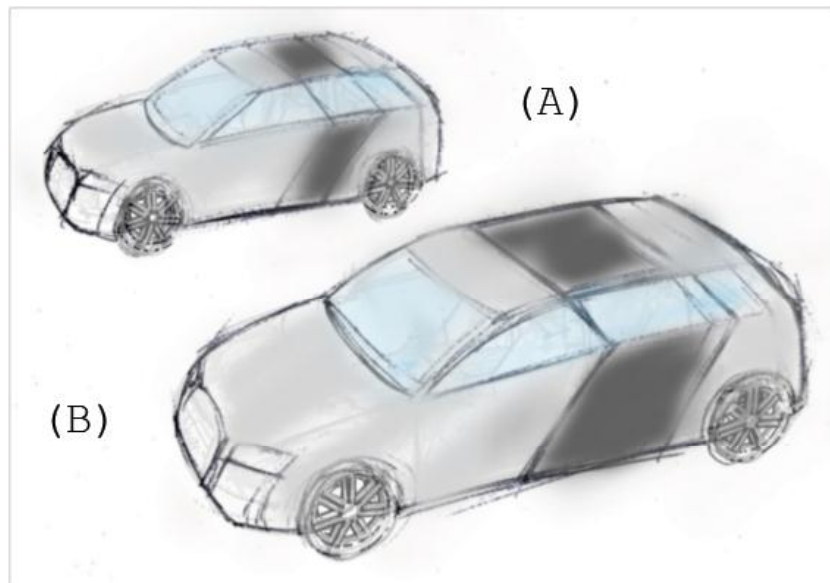


Figura 31. Función de modularidad

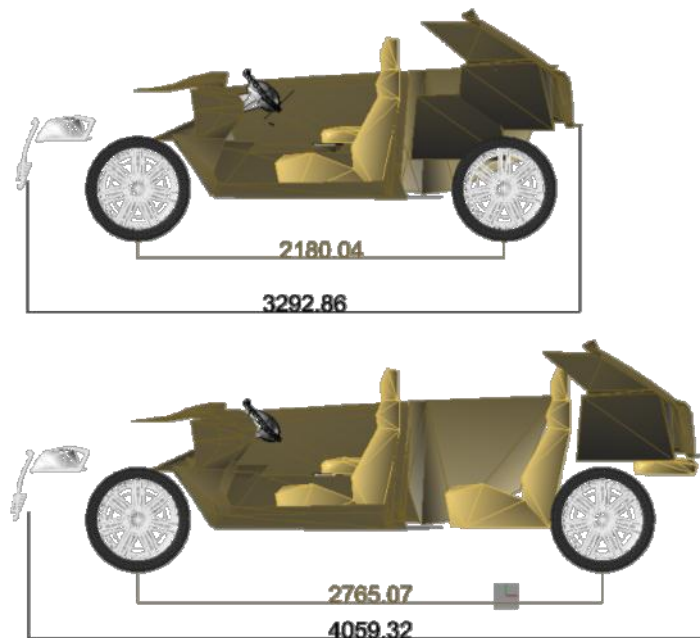


Figura 32. Expansión

Resumen de las ideas claves de la innovación

- Automóvil dos en uno
- Mecanismo de transformación eléctrico
- Dinámica de manejo diferente según el tipo de auto

Consideraciones

- Es difícil estimar el peso el mecanismo de transformación
- Restricciones en cuanto a las cargas que puede soportar el vehículo y la rigidez del mismo
- Restricciones legales

Innovación: Volante esférico

Este concepto de volante responde a una forma más relajada de manejar que otorgan sistemas de asistencia de manejo. Un ejemplo es el sistema *drive by wire*, el cual exige un esfuerzo mínimo para girar el volante. Con la ergonomía y el confort en mente, este volante ha evolucionado para brindar un mejor diseño para las muñecas y los ante brazos. Permite el acceso sencillo a los controles e instrumentos por medio de una interfaz de pantalla táctil.

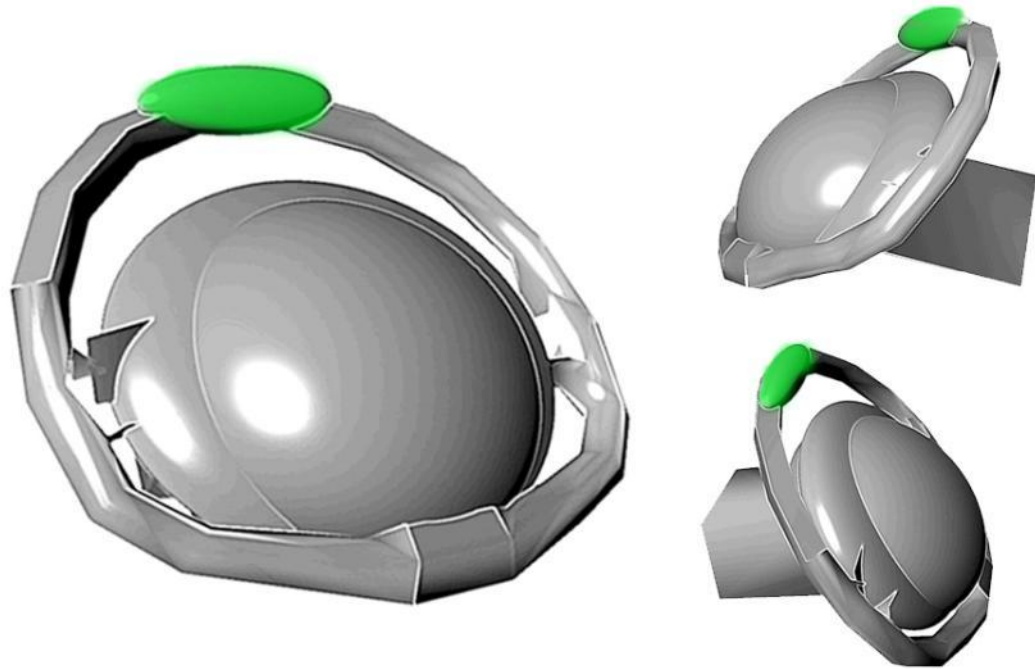


Figura 33. Volante esférico

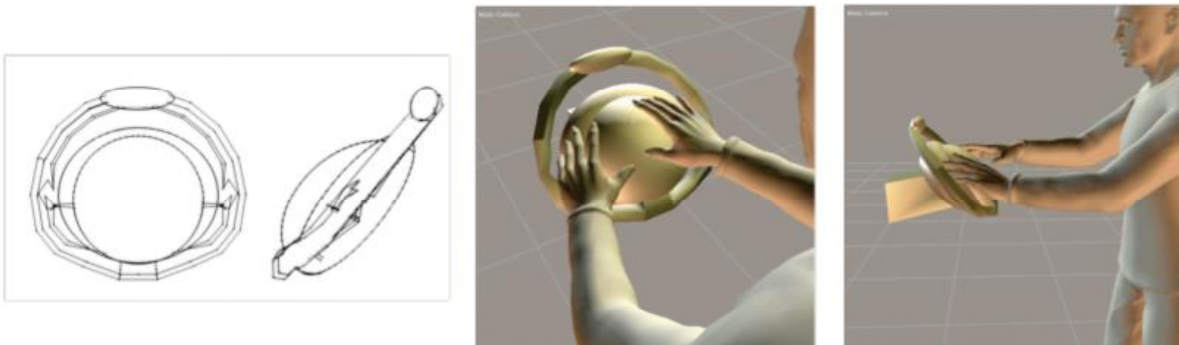


Figura 34. Ergonomía del volante esférico

Resumen de las ideas principales de la innovación

- El manejo *Drive by wire* requiere de una fuerza mínima
- Ergonomía
- Manejo suave y cómodo

Consideraciones:

- Espacio para bolsa de aire
- Dimensiones cómodas para todos los tamaños de manos
- El giro del volante intuitivo puede complicar el estacionar el vehículo
- Probablemente requeriría de ambas manos
- La legislación podría objetarse a introducir un método nuevo de conducción

Innovación: Batería intercambiable

La modularidad se enfatiza con la idea de la batería intercambiable. El usuario puede tener un auto más deportivo y corto pero con una autonomía menor (150 km) o una *guayín* con una batería más grande para viajes más largos. Esta innovación se adapta de manera adecuada al escenario de una zona de cero emisiones.

El sistema para el intercambio de la batería es movido con la energía de una pequeña batería fija. Los pasos para el cambio de la batería se muestran a continuación (Figura 35):

- El automóvil entra al garaje
- La carrocería baja por medio de los amortiguadores y resortes activos.
- El mecanismo de liberación de la batería se activa y el auto se mueve en reversa.
- El auto se mueve hacia la otra batería y ésta se sujeta al auto.

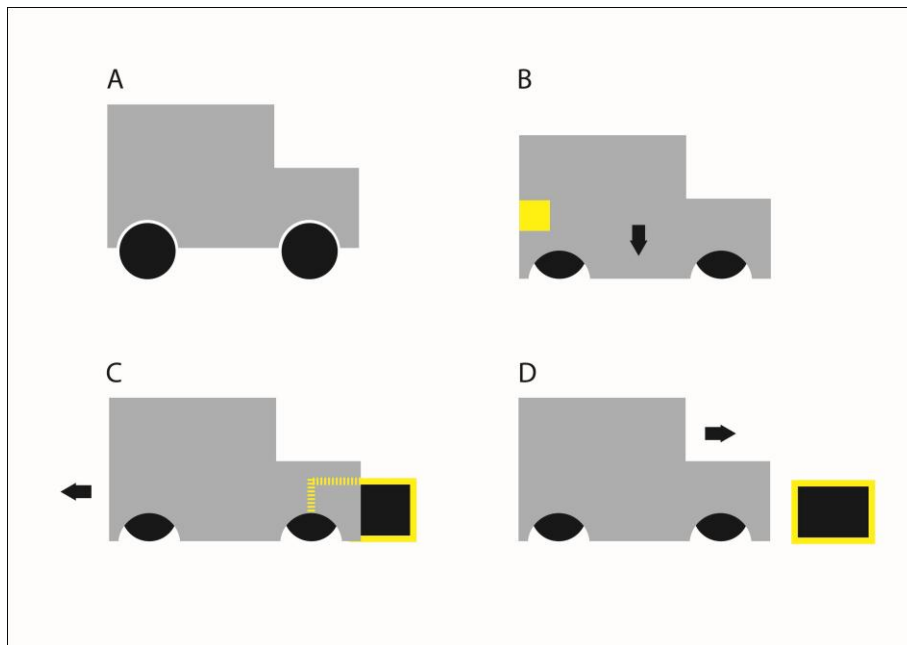


Figura 35. Procedimiento de cambio de batería

El diseño de los dos tipos de baterías (grande y pequeña) combina la funcionalidad con el reconocimiento de la marca. Un automóvil eléctrico no requiere de una parrilla para el radiador, sin embargo al ubicar a la batería al frente se puede mostrar el logotipo de Audi lo cual es ya una característica particular de la marca. Dado que la batería requiere de enfriamiento, el propósito original de la parrilla permanece intacto.

Dimensiones:

Figura 36 (izquierda): 600 [mm] de ancho por 600 [mm] de alto. Peso aproximado de 280 [kg].

Figura 36 (derecha): 600 [mm] de ancho por 1000 [mm] de alto. Peso aproximado de 500 [kg].

Resumen de las ideas principales de la innovación

- Dos tamaños de baterías
- Ahorro en peso; autonomía optimizada con una batería pequeña

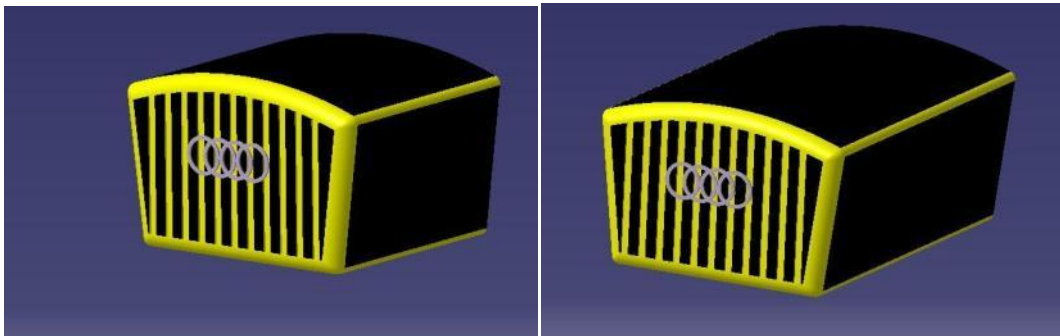


Figura 36. Batería pequeña (izquierda) y batería grande (derecha)

Consideraciones

- Se debe revisar la viabilidad de la distribución del peso y las condiciones térmicas
- Restricciones de seguridad en cuanto al comportamiento en caso de choque y la dinámica de las deformaciones
- Restricciones legales

- La autonomía más grande compromete la agilidad del vehículo debido a la batería más pesada y grande.

Innovación: Pantalla táctil 3D con control gestual

El control gestual es ya hoy en día una realidad. El control por gestos funciona mediante la identificación de alguna parte del cuerpo del usuario, usualmente una mano. Esto le permite al conductor controlar todos los elementos multimedia dentro del auto utilizando movimientos de la mano con una pantalla central.

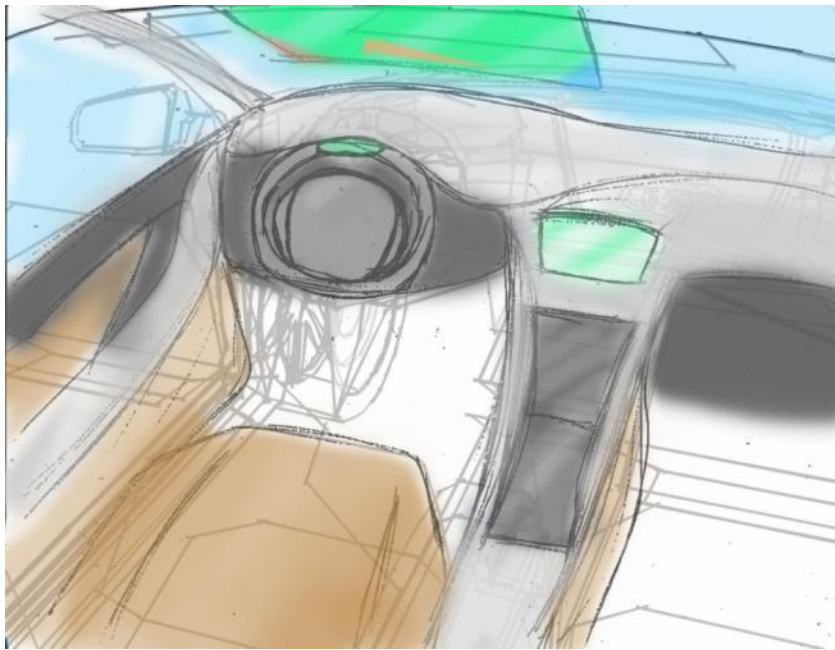


Figura 37. Interior del Auto Modular

Resumen de las ideas claves de la innovación.

- El control gestual funciona con una cámara que captura la luz infrarroja invisible para el ser humano. Cuando el usuario pone su mano en el área de lectura, su mano bloquea la luz y la cámara detecta esta obstrucción. Un software identifica por donde pasa la luz y reconoce el gesto que el usuario está haciendo.
- Esta tecnología se puede utilizar para la interacción con medios de tal manera que se diseñen interiores más limpios con menos controles. El usuario puede tener toda la información en una pantalla e interactuar con los medios. Por ejemplo, puede subir el

volumen del equipo de sonido con un gesto de la mano y con otro puede cambiar la canción.

Consideraciones (32)

- La pantalla táctil 3d no debe distraer al conductor. Ésta solo debe estar activar cuando el usuario necesite usarla.
- En algunas ciudades, por ejemplo la Ciudad de México, la legislación no permite que se tengan pantallas enfrente del conductor por razones de seguridad.
- El control por gestos debe funcionar con una sola mano para que la otra permanezca en el volante.
- La interfaz debe ser amigable de tal manera de que el conductor no requiera de ningún tipo de entrenamiento.

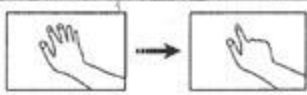


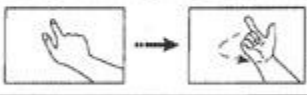
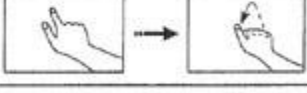

1		POINTER ACTIVATION	ACTIVATE POINTER ON SCREEN
2		Z AXIS INTER-LAYER NAVIGATION	NAVIGATE BETWEEN LAYERS ALONG Z AXIS
3		VIRTUAL WORK SPACE NAVIGATION	NAVIGATE BETWEEN WORK SPACES ON IDENTICAL LAYER
4		OBJECT FLIP	FLIP OBJECT ON IDENTICAL LAYER
5		LEFT CLICK	PERFORM LEFT CLICK EVENT OF POINTER
6		RIGHT CLICK	PERFORM RIGHT CLICK EVENT OF POINTER

Figura 38. Ejemplos de control por gestos (33)

La Figura 38 muestra algunos ejemplos del control por gestos; Al agitar la mano se puede cambiar de un sistema a otro como por ejemplo del sistema de sonido al de aire acondicionado.

Conclusiones para el concepto en general

El Auto Modular responde a las demandas de una ciudad descentralizada con una zona de de cero emisiones. El automóvil se adapta dinámicamente a cada situación para satisfacer las necesidades del usuario, no sólo las de espacio sino de autonomía y desempeño. Las innovaciones tales como el volante esférico y la pantalla táctil 3d optimizan el confort y permiten al usuario interactuar con el vehículo de una manera segura e intuitiva.

4.3.3 Estancia tecnológica



Figura 39. Vista exterior del concepto Estancia Tecnológica

Generalidades.

Este concepto intenta atraer a usuarios entre treinta y cincuenta años que gustan de un auto lujoso pero que al mismo tiempo les ofrezca el mismo ambiente de alta tecnología con el que cuentan en casa; entretenimiento, negocios y la información esencial del internet están al alcance de la mano en un instante. Es un vehículo para el usuario que quiere optimizar su tiempo.

Filosofía del vehículo.

La filosofía detrás de este vehículo eléctrico es la de tomar ventaja de la interconectividad de diversos dispositivos y la mejora de interfaces. Estas interfaces brindan al ocupante una experiencia de manejo única con comodidad y libertad para desarrollar otras actividades cuando se encuentre en congestiones viales.

Resumen de especificaciones técnicas.

Funciones del chasis y motor.

- Cuatro ruedas esféricas.
- *Drive by Wire*
- Batería de ion litio de alta capacidad.
- Puede ser recargado en enchufes domésticos.
- Rango estimado de 350 a 400 [km].
- Acceso a la cajuela desde el interior del auto.

Funciones de seguridad.

- Cámaras en el interior del vehículo para identificar al usuario por medio de escaneo de retina. Evalúan también que tan alerta se encuentra el conductor y le advierten en caso de detectar cansancio.
- La función *Drive-by-Wire* minimiza vibraciones y mejora la seguridad y la maniobrabilidad del auto.
- Las luces, delanteras y traseras, del vehículo construidas con LEDs adoptan un esquema de color único para alertar a vehículos en caso de un paro de emergencia. El auto se puede conectar con los sistemas de emergencia locales dando aviso de su localización exacta, esta misma información es enviada a otros autos con esta tecnología para evitar accidentes.

Exterior.

- La ausencia de un motor central otorga espacio adicional para las ruedas esféricas así como un frente más corto.
- Los espejos virtuales, laterales y retrovisor, son mostrados en el parabrisas inteligente, eliminando la necesidad de espejos físicos.
- Las ruedas esféricas son integradas de manera innovadora al diseño del auto.

Interior.

- El arreglo de uno a dos asientos deja al conductor con mucho espacio al centro del vehículo. El asiento del conductor es muy cómodo y le da al usuario la sensación de verdaderamente encontrarse en una estancia, especialmente en el modo de manejo autónomo.
- Parabrisas inteligente.
- El parabrisas puede desplegar una pantalla para estimular los sentidos del usuario.
- En la noche, la pantalla puede desplegar visión nocturna o bien infrarrojos, además puede resaltar peatones, baches o cualquier otro obstáculo en el camino.
- La información general del vehículo como la carga restante en la batería o el rango pueden ser también desplegadas, así como direcciones (GPS) mientras se conduce.
- Los postes A, B y C están cubiertos con pantallas que muestran el panorama que se encuentra detrás, con la finalidad de simular una visión de 360° para el conductor. Los sensores en el interior miden la posición exacta del conductor para proyectar la perspectiva indicada.
- Proyecciones 3D de otras personas en video llamadas.
- Refrigerador y otras opciones de equipamiento para incrementar el confort.

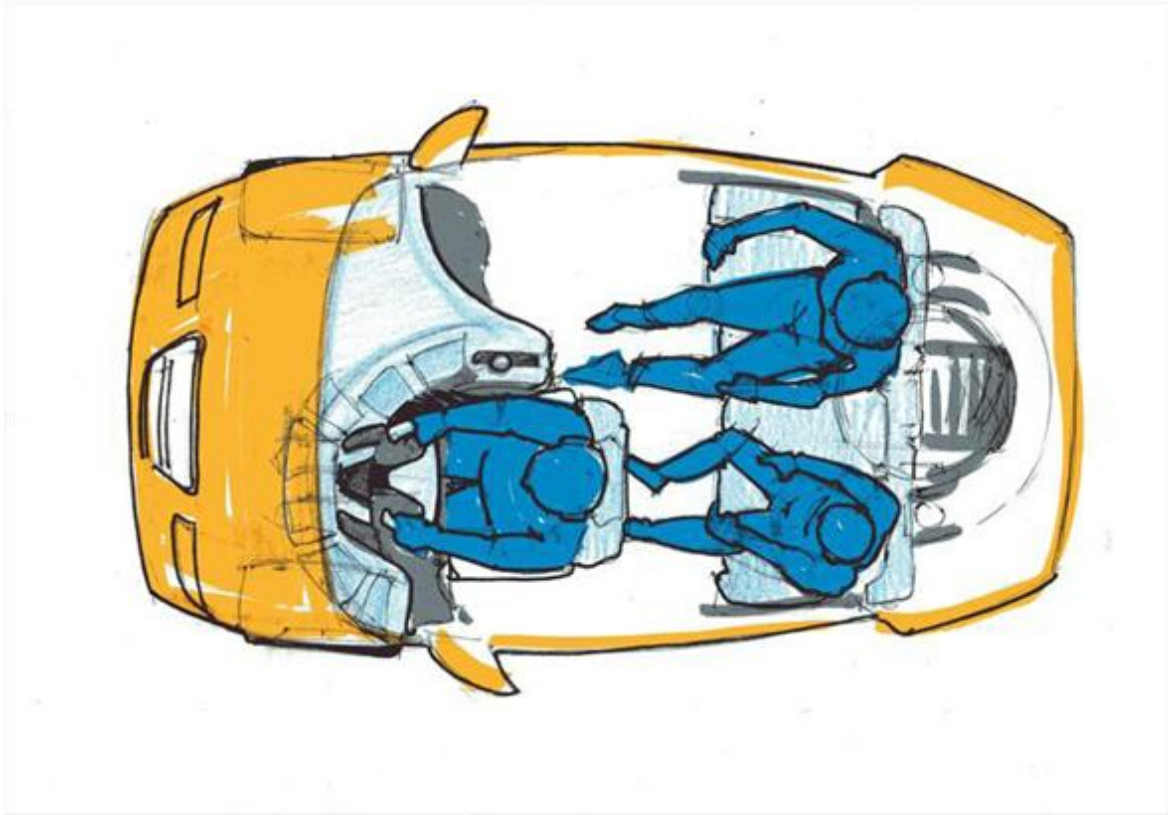


Figura 40. Interior de la Estancia Tecnológica

Innovaciones y funciones clave

- Ruedas esféricas
- Control mental
- Parabrisas inteligente.
- Manejo autónomo parcial
- Observación del conductor
- Navegación inteligente y sistema de asistencia.

Innovación: Ruedas esféricas.

En lugar de contar con las ruedas convencionales este vehículo cuenta con ruedas esféricas. El principio es similar al del *Transrapid* (34), y la tracción funciona de manera similar a un motor de inducción. Las esferas contienen un centro de aluminio que actúa como un rotor, permitiéndoles rotar en dos ejes. La levitación del chasis puede ser provista por aire o por campos magnéticos dependiendo de la viabilidad técnica y la energía necesaria. Esta tecnología permite manejar en más de una dirección, y cambiar fuerzas longitudinales y laterales entre las cuatro ruedas para mejorar la dinámica del vehículo.

Resumen de las ideas claves de la innovación:

- Tracción inductiva
- Levitación por presión de aire o campos magnéticos
- Vectorización de fuerzas

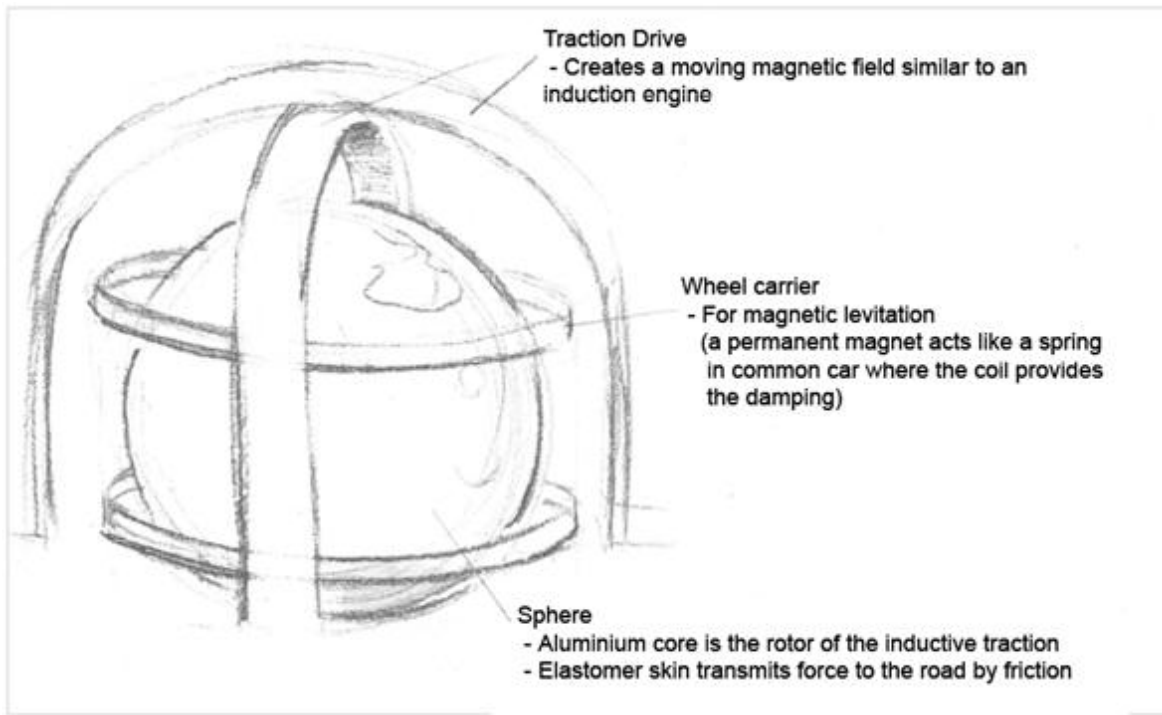


Figura 41. Principio de funcionamiento de las ruedas esféricas

Consideraciones

- La fuerza de transmisión por inducción requiere de una precisión importante.
- La levitación por campos magnéticos no debe consumir mucha energía.

Innovación: Control mental

Cuando existe un pensamiento el cerebro emite ondas electromagnéticas específicas a ese pensamiento. Si este pensamiento es una cierta imagen o figura, puede ser posible registrar esa onda electromagnética y almacenarla para reconocerla más adelante. Este es el principio de funcionamiento detrás del control mental de la Estancia Tecnológica, esto puede sustituir tareas cotidianas como el ajuste del nivel del aire acondicionado, o el control de volumen de audio dentro del auto. Las tareas más complejas necesitarían que esta tecnología fuera probada por más tiempo y de manera más estricta por razones de seguridad, sin embargo, hoy en día existen prototipos que controlan videojuegos.

Resumen de las ideas claves de la innovación:

- Medición de ondas electromagnéticas emitidas por ciertos patrones de pensamiento.
- Entrenamiento y reconocimiento de ciertas funciones.

- Integración con la interfaz de comunicación humano – máquina para avanzar en confort y manejo.



Figura 42. Dispositivo de control mental para videojuegos (35)

Consideraciones

- La confiabilidad debe ser probada.
- La posibilidad técnica ha sido probada, sin embargo la extensión de la funcionalidad es desconocida.
- A las personas puede no agradales poner un dispositivo en su cabeza, mismo fenómeno que sucedió con los audífonos y manos libres en algún momento.
- Se deben contemplar problemas legislativos concernientes a algunas funciones riesgosas.

Innovación: Navegación inteligente y sistema de asistencia.

El auto está equipado con sensores para reconocer el estado de ánimo del conductor, haciendo posible una adaptación para hacerlo sentir más cómodo en cualquier situación. Por ejemplo, las funciones de entretenimiento y el diseño interior pueden cambiar para ajustarse al estado de ánimo del usuario. Más allá, la navegación toma en cuenta las peticiones del usuario y el reporte del tráfico para alcanzar una solución óptima. La ruta es elegida por el conductor; la ruta más rápida debe ser la predeterminada, sin embargo, se puede generar una ruta en la que el paisaje sea más agradable. El conductor tiene la capacidad de asignar el número de sistemas de asistencia que se encuentran funcionando en todo momento.

Resumen de las ideas claves de la innovación:

- Se adapta al estado de ánimo del conductor.
- Otorga al usuario la cantidad exacta de sistemas de asistencia deseados.

- Reconoce la condición del usuario mediante la observación de funciones vitales.
- Navegación inteligente.



Figura 43. Diferentes modos de iluminación interior (36)

Consideraciones:

- Se requiere conectividad entre autos y la infraestructura para hacer posible la navegación inteligente.
- Se debe monitorear constantemente al usuario para reconocer su estado de ánimo.
- Se requiere inteligencia artificial para manejar todas estas funciones.

Conclusiones para el concepto en general.

El concepto de la Estancia Tecnológica está basado principalmente en ideas del escenario “Movilidad y Conectividad”, haciendo especial énfasis en la conectividad y en el acceso a la información en cualquier momento y en cualquier lugar; estas son las principales exigencias del usuario después de la movilidad. Por esta razón, el auto ofrece varias funciones como el parabrisas

inteligente, o bien, la proyección en 3D para garantizar que pueda acceder a cuanta información desee. Las funciones están integradas para soportar esta gran cantidad de información.

Otro gran reto es hacer que el conductor se sienta lo más cómodo posible en el interior del auto en caso que tenga el deseo de permanecer dentro aún cuando haya llegado a su destino. Aunque el concepto está desarrollado bajo la hipótesis de que el conductor estará viajando mayor parte del tiempo solo, el asiento del conductor puede ser rotado libremente, habilitando el uso de la pantalla de 360° mientras se utiliza el auto como una oficina móvil o con alguna otra aplicación de multimedia.

4.3.4 Ejecutivo seguro



Figura 44. Vista exterior del Ejecutivo Seguro

Generalidades.

El auto Ejecutivo Seguro ha sido desarrollado dentro de un escenario de alta tecnología en donde la conectividad y la movilidad se unen en un futuro verde. Aún así este concepto refleja un aspecto moderno y sobrio, con mucha presencia y hecho especialmente para el ejecutivo inteligente e independiente. Este concepto se ajusta como un traje a medida y está equipado con elementos de seguridad de vanguardia.

Filosofía del Vehículo.

El concepto Ejecutivo Seguro está inspirado en un modelo previo de la marca y sigue una larga tradición de la misma, construir sedanes de lujo. El objetivo de este concepto es combinar elegancia con seguridad, sin dejar del lado la tracción eléctrica. El Ejecutivo Seguro satisface las necesidades del hombre de negocios en las megaciudades de los años 2020-2030, al mantenerlo conectado a su ambiente mientras lo protege de la inseguridad. La innovación central de este concepto es una "Oficina Móvil", que permite al usuario mantenerse al día en cualquier momento y en cualquier lugar mientras está en camino a su destino. Una carrocería a prueba de maltrato para proteger el auto del vandalismo y un concepto de seguridad para satisfacer las demandas de una megaciudad. Al conjuntar conceptos como seguridad, conectividad y elegancia se convierte en un auto perfectamente armónico para la década del 2020 al 2030.

Resumen de especificaciones técnicas.

Funciones del chasis y motor.

- Cuatro asientos, cuatro ruedas.
- Sedan de lujo.
- Motor con alta potencia (entre 200 y 250 HP).

- Tracción delantera (posibilidad de tracción en las cuatro ruedas con motores separados)
- Batería de ión litio.
- Autonomía entre 300 y 400km.
- Amigable al ambiente (Eco-Driving de continental por ejemplo (21)).

Funciones de seguridad

- Llantas Tweel de Michelin.

Exterior

- Aspecto robusto, deportivo y superior.
- Materiales ligeros a prueba de balas.
- Cubierta de nanotecnología será dispuesta alrededor del auto, inclusive en la pintura para hacerla a prueba de daños, pudiendo regenerarse.
- Paneles solares en el techo.

Interior

- Oficina móvil.
- Sistema de seguridad.
- Tapicería a prueba de daños.

Innovación Oficina móvil

La oficina móvil virtual hace un ambiente que facilita una red de cooperación eficiente entre ejecutivos mediante el uso de comunicación en internet mientras se desplaza de un punto a otro en el interior del vehículo.

En el futuro este auto será la computadora personal más potente, el mejor lugar de trabajo y un asistente personal. Mantendrá al usuario al tanto de diversas acciones, una experiencia que combinará transporte, confort, alta tecnología y seguridad.

El interior es una oficina móvil perfecta; los monitores no serán necesarios, toda la información será dispuesta en proyecciones holográficas o pantallas en vidrios cubriendo la extensión que el usuario desee, quizá sólo del tamaño de una pantalla de una computadora portátil o del ancho del auto completo. Las proyecciones y la información serán controladas por las manos (control de gestos) y por comandos de voz. El usuario puede dar órdenes al sistema de navegación simplemente diciendo comandos o los pasajeros pueden interactuar con el sistema de entretenimiento al tocar y desplazar elementos en la proyección.

Si el usuario se encuentra en un congestionamiento vial, el manejo autónomo a bajas velocidades tomará control del vehículo, y con los asientos rotativos se puede tener más espacio para trabajar en un entorno apropiado para tener video conferencias.

Para las tecnologías de proyección se tienen diversas opciones:

Pantalla en el parabrisas, es cualquier pantalla transparente que presenta datos sin la necesidad de fijar la mirada del usuario en otra dirección.

Las pantallas libres de espacio (37) se refieren a la tecnología que proyecta imágenes dentro de un volumen diminuto.

La diferencia principal es que la pantalla en el parabrisas necesita una superficie física para realizar la proyección.

Por otra parte, la pantalla libre de espacio puede ser virtualmente proyectada en cualquier lugar haciéndola más útil para tener videoconferencias en el auto (Figura 45). Inclusive puede permitir interacción como girar o mover las imágenes usando tecnología táctil para tener sensaciones realistas (Figura 46).

El principal propósito de estas tecnologías es que el usuario tenga la opción de ver información en una pantalla de visualización frontal (HUD), en lugar de tener que cambiar el ángulo de visión hacia abajo.



Figura 45. Pantalla libre de espacio en una oficina móvil (37)



Figura 46. Interacción con el contenido (38)

Para controlar los sistemas mientras se maneja, el control de voz (39) debe estar presente para mantener la seguridad del usuario y la comodidad. No importa si otro pasajero está en ese momento usando el control de gestos en alguna otra interacción con los sistemas multimedia, se puede habilitar el sistema de navegación con comandos de voz.

Además la computadora del auto se puede comunicar con una computadora personal y revisar si se han cumplido todas las actividades programadas, en caso contrario puede tomar decisiones tales como enviar correos electrónicos, cambiar elementos de la agenda, etc.

Resumen de las ideas claves de la innovación:

- Pantalla de espacio libre.
- Control de gestos y de voz.
- Computadora a bordo.



Figura 47. Diseño interior

Consideraciones:

- Considerar aspectos legales para el manejo autónomo.
- Probar el funcionamiento del control de gestos.

Innovación Concepto de seguridad.

El crimen siempre ha sido un tema importante en las *megaciudades*, y el caso de la Ciudad de México no es la excepción, especialmente los robos a autos de clase premium. Para prevenir esto se desarrolló un sistema de seguridad.

El sistema puede detectar un posible ataque por medio de sensores de vibración alrededor del auto, además cuenta con sensores de movimiento para monitorear el entorno del auto. Para cuidar la seguridad del auto y del usuario se piensa desarrollar un sistema que al estar en contacto directo con el auto (en el exterior) de un aviso, en caso de que el aviso sea ignorado se procede a dar una descarga eléctrica (que no ponga el riesgo la vida de la persona en el exterior) para ahuyentarla.

En caso de que el agresor logre ingresar al auto existen otros sistemas para protección del vehículo. Para iniciar el motor se debe ingresar un código como el que se utiliza en los cajeros automáticos. Los escaneos de retina estarán disponibles. Se podrá bloquear el auto mediante una llamada a un número telefónico, como en el caso de los bloqueos de las tarjetas de crédito. Una cámara en el interior del vehículo podrá tomar una foto y mandarla a la policía. Además el auto puede ser localizado vía satélite para su recuperación.

Para minimizar el riesgo de crímenes en contra del auto, el sistema de navegación inteligente informará al usuario acerca de ciertas zonas que pueden resultar inseguras y en las que se debe prestar especial atención. Adicionalmente el sistema puede sugerir una ruta alterna que resulte más segura.

Este sistema ofrece un alto nivel de seguridad para el auto mediante la combinación de tecnología disponible y nuevas innovaciones.

Resumen de las ideas claves de la innovación:

- Descargas eléctricas.
- Código de acceso y escaneo de retinas para encender el auto.
- Llamada telefónica para bloquear el auto.
- Navegación Inteligente.

Consideraciones:

- Aspectos legales en la descarga eléctrica.

Innovación nanotecnología.

Una cubierta de materiales nanotecnológicos rodea el auto en el interior y en el exterior. En el exterior la pintura es anti daños, esto quiere decir que ante cualquier daño la pintura se puede regenerar. En el interior todo está cubierto de nanofibras para evitar manchas, rasgaduras y se puede ajustar la temperatura del interior. Una cubierta de celdas solares en el techo del auto obtiene energía y almacena. Una cubierta de semiconductores es aplicada en el interior del auto para los componentes electrónicos.

Conclusiones para el concepto en general.

El concepto del Ejecutivo Seguro es una mirada realista hacia el futuro. Se considera que puede ser un auto competitivo para la década entre los años 2020 al 2030. La gran ventaja de este concepto es que se cuenta con factibilidad técnica en prácticamente todos sus componentes. Este concepto combina características como la elegancia, desempeño, seguridad, conectividad y prueba que la tracción eléctrica no es contradictoria a estas características. Las innovaciones ofrecen grandes beneficios mientras se enfrentan los retos de vivir en una megaciudad.

5. Concepto final

Una vez que se expusieron los conceptos, el grupo se reunió para definir un concepto único cuyas características fueran representativas de los aspectos más destacados de dichos conceptos. La decisión se tomó tanto por razones técnicas como por razones subjetivas como la estética del concepto que más gustó a la mayoría del equipo. El diseño exterior del concepto final se basó en una modificación del concepto “Frog Micro Muscle car”. El concepto final se nombró Auto Electroactivo.

El Auto Electroactivo está diseñado para ser una ventana de interacción entre el usuario y la megaciudad con todos sus componentes, esto se logra mediante la combinación de innovaciones técnicas y estéticas. El auto se conecta a los alrededores inmediatos, la ciudad, la oficina y aun más importante a casa mediante una red de comunicación. La contaminación, el ruido y los congestionamientos viales son algunos de los problemas que el residente de una megaciudad puede encontrar en el año 2030, por esta razón el AE (Auto Electroactivo) busca convertir la rutina de manejo en una experiencia placentera.

El AE combina desempeño, calidad y lujo; características las que el usuario de la marca está acostumbrado, junto con la versatilidad de un vehículo eléctrico, mismo que puede ser manejando en zonas de cero emisiones dentro de la ciudad.

Este auto de dos plazas provee suficiente espacio para un viaje cómodo, incluso cuando se el usuario se encuentre en congestionamientos viales. Además posee un diseño simple y limpio en los controles que permite al usuario acondicionar el interior del auto para tener un viaje relajante. Las pantallas dentro del auto no sólo despliegan información acerca del tráfico, también muestran información de los servicios multimedia que el usuario puede disfrutar o bien desplegar un correo electrónico para mantenerse al día. Estacionar el auto se convierte en una tarea más sencilla ya que éste no cuenta con espejos laterales los cuales han sido remplazados con cámaras de gran angular en el exterior del auto. Dichas cámaras muestran un área más amplia del espacio que se dispone y las imágenes se muestran en pantallas ubicadas en el tablero. Además estas cámaras reducen el arrastre aerodinámico y proveen un ambiente más seguro ya que se eliminan los puntos ciegos.

Una llave electrónica identifica al usuario como el propietario del auto. Una vez que el auto se encuentra estacionado, el usuario permanece conectado a él mediante la llave, misma que proporciona información respecto a la carga de las baterías, o la localización del auto mediante un código sencillo de LED's. Una vez que el usuario abandona la ciudad puede disfrutar del manejo con el apoyo de una serie de tecnologías innovadoras:

La información desplegada cambia una vez que el auto sale de la ciudad y se incorpora a alguna carretera. Cuando se alcanzan altas velocidades, solamente se despliega información realmente necesaria con la intención de evitar distracciones.

La alta capacidad de las baterías de Litio-polímero brinda suficiente potencia al auto para realizar rebases y para tener buenos niveles de aceleración en pendientes prolongadas, y al mismo tiempo brinda una autonomía de alrededor de 400 km.

Los motores dentro de las ruedas favorecen la experiencia de manejo y dan como resultado un gran espacio libre dentro del vehículo, ya que el espacio requerido para un motor convencional ya no es necesario. El calor generado por los motores y las baterías es disipado por un túnel central en la parte baja del vehículo que a su vez tiene como fin reducir el arrastre aerodinámico.

La eficiencia energética es uno de los principales puntos de interés del AE. Para reflejar un futuro más verde y con menos desperdicios el AE usa tecnologías disponibles para reducir las pérdidas de energía de las baterías.

Los polímeros electroactivos de respuesta rápida, con bajo consumo de energía controlan los cubre ruedas delanteros. Los polímeros traseros permanecen estáticos. Ambos cubre ruedas ayudan a mejorar la aerodinámica del vehículo y darle una apariencia única.

La estética del AE es un tributo a la línea clásica de la marca para la que fue diseñado, sin embargo, es innovador con formas modernas que proyectan a la marca hacia el futuro. Una línea sencilla que empieza desde la parrilla delantera y envuelve al chasis completo, toca las luces delanteras, pasa por el centro del costado del auto y finalmente por las luces traseras donde se une y vuelve al inicio. El arreglo de las luces, la posición de las entradas de aire, los cambios de superficie en el cofre y las proporciones generales del vehículo lo distinguen como un auto de esta marca.

Cambiar la fuente de energía no implica cambiar la esencia del vehículo. En el AE todo es evolutivo.

Las luces delanteras son un arreglo de O-LED's, una entrada de aire al centro del vehículo, polímeros electroactivos y cámaras laterales son algunos de los detalles que hacen al AE un auto preparado para enfrentar los retos del futuro.

El AE combina estilo, funcionalidad e innovaciones tecnológicas en un concepto que provee al ciudadano de una megaciudad una experiencia armónica con el medio que lo rodea.

5.1 Diseño

La evolución de la marca.



Figura 48 Modelos de un auto de la marca (40)

Al pasar los años, la marca ha puesto especial énfasis a su imagen y reputación para poderse posicionar como líder en todas las áreas del mercado automotriz; “El Liderazgo por Tecnología” fue la frase que tomó la marca gracias a sus logros en la ingeniería automotriz, sin embargo, otros aspectos como la comodidad, seguridad, deportivismo, y diseño nunca fueron descartados. La marca siempre ha sido un claro ejemplo de diseño funcional, formas limpias, así como optimización mediante el uso inteligente de materiales.

La evolución en el rango de modelos de la marca es evidente cuando se observa por separado los elementos externos e internos: perfiles, superficies, ángulos, detalles en las luces delanteras, entradas de aire, etc. Es fácilmente distinguible entre los diferentes modelos, que enfatizan los detalles y cada naturaleza individual, dándoles un carácter único, como es el caso de la *S-Line*.

Los cambios en la última década, como la aparición de la “Parrilla de Marco Sencillo” o la tecnología LED utilizada en las luces delanteras han engrandecido la imagen de la marca y se han consolidado como ejemplos de diseño automotriz alrededor del mundo.



Figura 49. Modelos de la marca (40)

El interés de la marca en mantener su tradición es reflejada en modelos como el concepto "Rosemeyer", inspirado en la leyenda del auto de carreras "Type C", o en detalles como las cubiertas de rueda en el modelo RSQ, o más riesgoso, si se hace observan los detalles del "A1 Sportback Concept", se puede ver la referencia del "Wanderer W 25 K Roadster 1936".



Figura 50. "Type C" y "Rosemeyer Concept" (41)(42)



Figura 51. "Wanderer W 25 K Roadster" y "Sportback Concept" (43)(44)

De manera similar, los avances tecnológicos, como la tracción “Quattro” o los motores “TDI” (razón por la cual la marca ha ganado varias carreras de autos), son reflejadas en sus modelos comerciales, detalles de la *S-Series*, y en el R8. La marca comparte su reputación en las pistas de carreras con todos sus clientes, transmitiendo una sensación deportiva en sus diseños sin perder la armonía entre esto y la característica de lujo de la marca.



Figura 52. R8 y R10 TDI (45)(46)

Para el futuro la marca está atacando un nuevo mercado con modelos más pequeños que satisfagan las necesidades de las nuevas ciudades. El A1 cuenta con dispositivos más sencillos con nuevas interfaces que mejoran la experiencia de manejo. Las nuevas tecnologías de iluminación reafirman el liderazgo por tecnología y el futuro de la marca.



Figura 53. "Sportback Concept" (47)

El concepto AE para la década de los años 2020 al 2030 mantiene esta marcada tendencia hacia el lujo y la deportividad como un tributo a las clásicas líneas de la marca. El sentido de control y la sensación deportiva son los elementos principales que retoman la noción de la historia de la marca de seguir hacia adelante combinando una visión estética que responde a nuevas tecnologías. El cubre ruedas que busca mejorar la aerodinámica, es un elemento que queda presente del RSQ, o bien desde el “Type C Streamline”.

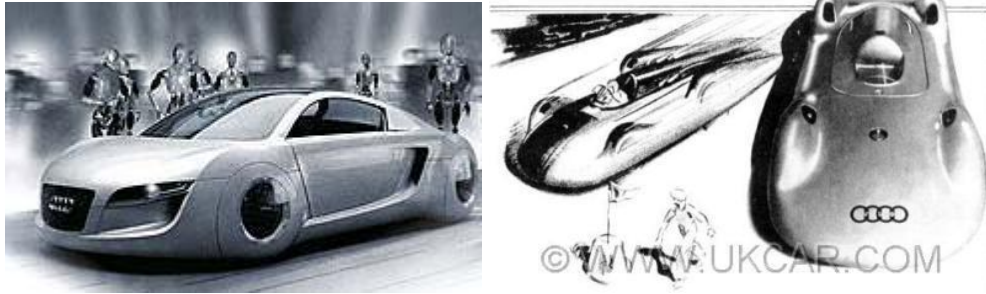


Figura 54. RSQ y "Streamline" (48)(49)

Trabajando con proporciones.



Figura 55. Trabajando con el modelo de plastilina

Después de establecer los requerimientos espaciales para características como la altura, ancho, tamaño de las ruedas, volumen de las baterías, espacio de almacenamiento, espacio para elementos de deformación, entradas y salidas de aire, se construyó un modelo volumétrico a escala 1:15. Con todas estas características fue posible familiarizarse con las proporciones reales para trabajar en diversas áreas que darían forma al concepto final.



Figura 56. Primeros modelos

La exploración de superficies en el modelo fue llevada a cabo simultáneamente junto con la creación de los bosquejos finales, permitiendo de esta manera la interpretación y ajuste en 2D y 3D.



Figura 57. Modelo y bosquejo

Una vez que se llegó a un resultado final, las proporciones fueron transportadas directamente del modelo volumétrico a la construcción virtual del concepto.



Figura 58. Modelo final



Figura 59. Construcción virtual

Para el diseño interior se construyó un simulador rudimentario, mismo que ayudó a realizar observaciones en cuanto a ergonomía y antropometría en la cabina; esto llevó a conclusiones importantes en cuanto al tamaño que debía tener el compartimiento de pasajeros. Esto generó una base para realizar el diseño del interior.



Figura 60. Simulador

Dicho simulador ayudó a determinar el tamaño, posición exacta y la configuración de la consola central. Los bosquejos finales fueron trazados en imágenes difuminadas del simulador para evitar la pérdida de las proporciones.

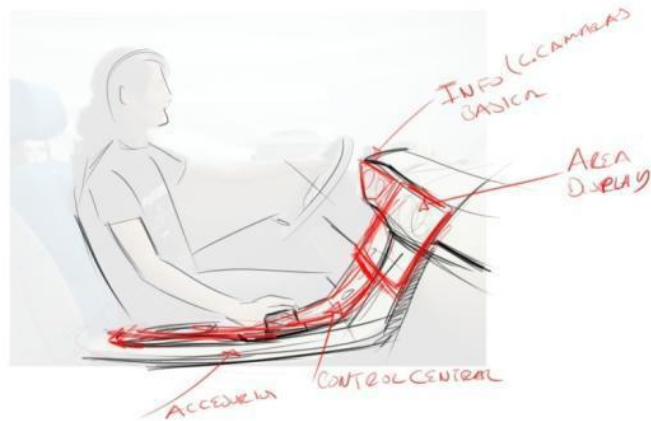


Figura 61. Simulador con diseño interior

5.1.1 Diseño interior

El diseño interior fue creado para dar al conductor y al pasajero una experiencia de manejo única, considerando esto un lujo en el escenario del futuro planteado. Esto responde a la decisión de realizar un concepto con dos asientos sin perder el lujo y la deportividad.



Figura 62. Ambiente interior en una ciudad

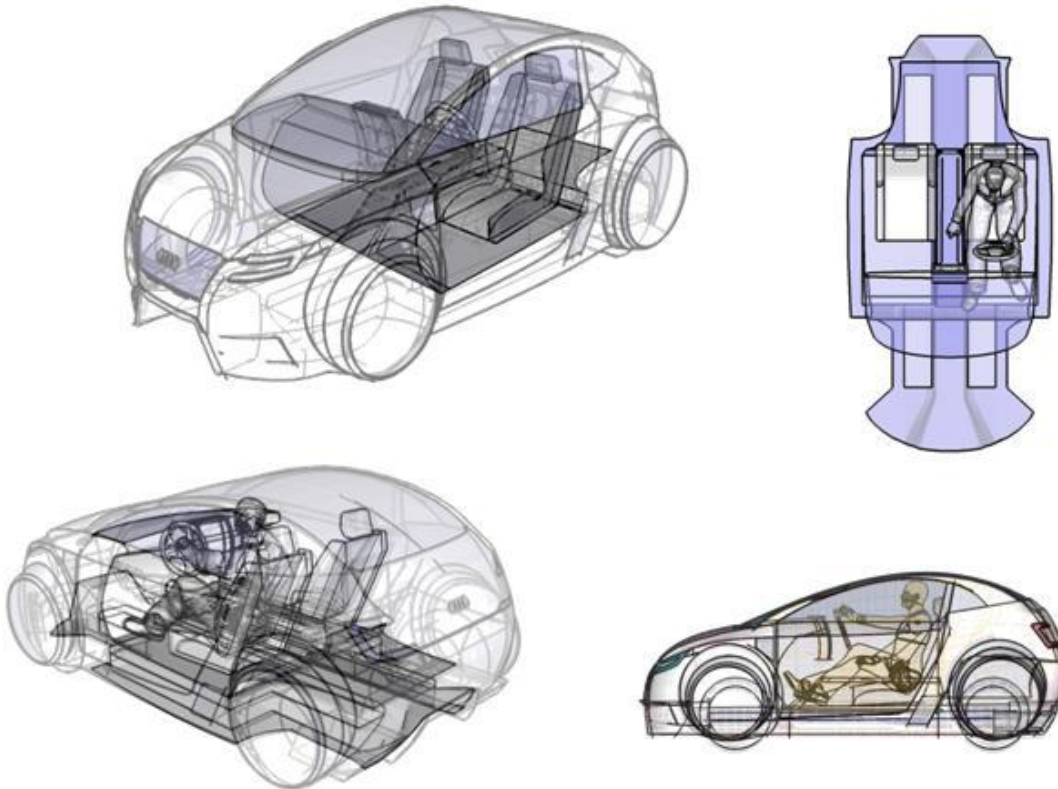


Figura 63. Configuración espacial

Se tomó la decisión de crear un compartimiento de pasajeros más amplio y con superficies limpias para crear un ambiente relajado para contrarrestar la tensión y el estrés que los embotellamientos viales y los viajes largos ocasionan. La posibilidad de cambiar la iluminación

interna, en color así como intensidad, permiten al usuario personalizar su espacio dependiendo de sus gustos.

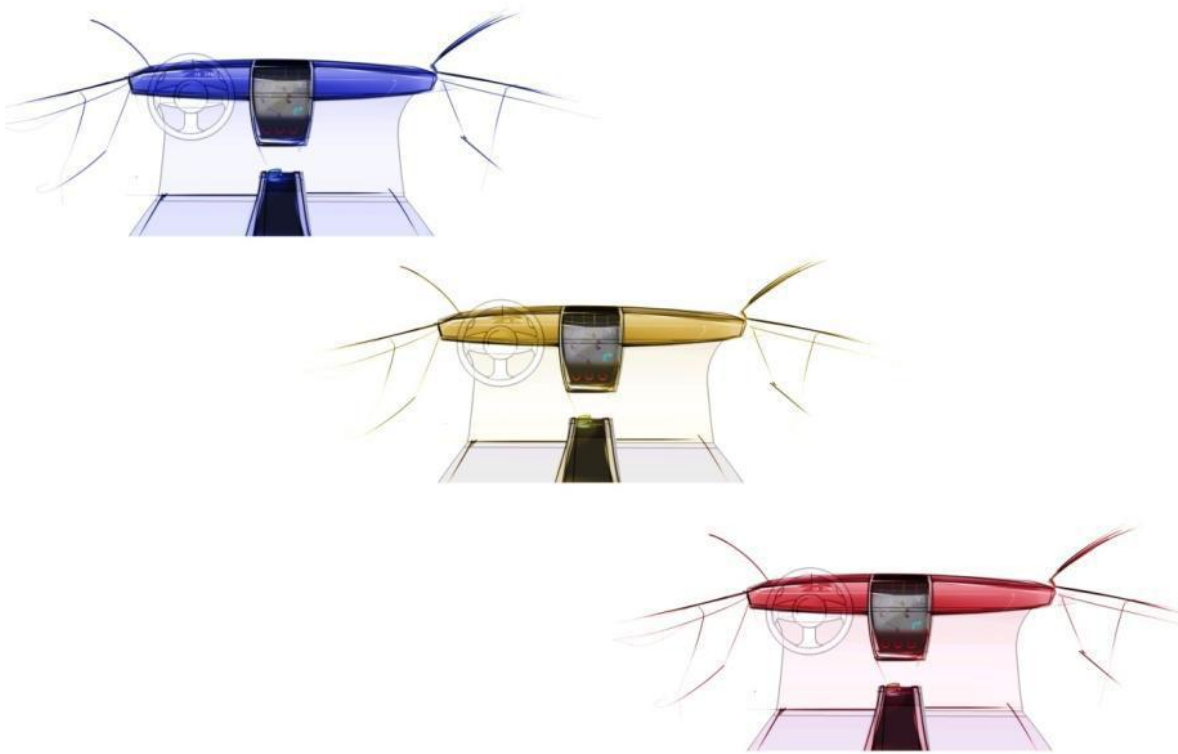


Figura 64. Iluminación policromática

El diseño busca simplificar los controles internos mediante el uso de tecnologías como *displays* transparentes para mostrar la información más importante. La consola central despliega información personalizada por el usuario y dependiendo de la situación sin distraer al conductor. Esta consola está localizada a un lado del panel de control para manipular todas las funciones de confort del vehículo. A través de la consola central el usuario puede cambiar entre dos modos: automático (modo de ciudad) y deportivo.



Figura 65. Display central



Figura 66. Display transparente (51)

El modo automático del vehículo está diseñado para satisfacer las necesidades durante la conducción en la ciudad. En esta modalidad se ofrece una mayor asistencia en el manejo donde lo más importante es la comodidad y el entretenimiento.

El modo deportivo refleja la naturaleza del vehículo, dándole la potencia máxima a los motores, reduciendo las asistencias de conducción y entretenimiento, todo esto para dar el énfasis adecuado a la experiencia de manejo y disfrutar del rendimiento del auto.

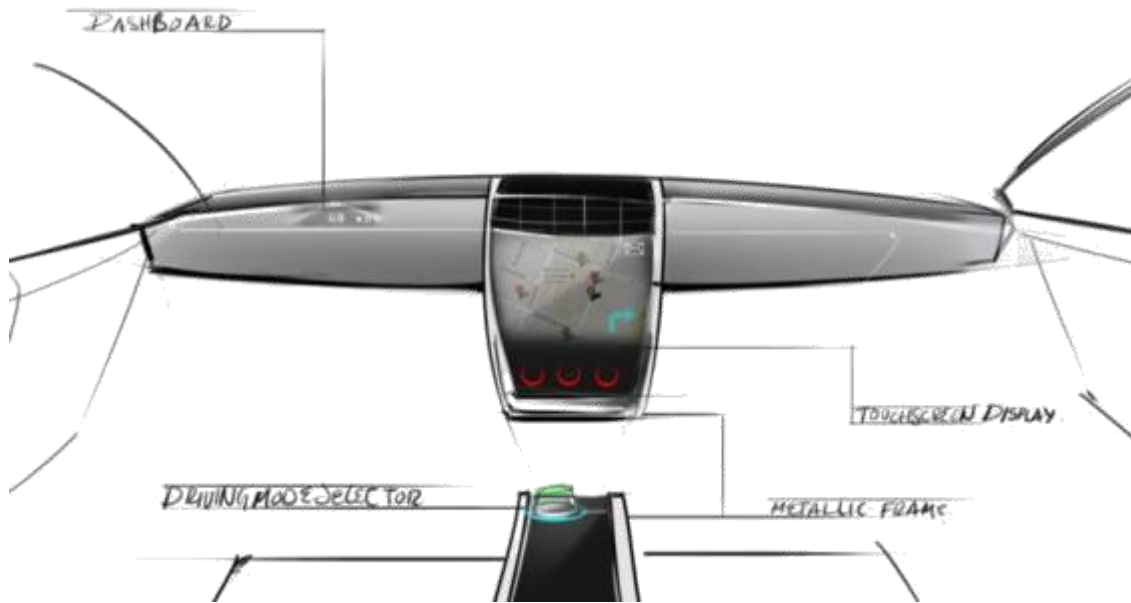


Figura 67. Diseño interior minimalista

Se consideraron otras tecnologías como comunicación entre autos, GPS, acceso a internet y asistencia en el manejo, sin embargo están presentes en prácticamente todos los autos actuales y no fueron desarrolladas para el presente concepto.

Concepto de la llave con lector de huella digital.

En las primeras etapas del desarrollo tomó gran importancia la interacción entre el usuario y el vehículo y como se podría evolucionar en este aspecto. Durante la etapa de diseño se decidió que la llave es un elemento que une al usuario con el vehículo. El propósito fue cambiar la visión de la llave como sólo un elemento para arrancar un auto y transformarlo en un acceso privado y personalizado del conductor hacia una nueva experiencia de manejo.

El nuevo concepto de llave fue pensado para satisfacer los siguientes requerimientos:

- Cerrar y abrir el vehículo y el compartimiento de equipaje.
- Accionarlo por medio de huellas digitales.
- Brindar al usuario sensaciones de lujo mediante el uso de materiales de alta calidad, de acuerdo con la imagen tradicional de la marca y con el diseño interior y exterior innovador de este concepto.
- Dar al usuario una sensación de conexión con el vehículo, aun en el caso que no esté manejándolo.
- Informar al conductor acerca de la carga restante de batería así como de la localización del vehículo.
- Proveer información mínima acerca del estado del vehículo en forma de OK, o bien, No OK.

- Poner el vehículo listo para su operación con la presencia, sin necesidad de la inserción de la llave.
- Dar exclusividad a un máximo de tres usuarios con la opción de un permiso temporal para el servicio de valet parking.

Dado que se decidió que la inserción mecánica no sería parte de este concepto y no se necesitaría ya una llave metálica, se abrieron una gran cantidad de posibilidades creativas e ideas para la configuración del concepto de la llave.

Después de varias iteraciones de diseño con opciones como formas curvas, dispositivos USB y hasta dispositivos del tamaño de una tarjeta de crédito con displays de LCD, el concepto final fue derivado de un estudio de los teléfonos celulares actuales así como de una llave de un vehículo de la marca.

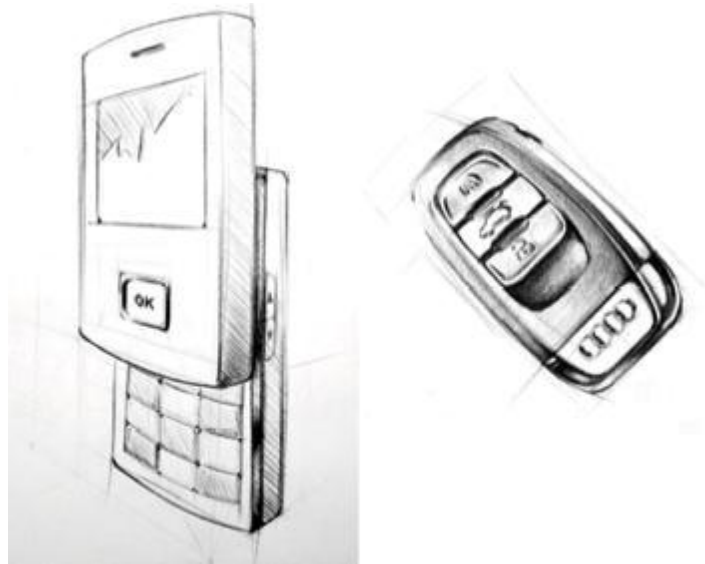


Figura 68. Estudio de un teléfono celular y de una llave

El diseño final integró el modo deslizante del teléfono, renovado para ser útil y no invasivo al ser guardado en bolsas, mochilas o en el pantalón. De la misma manera se buscó conservar el uso estratégico de los colores negro y plata en prácticamente todos los diseños de las llaves de la marca, junto con la disposición de los botones y el uso de luces en algunas llaves actuales.

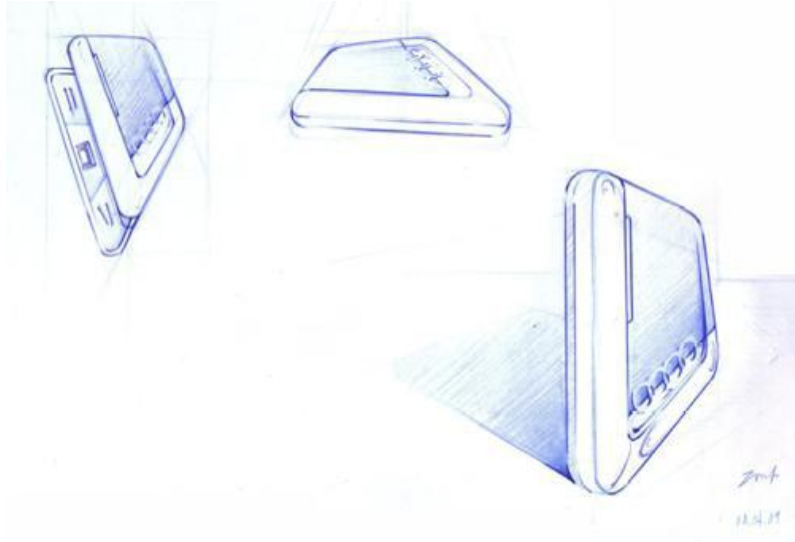


Figura 69. Bosquejos de preparación para el modelo CAD

La construcción del CAD fue realizada en CATIA V5, para ser después renderizada y editada para mostrar su principio de funcionamiento.

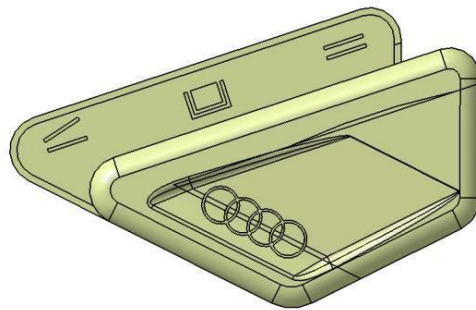


Figura 70. Modelo en CATIA V5



Figura 71. Mecanismo deslizable y lector de huellas digitales



Figura 72. Luces de estado



Figura 73. El concepto de la llave con lector de huellas digitales

5.1.2 Diseño Exterior

El proceso de diseño implica un largo camino desde transformar una idea a un producto real pasando por bosquejos en papel, modelos en 3D, modelos CAD, etc.

Una tarea tan complicada tuvo que ser dividida en tres etapas fundamentales: conceptualización, desarrollo y ejecución para poder alcanzar dos objetivos principales: un prototipo funcional y un modelo escala 1:8 que pudiera mostrar todo el trabajo en un producto final.

Conceptualización

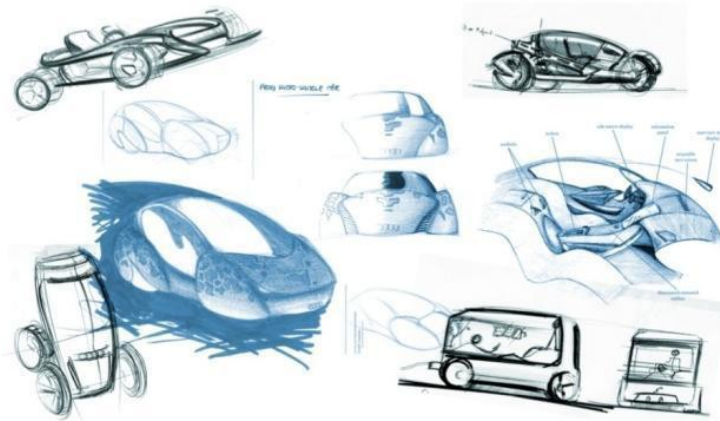


Figura 74. Bosquejos iniciales de algunas ideas

Tomando en cuenta aspectos funcionales, ergonomía y restricciones técnicas, se desarrollaron diferentes propuestas. Se conservaron algunas características comunes como dimensiones, configuración del interior, entradas de aire, parabrisas que se extiende por todo el toldo del vehículo y cámaras laterales.

Una vez que se tenía el desarrollo de cada concepto se fueron depurando detalles técnicos y de estética hasta llegar a un concepto final.

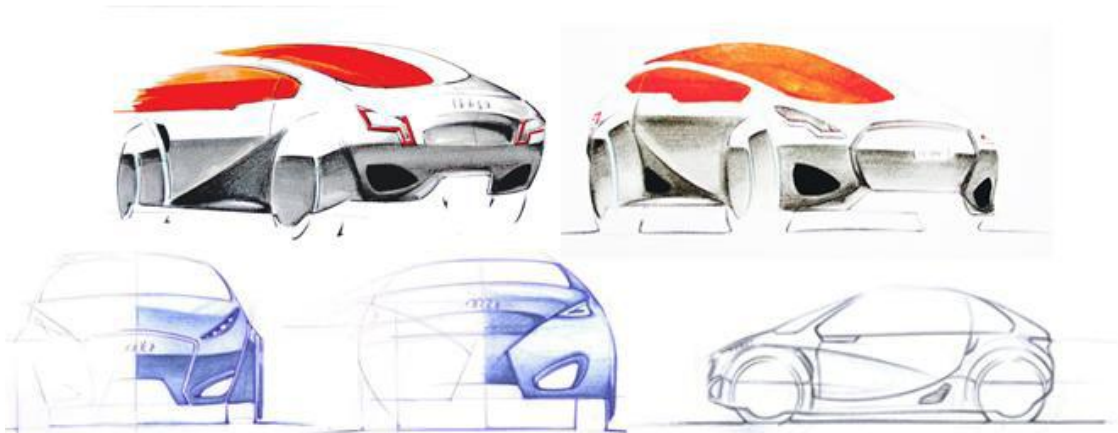


Figura 75. Bosquejos del concepto final

Uno de los principales objetivos fue el conservar y mostrar la presencia de la marca. Para poder alcanzar este objetivo, algunos elementos característicos debían ser conservados de los modelos actuales. Por ejemplo, el tamaño y las proporciones de la parrilla frontal, líneas que nacen de la parrilla y dan forma al cofre, entradas de aire, y la configuración de las luces delanteras y traseras.

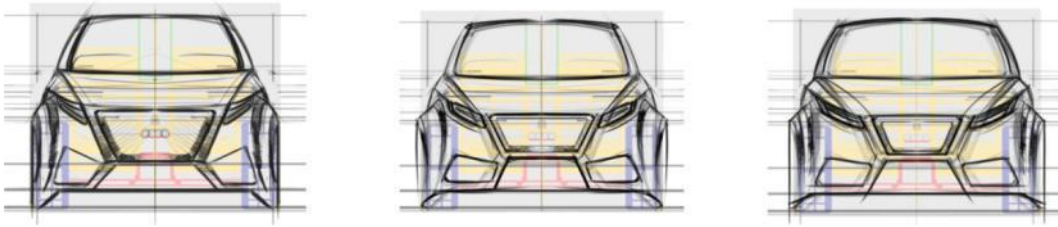


Figura 76. Dibujos realizados para calcular las dimensiones

A pesar de la necesidad de una entrada de aire central relativamente grande, un balance entre la funcionalidad y la estética fue buscado. Era necesario cumplir con las demandas del sistema de enfriamiento y por otra parte mantener proporciones claves de la imagen de la marca, todo esto mientras se buscaba un aspecto deportivo sin perder de vista los estándares de lujo.

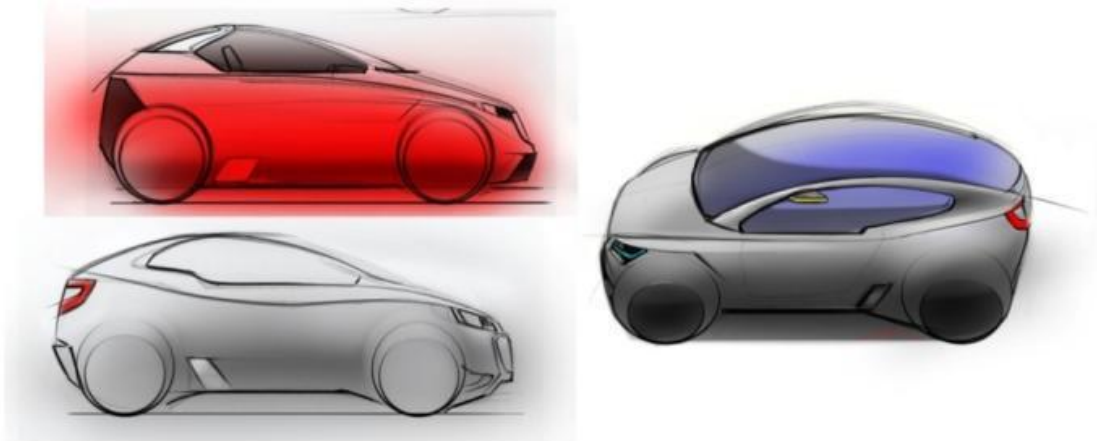


Figura 77. El cubre ruedas trasero es más largo que el delantero

El tamaño aumentado del cubre ruedas responde básicamente el deseo de dar al auto un aspecto deportivo, es por esto que se optó por cubre ruedas traseros más grandes que los delanteros; esto además ayuda a dar una especie de peso visual a la forma completa del vehículo, visto desde todos los ángulos, respondiendo al pequeño tamaño del concepto.

Este concepto presenta superficies simples y continuas divididas únicamente por partes móviles o funcionales. Por ejemplo, la línea media que rodea al vehículo no es interrumpida en ningún punto. Es importante recalcar que esa línea no tiene un inicio o fin, simplemente es continua a lo largo de todo el vehículo.

Desarrollo



Figura 78. Bosquejos mostrando la parrilla frontal y las entradas y salidas de aire laterales

Una vez que los puntos técnicos, funcionales y estéticos fueron establecidos se prosiguió a transformar los bosquejos y datos técnicos a modelos en 3D que ayudarían durante la etapa final del desarrollo del concepto.

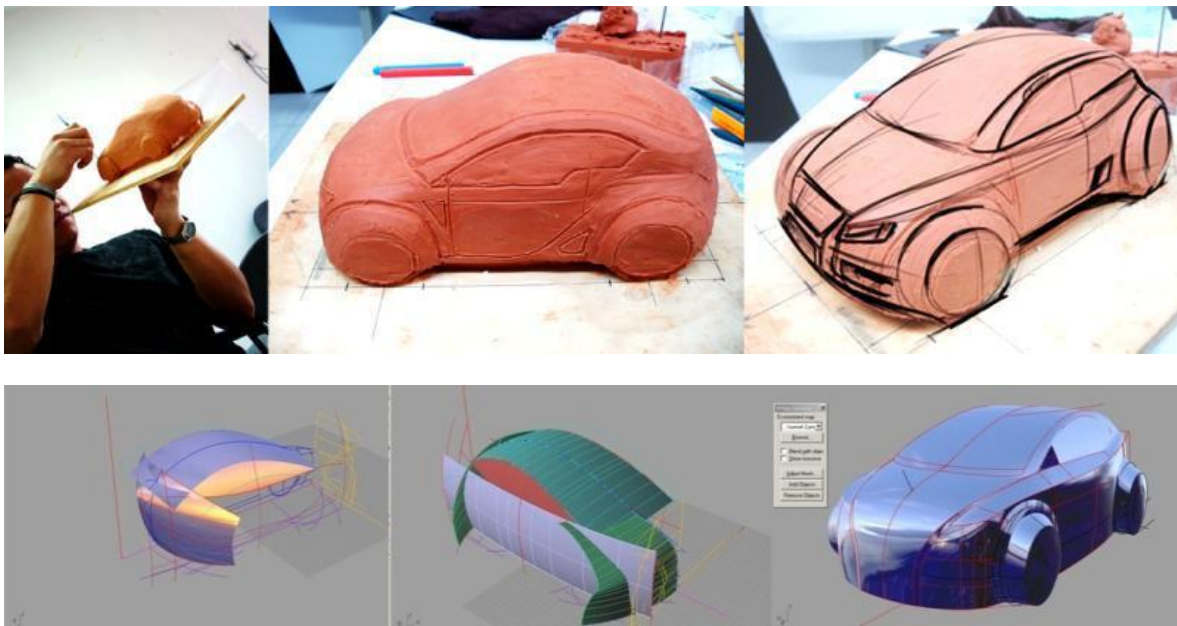


Figura 79. Modelos de plastilina y primeros desarrollos de CAD

Los modelos tridimensionales permitieron una observación más cercana, así como un análisis crítico invaluable, mostrando a la luz algunos aspectos a considerar a niveles de producción y manufactura que necesitaban ser resueltos. Permitió verificar que las proporciones propuestas en los bosquejos habían sido transformadas lo más apegado a la realidad posible.

Ejecución

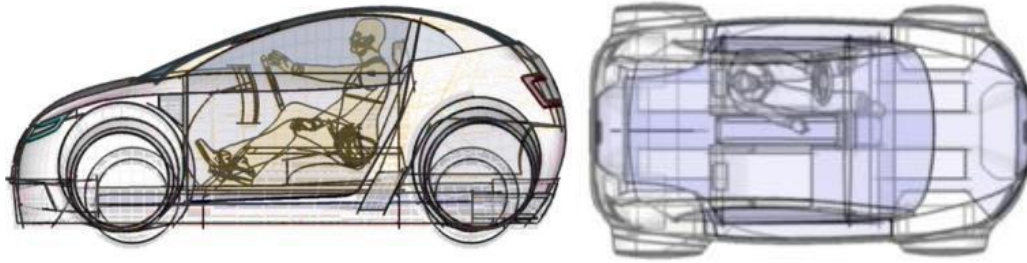


Figura 80. CAD mostrando el espacio interior

Con la ayuda de diferentes herramientas, desde el modelado tradicional a mano hasta los modelos CAD, se comenzó la construcción de prototipos: una construcción funcional parcial, un modelo a escala 1:8 y el renderizado para las presentaciones.

En la siguiente etapa fue necesario la definición del conjunto final tomando en cuenta las características de la carrocería en armonía con los elementos funcionales y técnicos.



Figura 81. Modelo final renderizado

El lujo, deportivismo, placer al manejar, 2030, tecnología de punta y la tracción eléctrica son características de un auto que responde a las necesidades y gustos del usuario del futuro.

5.1.3 El concepto en general

El promedio de número de pasajeros en un auto en la capital mexicana es escasamente de 1.7 personas por lo que el auto Electro Activo se diseñó con sólo dos plazas. Las dimensiones principales del concepto son las siguientes (40):

Tabla 9. Dimensiones generales del AE

Longitud	2958 [mm]
Ancho	1737 [mm]
Altura	1185 [mm]
Distancia entre ejes	1916 [mm]

El cálculo del volumen para la cajuela y para la parte eléctrica y electrónica se hizo por el método VDA DIN70020. Este método fue realizado en CATIA mediante la creación de cubos de 50x100x200 mm equivalentes a un litro. Estos cubos fueron acomodados en la cajuela y en el espacio asignado para el equipo eléctrico para calcular el volumen máximo. El uso de los motores

dentro de la rueda liberó espacio que normalmente utiliza un motor frontal, resultando en un volumen de cajuela de 715 [l] y 405 [l] en el cofre.

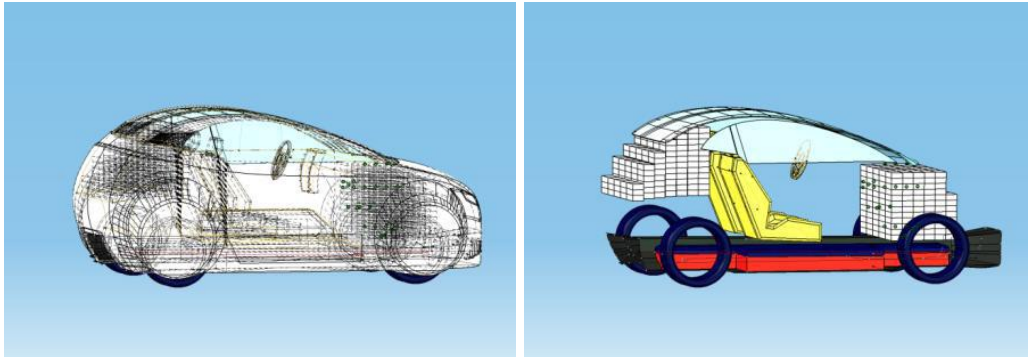


Figura 82. Cálculo del volumen

Para favorecer la dinámica de manejo y el ahorro de espacio se optó por un paquete en forma de sándwich en el piso frontal (En la figura anterior, lado derecho piso rojo y azul). Este paquete contiene baterías de litio-polímero cuyo volumen, peso y autonomía se estimaron y se muestran a continuación:

Energía contenida en un litro de gasolina: 8.77 [kWh/l]

Necesidad estimada para un auto de condiciones similares en tráfico de ciudad: 5[l]/100[km]

Para 100 km se requieren de: $5[l] \times \frac{8.77[kWh]}{[l]} = 43.85 [kWh]$

Para la autonomía deseada de 250 [km]: $2.5 \times 43.85 [kWh] = 109.625 [kWh]$

Dejando de lado la baja eficiencia de un motor de combustión interna:

$109.625 [kWh] \times \frac{40\%}{100} = 43.85 [kWh]$

Con la densidad de energía de las baterías de litio-polímero de 200 [Wh/kg] y 300 [Wh/l] la conclusión para el volumen y peso de las baterías es la siguiente:

Tabla 10. Características de las baterías

Peso	219.25 [kg]
Volumen	146.17 [l]
Autonomía	250 [km]

El peso total del vehículo fue estimado al tomar un auto de dimensiones similares, remover todas aquellas partes que son ajenas a este concepto (motor de combustión interna, radiador, etc.) y añadiendo los pesos de los elementos que estarán presentes (motores eléctricos, baterías, etc.). Se estimó el peso del auto vacío en 921 [kg].

Algunas reflexiones hechas en cuanto a la ergonomía y en conjunto con CATIA se confirmó que la comodidad de prácticamente todos los hombres y mujeres estaba garantizada.

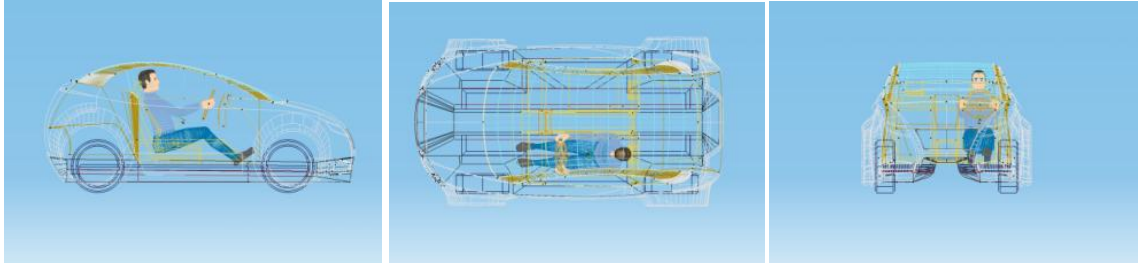


Figura 83. Ergonomía

5.2 EAP y el cubre ruedas

Los polímeros electroactivos (EAP) son materiales que pueden cambiar de forma cuando se les aplica un voltaje. Este nuevo campo en la tecnología de materiales está actualmente en desarrollo; sin embargo los avances que hay a la fecha son sorprendentes.

Con las diferentes propiedades de los EAP's es posible desarrollar actuadores, se pueden crear diversas formas y algunas simulaciones prueban que este material puede ser utilizado en el futuro en diversas aplicaciones. Adicionalmente, los EAP's pueden ser utilizados como sensores; estas dos propiedades resultan de vital interés para la industria automotriz.

Se puede pensar en diversas aplicaciones para estos materiales en la industria automotriz, como por ejemplo superficies adaptables; con toda una carrocería capaz de cambiar de forma intentando proteger a los pasajeros en caso de un accidente.

Otra aplicación de los EAP's que puede mejorar la aerodinámica de los vehículos es el cubre ruedas. Después de revisar algunos estudios se estima que cubriendo las ruedas se puede alcanzar una reducción de arrastre aerodinámico de entre 4 y 6%. La aplicación de una cubierta a las ruedas no es una tecnología nueva. Se ha hecho el intento varias veces en el pasado, teniendo en casi todos los intentos el mismo problema; mecanismos complejos con problemas en cuanto a la velocidad de reacción.

La solución desarrollada que brindan los EAP's pretende reducir el arrastre aerodinámico, tener un elemento de seguridad pasivo para la seguridad de los peatones y redefinir el diseño exterior del vehículo. Una de las grandes ventajas de los EAP's es su excelente tiempo de respuesta (milisegundos), y que pueden ser moldeados casi en cualquier forma.

Además los EAP's situados en el cubre ruedas evitarán problemas mecánicos al moverse.

5.2.1 Panorama técnico.

Polímeros Electroactivos.

En los últimos años el interés en los polímeros capaces de cambiar de forma se incrementó rápidamente. Un tema de investigación son los polímeros electroactivos que se encuentran dentro de este pequeño grupo de polímeros. Estos materiales pueden cambiar de forma, tamaño y otras características mediante una estimulación externa. Existen diferentes tipos de EAP's que pueden ser divididos en dos grandes grupos: electrónicos y iónicos:

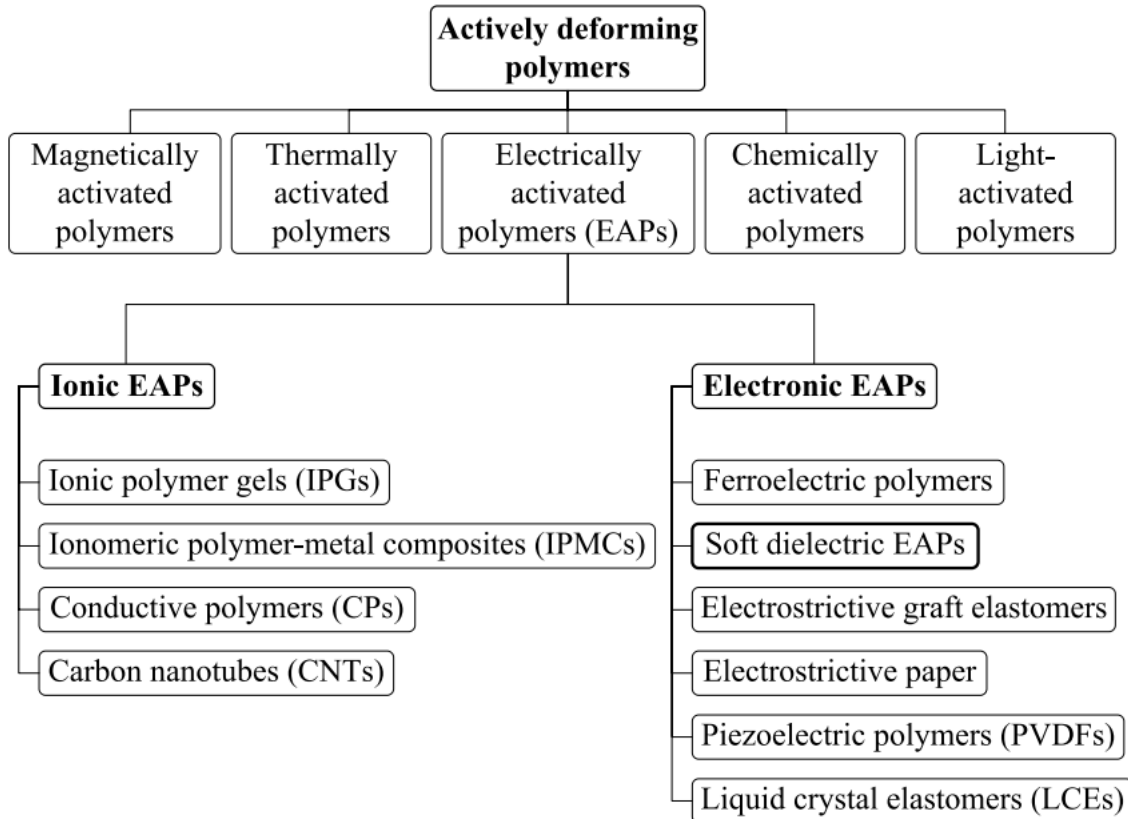


Figura 84. Diferentes tipos de EAP's (54)

El principio de operación de los EAP's electrónicos está basado en los cambios que pueden generar campos electrostáticos. Los materiales con mayor desarrollo el día de hoy son los elástomeros dieléctricos debido a su buen comportamiento en general al tener deformaciones activas grandes (hasta de un 300%). El voltaje de activación es de aproximadamente 3.5 [kV].

Las propiedades más importantes de los EAP's son:

- Esfuerzo (MPa)
- Deformación (%)
- Voltaje requerido (V)
- Ancho de banda (Hz) o tiempo de respuesta (s)

- Densidad de energía (W/cm^3)
- Eficiencia (%)
- Tiempo de vida (ciclos)
- Densidad (g/cm^3)
- Ambiente de operación (temperatura, presión, humedad, etc.)

Los polímeros electroactivos responden a un estímulo eléctrico (campo, corriente, etc.) con un cambio en alguna característica (deformación física, variación en algunas propiedades ópticas o magnéticas). Cuando se aplica un campo eléctrico a través del capacitor, las fuerzas electrostáticas tratan de juntar las dos placas. Como el material no puede ser comprimido, cualquier compresión en una dirección resultará en una expansión del material de manera perpendicular a la compresión. Este mecanismo puede ser utilizado para realizar aplicaciones simples de generación o conversión entre energía mecánica y eléctrica. Las ventajas radican en las propiedades de resiliencia, tolerancia a las fracturas, bajo ruido de operación, bajo peso y bajo consumo de energía.

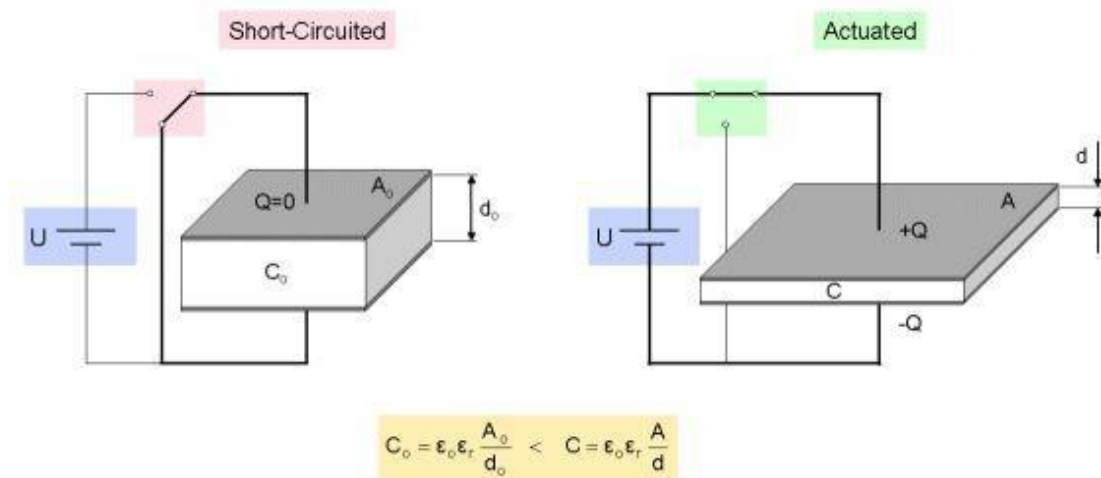


Figura 85. Diferencia entre un EAP en estado de trabajo y uno en reposo

EAP's como actuadores.

Los actuadores lineales de hoy en día cuentan con muchas partes móviles que están sujetas a desgaste, crean ruido y son relativamente ineficientes. Sin embargo los actuadores lineales de polímeros electroactivos tienen configuraciones simples que son silenciosas y sus materiales cuentan con una alta duración. En comparación con los actuadores convencionales estos pueden ser producidos en miniatura, con bajo peso y con una alta densidad de energía; además pueden responder de manera muy precisa a un voltaje dado mientras consumen poca energía. Los actuadores lineales de polímeros electroactivos pueden servir también como capacitores creando la posibilidad de generar un control de lazo cerrado.

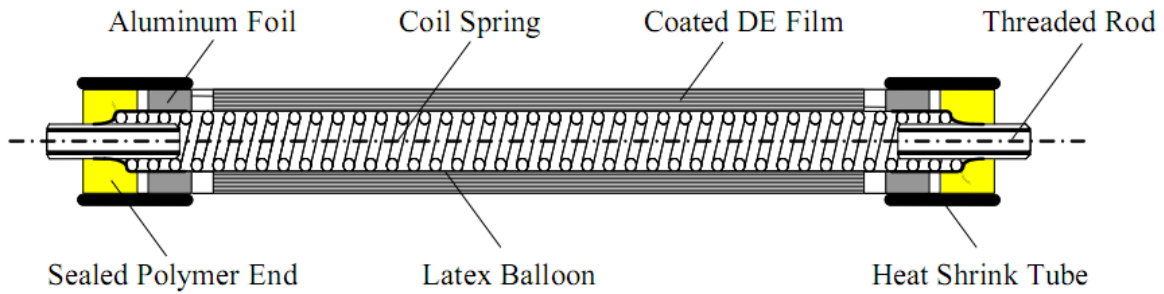


Figura 86. Estructura de un EAP (56)

La unidad básica de los actuadores de elastómero dieléctrico es una película de elastómero dieléctrico que se encuentra entre dos electrodos. En este arreglo, el polímero actúa como un capacitor dieléctrico. Así es posible la creación de actuadores con películas enrolladas o dobladas para incrementar la fuerza.

Los actuadores expansivos hechos con polímeros electroactivos pueden funcionar en ambas direcciones en un plano. Mediante la activación de una unidad dieléctrica sencilla la película se expande en ambas direcciones en un plano y puede trabajar en contra de presiones externas. También se puede dar el caso en el que el actuador trabaje en contra de cargas a tensión.

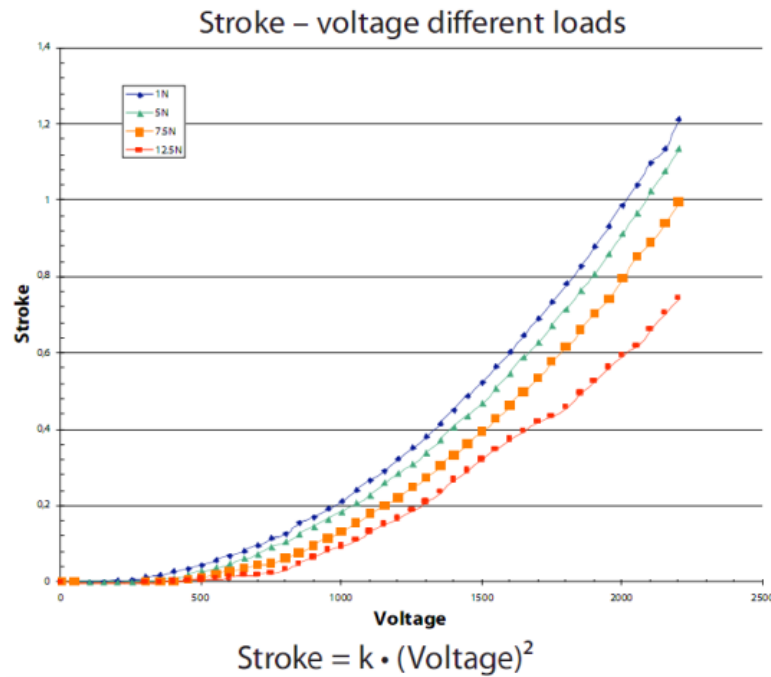


Figura 87. Voltaje necesario a diferentes cargas para alcanzar una fuerza (57)

EAP's como sensores

Los EAP's pueden también ser utilizados como sensores, esto debido a que una deformación en un material electroactivo induce un cambio en la capacitancia. Las ventajas son

similares a las mencionadas anteriormente. El sensor puede responder rápidamente, tiene un amplio margen dinámico, y un rango aceptable de temperaturas de trabajo.

En la siguiente figura se puede observar el principio de funcionamiento de un EAP como sensor, al cambiar la distancia entre las placas se produce un cambio en la capacitancia, y esto puede ser acondicionado para obtener la lectura deseada.

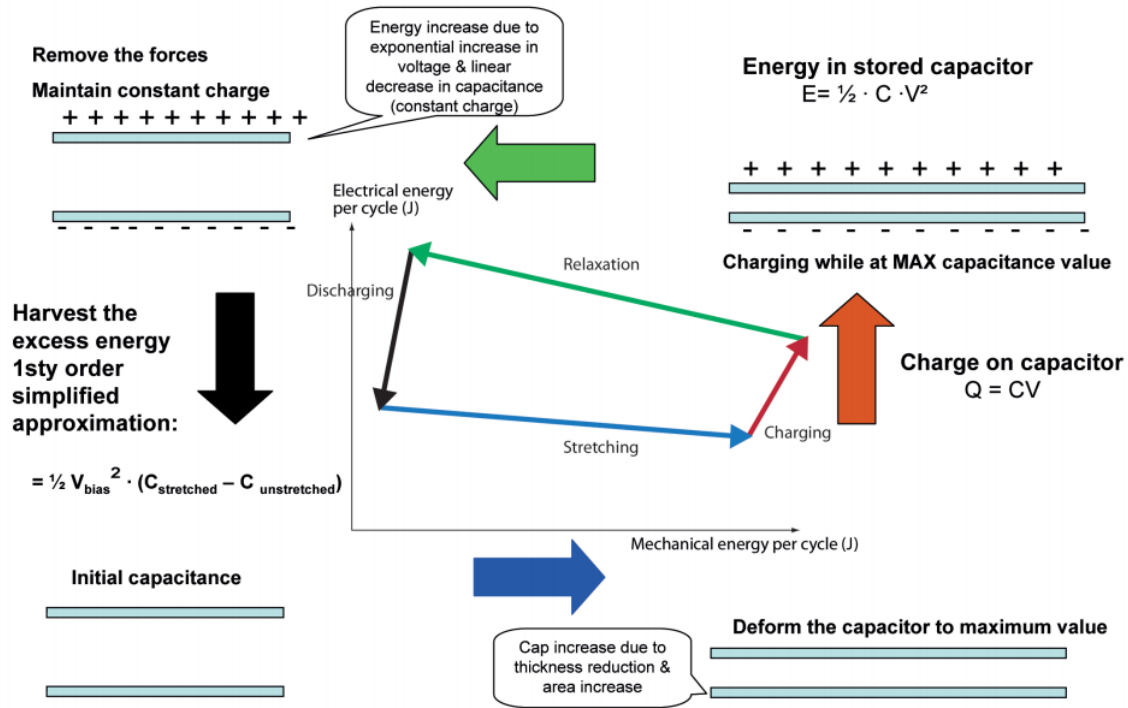


Figura 88. Principio de funcionamiento de los EAP's como sensores (57)

Posibles áreas de aplicación para los EAP's

- Mecanismos
- Robótica, juguetes robóticos.
- Interfaces entre humanos y máquinas. (Táctiles por ejemplo)
- Aplicaciones médicas (desde músculos artificiales hasta mecanismos de control de cateterismo).
- Polímeros electromecánicos como sensores y transductores.

Las características de esta tecnología permiten su aplicación en diversas áreas de la industria automotriz. Su aplicación en la tracción eléctrica puede generar un parte aguas hacia el futuro.

5.2.2 Posible implementación en la industria automotriz

Actualmente varias universidades y compañías están investigando las posibles aplicaciones de los EAP's. Una de las compañías que más se ha dedicado al estudio de estos materiales es "Danfoss Polypower", quienes sugieren las siguientes posibilidades:

- Ajuste continuo de las luces delanteras
- Flujo de aire de ventilación y ajuste de temperatura
- Actuadores para seguros y ajuste de espejos laterales
- Suspensión activa en partes sujetas a vibración. (42)

La Universidad "TU Darmstad" desarrolla displays táctiles, que podrían ser adaptados a los automóviles para la creación de pantallas que puedan dar retroalimentación directa al usuario (43). Esta retroalimentación también puede ser utilizada en otros aspectos, por ejemplo, el ajuste del volante a las manos del usuario.

Por otra parte la universidad "ETH Zürich" se encuentra investigando actuadores con forma de coraza con la capacidad de "doblar" siendo los posibles precursores de las superficies adaptables.

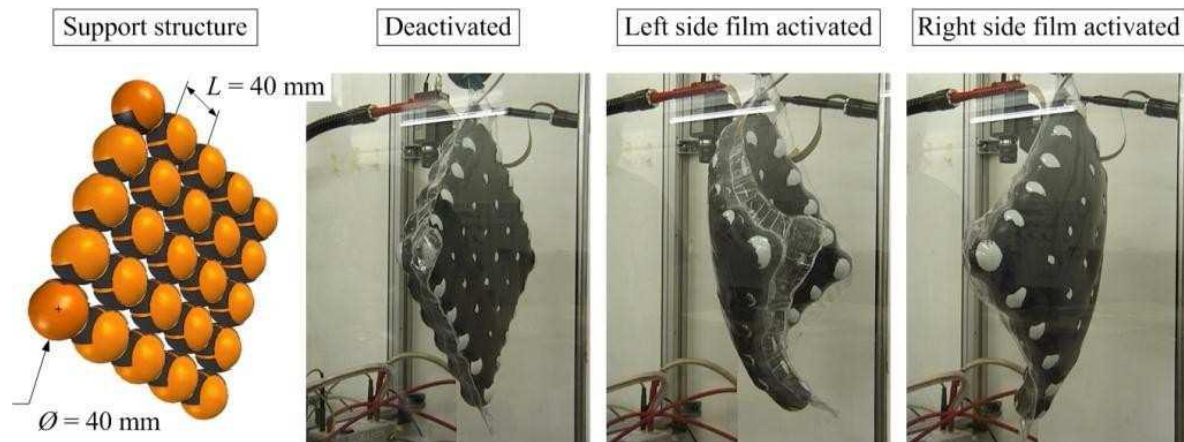


Figura 89. Actuadores capaces de cambiar de forma (54)

Otra posible implementación en la industria automotriz es una llanta, capaz de cambiar de tamaño y de forma. El EAP de Michelin está diseñado para cambiar de un modo a otro cuando un voltaje es aplicado al polímero electroactivo del cual está hecha la llanta. Esto hace que cambie el dibujo de la llanta en forma y profundidad. De esta manera, la llanta puede ser optimizada para varias condiciones del camino (44).

La siguiente tabla de posibles implementaciones de los EAP se generó mediante una lluvia de ideas:

Tabla 11. Aplicaciones para los EAP's

Aplicaciones para los EAP
Limpiaparabrisas
Cerrado automático de puertas
Asiento adaptable
Volante adaptable
Cubre ruedas
Retroalimentación en pantalla de control táctil
Abatir los espejos laterales en modo de estacionado y ajustar la posición de los mismos
Cinturón de seguridad adaptable
Dibujo de las llantas ajustable
Cambio en la estructura cuando ocurra un accidente
Control del flujo de aire

Adicionalmente el uso de los EAP's como sensores y actuadores puede darse de manera paralela, dando la posibilidad de reemplazar todos los actuadores y sensores existentes en los autos modernos. Además de usarlos como un sistema de detección de accidentes para la activación de subsistemas como las bolsas de aire.

Se hizo un modelo virtual con un cubre ruedas a base de EAP. Esto como una demostración de la capacidad de esta tecnología para la deformación de la carrocería. Eventualmente se podría pasar de sólo un cubre ruedas a el cambio por completo de la carrocería dependiendo de las condiciones de manejo.

La utilización de EAP como amortiguadores permitiría la recuperación de energía a través de los mismos.

Los EAP ofrecen grandes posibilidades para la innovación sin embargo su desarrollo se hará de forma paulatina. Empezando por pequeños actuadores y sensores que no sean parte de los sistemas de seguridad, para que una vez que hayan sido probados se puedan tener más aplicaciones.

5.2.3 Implementación virtual y panorama hacia el futuro

Cubre Ruedas.

En este concepto los EAP se aplicaron en un cubre ruedas que modifica su posición de acuerdo al grado de giro que se presenta. Para realizar dicha acción se requieren señales de entrada para el circuito de control. Estos impulsos se dan a través del sistema "Steer By Wire" que básicamente es la dirección del auto, sin embargo el volante no está directamente conectado al mecanismo de giro y se podría decir que el sistema de giro es actuado a distancia. Ya que los EAP's cuentan con tiempos de respuesta bastante rápidos (menores a 10 ms) es posible realizar este tipo de ajustes.

La combinación con los motores eléctricos dentro de las ruedas proveen los altos voltajes necesarios para el funcionamiento de los EAP's.



Figura 90. Cubre ruedas

Para poder crear un prototipo virtual fue necesario simular todos los movimientos presentes en una rueda. Mediante la creación de diversas geometrías de apoyo en CATIA V5 fue posible animar los movimientos a los que está sujeta una rueda al ser girada, al sufrir efectos por parte de la suspensión y la dinámica natural del movimiento. Como resultado se obtuvo el volumen necesario dentro del cubre ruedas.

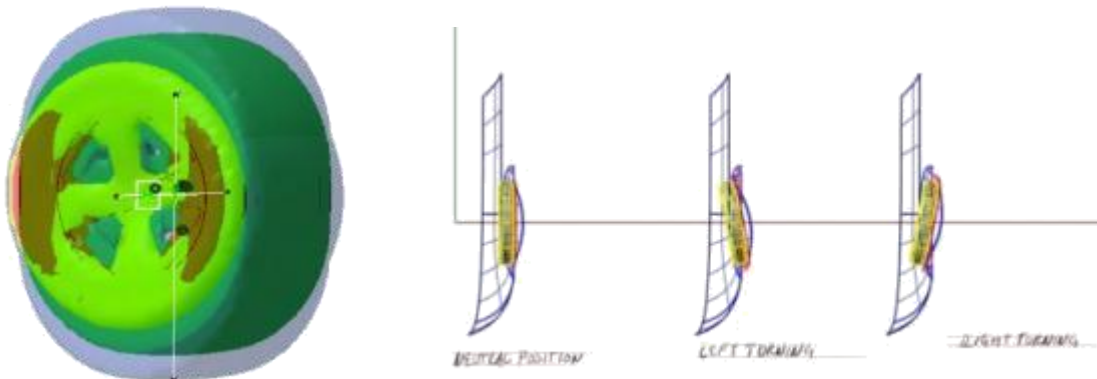


Figura 91. Cálculo del volumen para el cubre ruedas

Una vez realizado este estudio fue posible desarrollar diferentes ideas en cuanto a la configuración del cubre ruedas. El cubre ruedas tapa prácticamente toda la rueda dejando un espacio libre para la salida de aire caliente y una altura necesaria para evitar roces con el suelo.



Figura 93. Lohner Porsche

Se construyeron alrededor de 300 de estos vehículos de alto precio y algunas ediciones para competencia con mayor potencia. El potencial de esta innovación fue tan alto que inclusive la NASA utilizó los planos originales de Porsche para implementar algunas de las ideas en el vehículo lunar.

Sin embargo con el triunfo inminente de los motores de combustión interna en el siglo XX, los motores dentro de las ruedas fueron prácticamente olvidados. Principalmente fueron utilizados para bicicletas eléctricas. Las razones detrás de este olvido fueron los grandes retos a los que los desarrolladores se tendrían que enfrentar si quisieran llevar este tipo de motores a la industria automotriz. El exceso de calor era otro de los problemas.

En los últimos años la idea de los motores dentro de las ruedas resurgió para tratar de integrarla a la industria automotriz. Algunos ejemplos famosos de estos motores son el “Active Wheel” de Michelin o bien el “E-Corner” de Continental. Ambos desarrollos cuentan con un potencial amplio, sin embargo todavía cuentan con dificultades técnicas de consideración.



Figura 94. Active Wheel de Michelin (61) y VDO de Siemens (62)

Para superar estos retos es fundamental entender el panorama técnico. El impacto que tendrá este tipo de motores en la dinámica del vehículo necesita ser evaluado para saber que tan buena opción es integrar este tipo de motores a un vehículo.

5.3.1 Panorama técnico

Los motores dentro de las ruedas utilizan el mismo principio que los motores eléctricos comunes. Este motor también está compuesto de un rotor y un estator. La diferencia es que todos los componentes se encuentran dentro de la rueda. La siguiente figura muestra los diferentes elementos de un motor dentro de las ruedas:

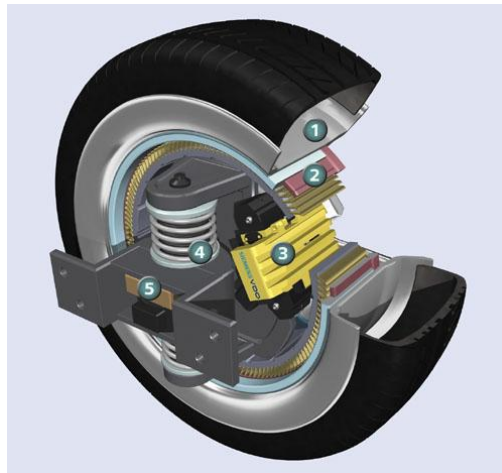


Figura 95. Motor dentro de la rueda "E-Corner" (62)

El rin (1) es convencional. Los componentes del motor se encuentran localizados en (2), donde el rin, en conjunto con los discos rojos y azules constituyen el rotor. El disco de color dorado es el estator. Los frenos son el número (3), la suspensión el (4) y el mecanismo de dirección es el (5).

El tipo de motor elegido para este concepto es un motor asíncrono o motor de inducción de corriente alterna, por lo que no contiene imanes permanentes. Nikola Tesla visualizó este tipo

de motores al pensar en la posibilidad de una turbina giratoria accionada por un campo magnético rotativo en lugar de agua o vapor. Este tipo de motor es robusto y simple, tiene un largo periodo de vida y mantenimientos sencillos.

El principal punto a considerar en el diseño de un motor eléctrico para cualquier tipo de vehículo es la conservación y manejo de energía, mediante la minimización de las pérdidas. Se requiere de un torque importante para empezar a ganar velocidad, por lo que se debe considerar una máxima potencia por ampere.

Un motor toma energía eléctrica a través de una diferencia de potencial y un flujo de corriente, convirtiendo esto en trabajo mecánico. Esta conversión no es completamente eficiente. Se pierde parte de la energía en forma de calor debido a la resistencia interna de algunos componentes del motor. Este calor a su vez debe ser removido del motor para prevenir daños físicos a algunos de sus componentes. Además los motores de corriente alterna pierden energía por efectos de histéresis y corrientes parásitas.

Histéresis y corrientes parásitas

En los primeros intentos para adaptar motores de corriente directa para trabajar con corriente alterna se encontraron diversos problemas debido a pérdidas al alternar campos magnéticos. Uno de estos problemas son las corrientes parásitas, que son producidas cuando un conductor es expuesto a un campo magnético que cambia debido a su posición relativo con la fuente del campo y el conductor mismo, o bien, debido a variaciones en el campo magnético con respecto al tiempo. Estas corrientes parásitas crean un campo magnético inducido que se opone al cambio del campo magnético original debido a la ley de Lenz, causando fuerzas de repulsión o atracción entre el conductor y el campo magnético.

La solución a este problema fue construir los núcleos del rotor y el estator con paquetes de láminas aisladas. Estas láminas son recubiertas con barnices aislantes antes de ser empaquetadas y moldeadas a su forma final. Mediante la ruptura a segmentos conductivos más pequeños, las corrientes parásitas son disminuidas en gran medida como se puede observar en la siguiente figura. Adicionalmente, la aleación utilizada en estas láminas contiene silicón para incrementar la resistencia eléctrica, característica que ayuda a disminuir la magnitud de las corrientes parásitas.

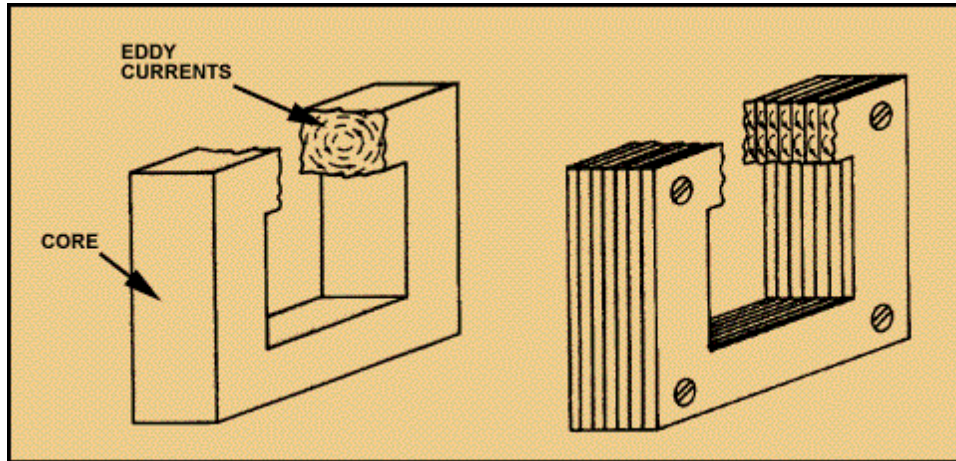


Figura 96. Corrientes parásitas en un núcleo sólido y uno laminado (63)

El otro gran problema es el fenómeno de histéresis. Cuando un campo magnético externo es aplicado a un material ferromagnético, los dipolos atómicos se alinean con el campo externo. Cuando el campo externo es removido, parte de esa alineación permanece, por lo que el material está "magnetizado".

Las pérdidas por histéresis pueden ser minimizadas si las láminas están hechas de silicón y la aleación es de acero con granos orientados. La histéresis magnética es retrasada detrás de la fuerza del campo magnético comparado con la fuerza magnetizante. Cuando un clavo de hierro es temporalmente magnetizado por un solenoide, una pequeña parte de la magnetización residual permanece debido al fenómeno de histéresis. La corriente alterna tiene que gastar energía para vencer esta magnetización residual antes que el núcleo sea magnetizado a cero, y luego invertir la polarización. Debido a esto una pérdida por histéresis se encuentra siempre en la polaridad de los inversores de corriente alterna. El área debajo de la curva de histéresis en la gráfica campo-energía es proporcional a la pérdida por histéresis.

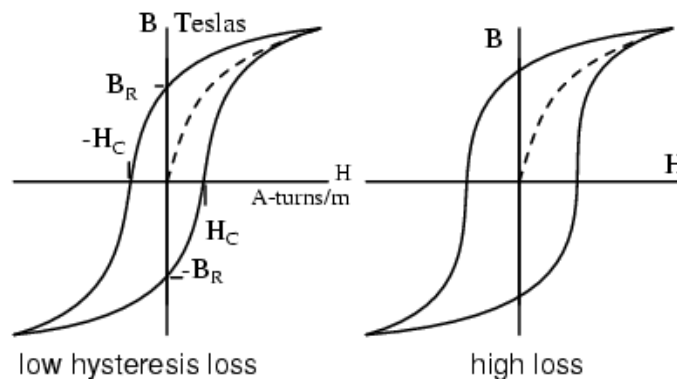


Figura 97. Gráficas de pérdidas por histéresis (64)

Motor de inducción trifásico

Construcción.

En un motor polifásico de inducción, el estator es construido usando devanados por cada polo del motor; cada uno de ellos con una onda senoidal diferente. Este motor de inducción trifásico usa sus fases rotadas con un ángulo constante de $120[^\circ]$ con referencia a los otros dos. El devanado del estator induce un flujo de corriente en los conductores del rotor, actuando como un transformador.

El motor está compuesto por el rotor, conocido como la armadura, y el estator, que contiene tres series de cables conectados a una fuente de energía trifásica. Una de las ventajas del motor de inducción es que el rotor es muy sencillo; consiste de un rotor laminado de acero y una jaula de ardilla de cobre o aluminio.

En la siguiente figura se muestra como los cables del estator están enrollados en las ranuras del estator laminado.

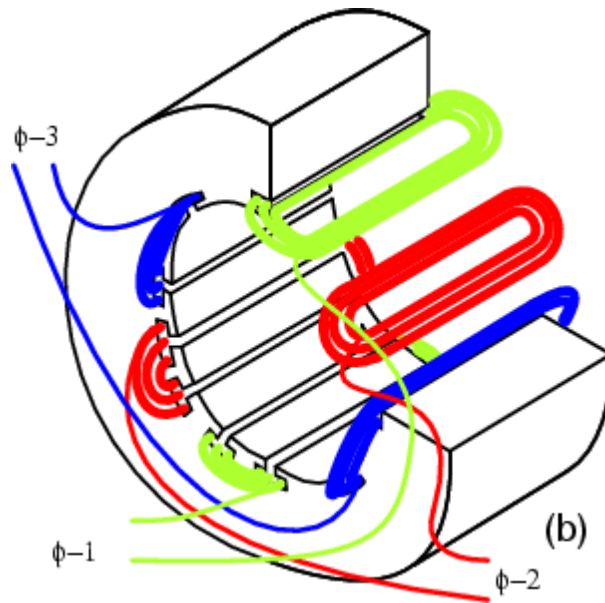


Figura 98. Configuración de los cables del estator

En un estator normal, cada devanado de polo está dividido en cableado idéntico presente en muchas ranuras, y es también conocido como cinturón de fase. El arreglo de distribución del cableado cancela parte de la armónica, ya que produce una mayor distribución del campo magnético senoidal a lo largo del polo. Un devanado trifásico se puede observar en la siguiente figura.

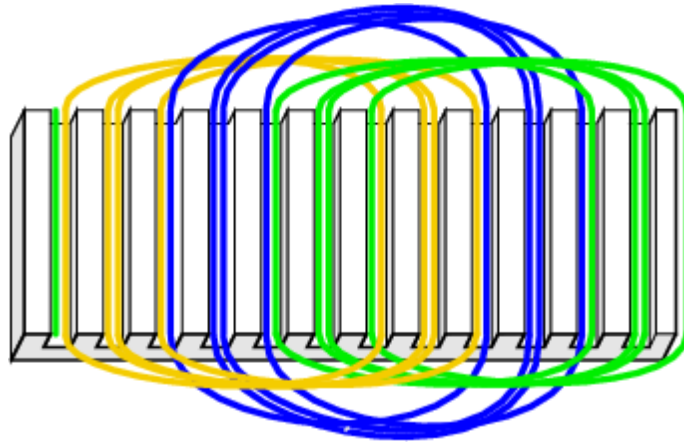


Figura 99. Arreglo del devanado trifásico

Existen dos configuraciones para el arreglo del cableado de cada devanado, dichas configuraciones son conocidas como delta y "Y".

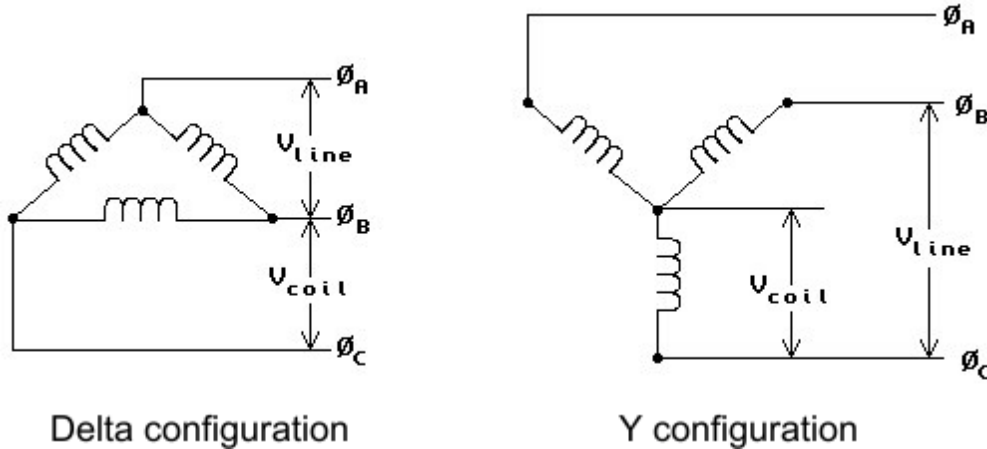


Figura 100. Configuración delta y configuración "Y" (65)

Para la configuración en delta, el voltaje y la corriente en los embobinados se puede expresar como:

$$\text{Voltaje del embobinado} = \text{Voltaje de línea}$$

$$\sqrt{3} * \text{Corriente del embobinado} = \text{Corriente de línea}$$

Para un sistema en "Y", el voltaje y la corriente del embobinado están determinados por las siguientes ecuaciones:

$$\sqrt{3} * \text{Voltaje del embobinado} = \text{Voltaje de línea}$$

$$\text{Corriente del Embobinado} = \text{Corriente de Línea}$$

La resistencia medida entre estas dos líneas (resistencia de línea) en un sistema en “Y” debe ser igual a tres veces la resistencia de línea de un sistema en delta.

Operación

El motor de inducción funciona porque el estator crea un campo magnético rotativo que atrae alrededor de sí al rotor. Cuando las líneas de flujo del campo magnético rotativo atraviesan el material conductor del rotor, éste seguirá el movimiento del campo magnético. Las líneas de flujo que atraviesan el conductor del rotor inducen una corriente alterna en el rotor, constituyendo un alternador secundario. Este rotor inducido por corriente crea un campo magnético que interactúa con el campo magnético rotativo del estator. El campo del rotor trata de alinearse con el campo magnético del estator, por lo que el rotor gira a menor velocidad que el campo magnético.

El rotor produce un torque proporcional al número y tasa de líneas de flujo que lo atraviesan. Si el rotor gira a la misma velocidad que el imán permanente, no existe flujo que lo atraviese, no hay corriente inducida, no hay campo electromagnético y por lo tanto no hay torque. Cuando se aplica carga al rotor, su velocidad se reduce pero aumenta el torque ya que existen más líneas que lo atraviesan en ese instante.

La velocidad de rotación del campo magnético del estator está relacionada con el número de pares de polos en cada fase del estator. Por ejemplo, la configuración (a) de la siguiente figura tiene tres pares de polos y tres fases, por lo que el campo magnético rotará 360[°] por cada ciclo de onda senoidal. Si se tiene una fuente de poder de 60 [Hz], el campo rotará 60 veces cada segundo, esto es 3600 [rpm]. Esta velocidad es conocida como *velocidad síncrona*. El rotor nunca alcanzará esta velocidad, por lo que será el límite superior. Si el número de polos es duplicado, como se muestra en la configuración (b), la velocidad se verá reducida a la mitad, por lo que el campo magnético solo girará 180[°] por cada ciclo de onda senoidal.

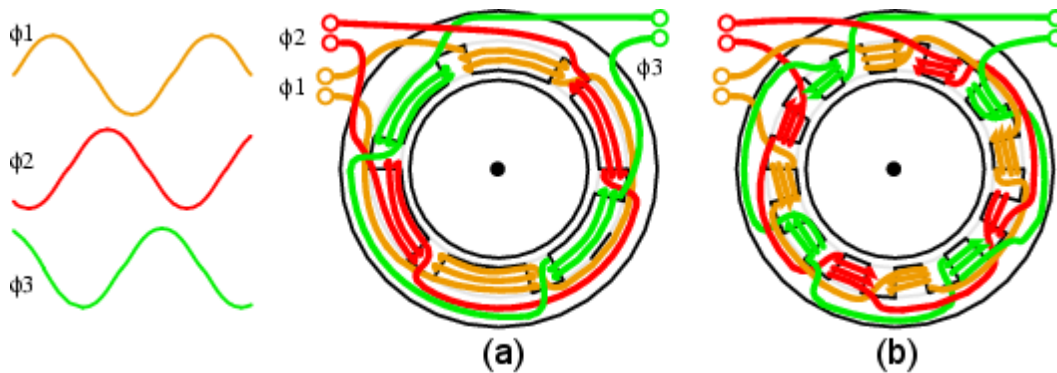


Figura 101. Dos configuraciones de polos y pares (64)

La velocidad síncrona puede ser calculada con la siguiente fórmula:

$$N_s = \frac{120f}{p}$$

En donde N_s es la velocidad síncrona en rpm, f es la frecuencia de la fuente de poder en Hz y p es el número total de polos por fase.

Cuando el motor es alimentado por primera vez, el rotor se encuentra en reposo, mientras que el campo magnético del estator comienza a girar a la velocidad síncrona (N_s). La corriente inducida en el rotor alcanza su máximo. A medida que el rotor incrementa su velocidad, la tasa en la que el flujo del estator atraviesa el rotor es la diferencia entre la velocidad síncrona N_s y la velocidad instantánea del rotor $N(N_s-N)$. La tasa del corte de flujo al rotor entre la velocidad síncrona es definida como deslizamiento (s):

$$s = \frac{N_s - N}{N_s}$$

La frecuencia de la corriente inducida por el rotor es equivalente a la línea de frecuencia (f) únicamente cuando el motor arranca, decreciendo a medida que el rotor se acerca a la velocidad síncrona. La frecuencia del rotor puede ser calculada por la siguiente ecuación:

$$f_r = s \cdot f$$

La Figura 102 muestra el torque y la velocidad contra el porcentaje del deslizamiento

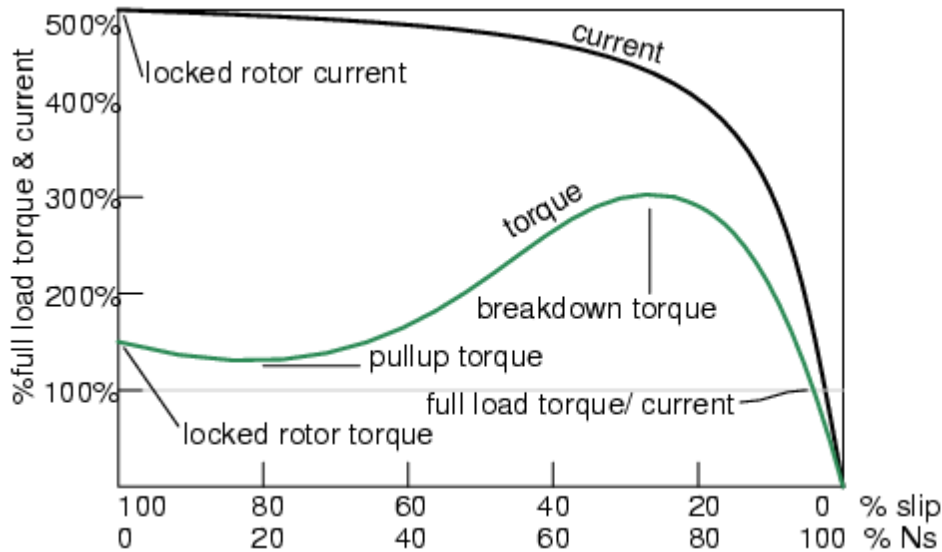


Figura 102. Torque y velocidad contra el porcentaje de deslizamiento

5.3.2 Dinámica del vehículo

Basándose en los requerimientos que son establecidas por el escenario y por el usuario final, se decidió impulsar el vehículo con cuatro motores asíncronos dentro de las ruedas. Esto cumple perfectamente con el carácter deportivo del auto, además esto fue necesario aún cuando es un auto diseñado para megaciudades en particular, con miras a conservar esta característica fundamental de la marca.

La distribución del peso se ve mejorada situando las partes más pesadas en lugares estratégicos para alcanzar un balance ideal en el auto. Es por esto que las baterías están situadas en la parte central del auto, teniendo así una ventaja más, esto es, el momento de inercia disminuye y determina un comportamiento ágil y una rápida retroalimentación de la dinámica de manejo. Mediante las cargas idénticas en las ruedas y el centro de gravedad situado en el centro del auto las fuerzas laterales deben ser compensadas, al tener las mismas cargas en cada una de las ruedas cada eje tiene el mismo potencial en cuanto a la carga lateral máxima. Consecuentemente el comportamiento del auto es predecible y puede ser controlado mediante barras anti-rolido.

Aunado a esto se pueden utilizar fuerzas longitudinales durante la aceleración para estabilizar el vehículo mediante la utilización de dichas fuerzas en aquellas ruedas que no han alcanzado el coeficiente máximo de fricción. Este sistema de asistencia en el manejo es llamado “vectorización del torque”. Los sistemas actuales (ESP) en los cuales se estabiliza el vehículo frenando en caso de ser necesario disipan energía en forma de calor. Si se logra estabilizar el vehículo mediante las fuerzas que provee el motor dentro de la rueda se puede estabilizar el vehículo sin la necesidad de tener una pérdida de energía.

Uno de los factores más importantes que afectan la dinámica de un vehículo es su relación peso-potencia. Por esta razón el peso total del vehículo fue limitado a 1000 [kg]. Si se asume una potencia de cada motor de 20 [kW] la aceleración idealizada se puede calcular de la siguiente manera:

$$P = \frac{\Delta E_{kin}}{\Delta t} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$t = \frac{m \cdot v^2}{2 \cdot P} = \frac{1000[kg] \cdot \left(27.78\left[\frac{m}{s}\right]\right)^2}{2 \cdot 80[kW]} = 4.82 [s]$$

Debido a la inercia rotacional de la rueda y de las partes del motor y de la eficiencia, es necesario acelerar durante un periodo mayor, de alrededor de 5.5 segundos para llegar de 0 a 100 [km/hr]. Una ventaja adicional del uso de motores dentro de las ruedas es el número reducido de partes rotativas debido a la ausencia de una caja de velocidades. Actualmente los autos con motores de combustión interna pierden alrededor de 40% de la potencia del motor en la 1era velocidad debido a la aceleración rotacional del motor y de la caja de velocidades.

5.3.3 Implementación virtual

La tecnología descrita anteriormente ofrece muchas ventajas, tanto técnicas como de diseño. Dado esto puede surgir la pregunta, ¿por qué esta tecnología no ha sido llevada a la producción en serie? La respuesta es que existen diversos retos tecnológicos a enfrentar antes de llevar la idea de Ferdinand Porsche al siguiente nivel y adaptarla para los requerimientos de los motores de la actualidad. Al trabajar con estos retos, es posible crear algo nuevo e innovador.

Dado el alcance del proyecto fue imposible abordar cada uno de los problemas que tiene un motor dentro de la rueda. Es por esto que se optó por hacer énfasis en la disipación de calor, el sellado del motor y la modularización. Algunos retos, como las masas no amortiguadas, fueron considerados pero no formaron parte de este análisis.

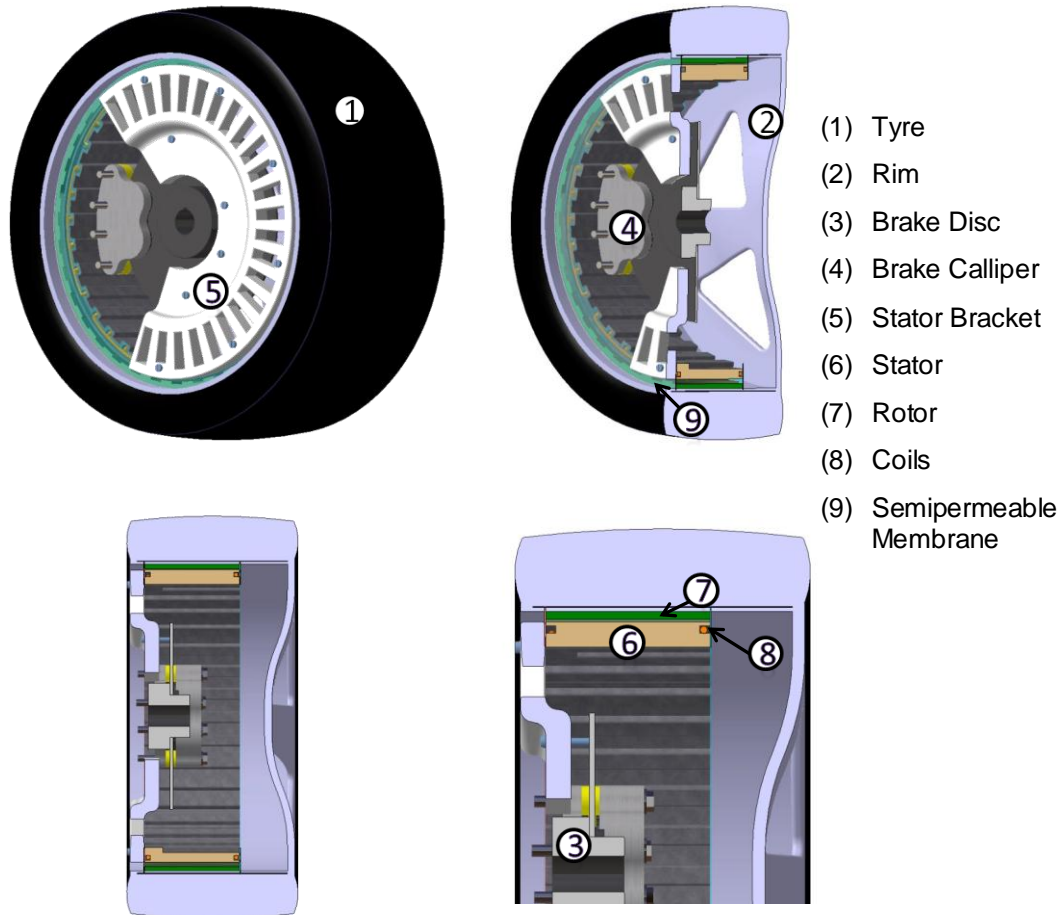


Figura 103. Vista de sección de los motores dentro de las ruedas

Dado que las máquinas asíncronas generaran una cantidad considerable de calor, la disipación fue el principal requerimiento que se tomó en cuenta para el diseño de los elementos dentro de la rueda. Los elementos básicos que constituyen el arreglo son el estator, el soporte del estator y el rotor. En esta configuración el rotor está integrado al rin, lo que significa una transferencia de 1:1 del giro del motor a la rueda. La parte opuesta al rotor, el estator, se encuentra fijado al soporte del estator. Si bien la mayoría de los desarrollos existentes de motores dentro de las ruedas presentan estructuras cerradas, en este concepto se puede observar una estructura abierta con la finalidad de favorecer el enfriamiento mediante el flujo de aire. El diseño exterior del auto permite la conducción del aire hacia ciertos módulos de vital importancia. Dentro de los motores se encuentran dos de estas áreas; el alambrado del estator y el espacio vacío entre el rotor y el estator. El alambrado puede estar en contacto directo con el aire por lo que el estator fue acondicionado para intentar llevar el aire lo más cerca del alambrado posible. El espacio vacío

entre el rotor y el estator se encuentra directamente en contacto con el flujo de aire. Sin embargo este espacio requiere ser protegido para evitar el contacto con polvo y humedad. Para solucionar este conflicto se optó por la utilización de una membrana semipermeable. Esta membrana tiene la capacidad de dejar pasar a través de ella ciertos fluidos y detener otros. En este caso la membrana detiene la humedad y el polvo, dejando pasar aire fresco. Los componentes del motor que requieren de esta protección son el embobinado, la superficie externa del estator y la superficie interna del rotor.

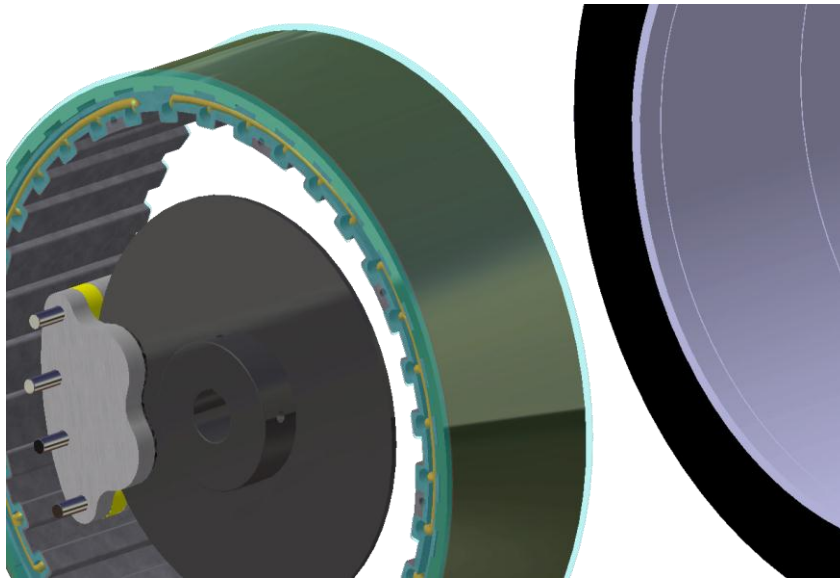


Figura 104. Membrana semi-permeable

Una de las ventajas que tiene este arreglo es la reducción de costos. Con la estructura abierta del motor dentro de la rueda no sólo se puede integrar el motor dentro de la rueda, además se pueden integrar los frenos (discos y calipers). Esta modularización representa una ventaja en el costo de desarrollo, producción y montaje de los motores. Al tener dichos elementos en el interior de la rueda se puede disponer del espacio que normalmente ocuparía el motor, por lo que el diseño es simplificado. Finalmente el módulo completo resulta escalable, es decir, al incrementar el tamaño de los componentes se verá incrementada la potencia de los motores. Esto genera una gran prospectiva para el usuario final, ya que al cambiar el tamaño de las ruedas puede también cambiar la potencia de los motores..

Como se pudo observar a lo largo de este capítulo, las bases para el funcionamiento de los motores dentro de las ruedas se basa en la idea de que todos los aspectos del diseño resultan estar relacionados entre ellos. Especialmente la interacción entre el cubre ruedas y el diseño del concepto en general desembocan en una idea realmente innovadora. Es importante resaltar que aún es necesario recorrer un largo camino antes de tener una producción en masa de los elementos del motor. Sin embargo Es tecnológicamente posible llevarlo a cabo.

6. Modelo físico

Para demostrar la funcionalidad de los principales elementos tecnológicos del concepto se construyeron modelos físicos. La premisa para la construcción de estos modelos fue desarrollar a detalle las ideas innovadoras claves del concepto. Para los motores dentro de las ruedas era absolutamente necesario que en el modelo se pudiera observar la disposición de elementos en tamaño real. Para los polímeros electroactivos y el diseño exterior se optó por tenerlos en un mismo arreglo. Con esto en mente se hizo un análisis del movimiento que tendría el cubre ruedas simulando un giro del vehículo, por lo que fue necesario contar con el diseño exterior del auto. Esto se consiguió montando un solo arreglo en un eje preexistente.

6.1 Diseño (modelo 1:8)

Para construir un modelo a escala 1:8, fue necesaria la creación del exterior en un modelo CAD para ser impreso en una máquina de prototipos rápidos. Se decidió por imprimir solamente la mitad del modelo y utilizar un espejo para reflejar esa mitad y completar la imagen.



Figura 105. Impresión de prototipos rápidos

Una vez que se obtuvo el modelo de la máquina de prototipos rápidos se comenzó la preparación del modelo para ser pintado. Para lograr una superficie homogénea y poder aplicar pintura sobre el modelo se utilizaron diversas lijas hasta lograr el acabado deseado. Una vez alcanzada esta etapa se pintó el modelo con una pintura base blanca y se lijó nuevamente.



Figura 106. Superficie lista y pintura base

Cuando se terminó de aplicar la pintura base se enmascaró el modelo; cubriendo todas las partes excepto los vidrios (parabrisas y laterales). Así se consiguió pintar los vidrios de negro brillante, y se procedió a la construcción de piezas extras como los faros y las luces traseras.

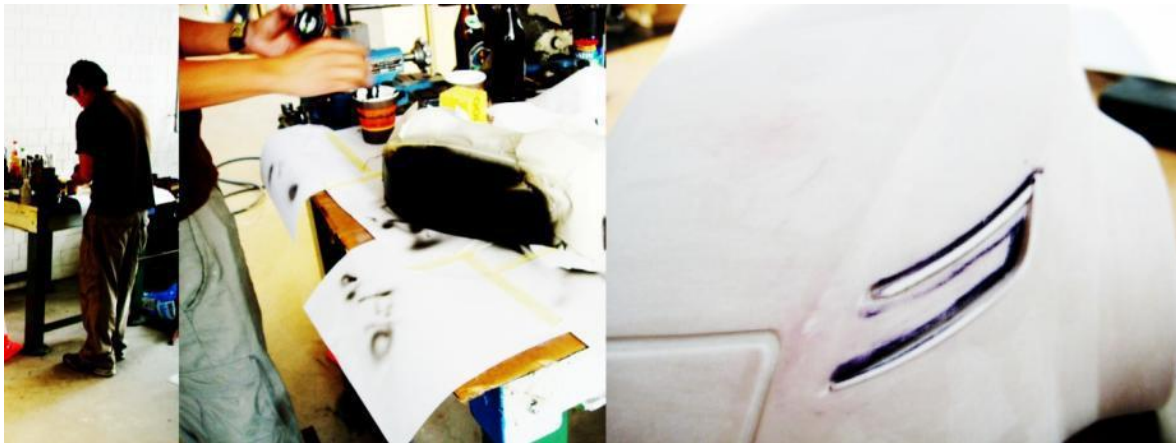


Figura 107. Detallando el modelo 1:8

Una vez que se pintaron los vidrios se siguió el mismo procedimiento para el resto de los componentes, así como el detallado final de las entradas y salidas de aire. Como producto final se obtuvo el modelo 1:8 montado sobre una base de madera con un espejo para crear la ilusión de tener el modelo completo y no sólo la mitad.



Figura 108. Modelo 1:8 terminado

6.2 Cubre ruedas

Con este modelo se buscó tener una visualización fiel a la realidad del movimiento completo del cubre ruedas en un giro del vehículo. Para esto se procedió a realizar un modelo escala 1:1 de un cuarto frontal del vehículo. El primer paso fue la construcción de una base de madera sobre la cual se obtuvieron los moldes para realizar el modelo en fibra de vidrio.



Figura 109. Estructura de madera para obtener los moldes

Una vez que la estructura se armó se procedió a rellenarla con espuma de poliuretano para obtener una estructura en la cual se pudiera trabajar con pasta automotriz a fin de dar la forma que se buscaba. Con la forma obtenida mediante el moldeo con pasta automotriz, se hicieron moldes positivos de fibra de vidrio, se lijaron hasta obtener estructuras lisas y parejas. Así se generaron las partes positivas en fibra de vidrio en cuatro piezas por separado para facilitar su transporte.



Figura 110. Molde listo para fibra de vidrio



Figura 111. Moldes de fibra de vidrio

Para montar las partes de fibra de vidrio se creó una estructura metálica unida al eje en el cuales fueron sujetadas. Para la sujeción de la fibra de vidrio a la estructura metálica se utilizaron tornillos y pegamento.



Figura 112. Fijación de las partes de fibra a la estructura metálica

La dimensión del cubre ruedas fue determinada una vez que se estableció el tamaño de la rueda que iba a ser utilizada. Una distancia de 4 [cm] entre la salpicadera y el cubre ruedas fue respetada para colocar los elementos de simulación de los polímeros electroactivos.

Como se mencionó con anterioridad los polímeros electroactivos se encuentran aún en un desarrollo temprano, por lo que para este modelo no fue posible utilizarlos. Para simular los polímeros se colocó una banda elástica que fue fijada en un extremo al cubre ruedas y en el otro extremo a la salpicadera.

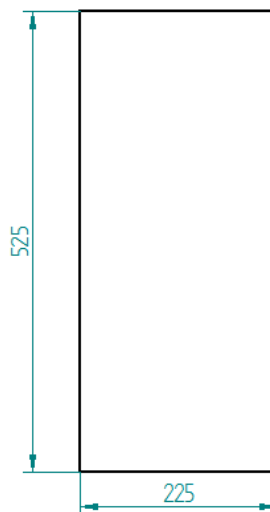


Figura 113. Banda elástica (verde) simulando los polímeros electroactivos

El propósito de este modelo fue mostrar cómo se moverían los polímeros electroactivos al girar en el vehículo, por lo que el cubre ruedas se hizo de tal manera que pudiera girar. Para realizar este movimiento se hicieron los cálculos necesarios para seleccionar los actuadores adecuados.

El problema que se presenta al girar el vehículo teniendo la rueda cubierta es que una vez girada la rueda esta sobresale de la carrocería lo que provocaría un roce entre ésta y el cubre ruedas, es por esto que fue necesario calcular la distancia mínima que debía moverse el cubre ruedas para evitar este roce.

La llanta que fue seleccionada para este cálculo tiene las siguientes medidas: R17 225/50 94W. El siguiente diagrama muestra una vista superior de la llanta. (Las unidades son en mm).



El cubre ruedas únicamente tiene movimiento positivo, esto es que el movimiento del cubre ruedas únicamente puede ser alejándose de la salpicadera. Se determinó que el ángulo máximo de rotación de la rueda sería de 12[°].

Para conocer las coordenadas máximas en las que se podía encontrar la rueda y poder simular el movimiento del cubre ruedas se construyó una matriz de rotación como se muestra a continuación:

Estableciendo el origen del sistema de coordenadas en el centro de la rueda se tienen como coordenadas máximas (con la llanta sin ser girada) 11.25[cm], 26.25[cm]:

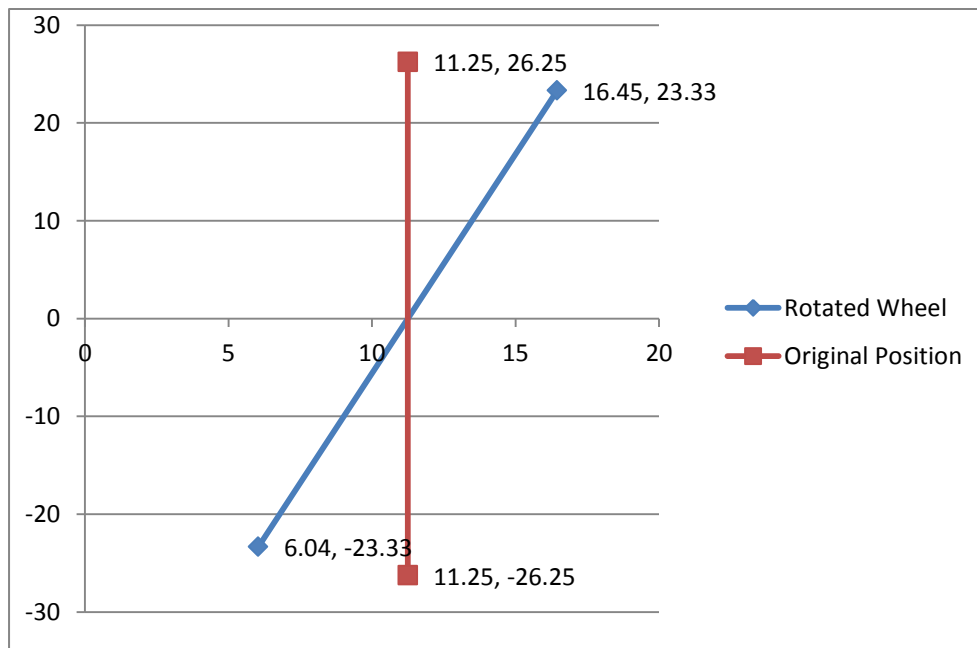
$$\begin{bmatrix} \cos 12 & \sin 12 \\ -\sin 12 & \cos 12 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 11.25 \\ 26.25 \end{bmatrix}$$

Al resolver la ecuación se encuentran la coordenada

$$\begin{bmatrix} 11.25 \cos 12 + 26.25 \sin 12 \\ -11.25 \sin 12 + 26.25 \cos 12 \end{bmatrix}$$

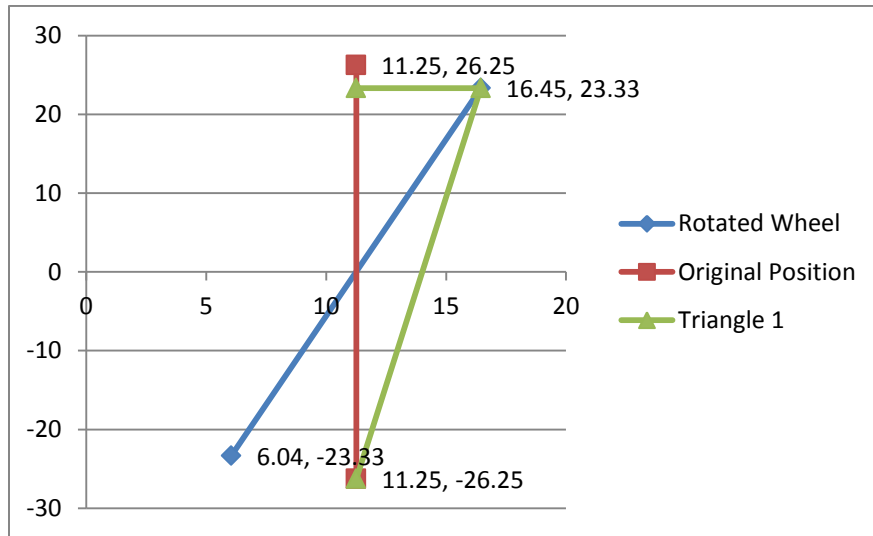
$$\begin{bmatrix} 16.46 \\ 23.33 \end{bmatrix}$$

Estas coordenadas corresponden a la esquina de la rueda una vez que ha girado 12[°]; en el eje “x” se encuentra en 11.25 y en el eje “y” en 26.25. El movimiento de la rueda queda representado en la siguiente figura:



Ya que el cubre ruedas es una pieza rígida, el punto (16.45,23.33) no es precisamente el punto en el que se encontrará el cubre ruedas, para obtener ese punto se debe dibujar una línea

imaginaria con ecuación $y=26.25$. Para obtener dicho punto se deben construir los siguientes triángulos.



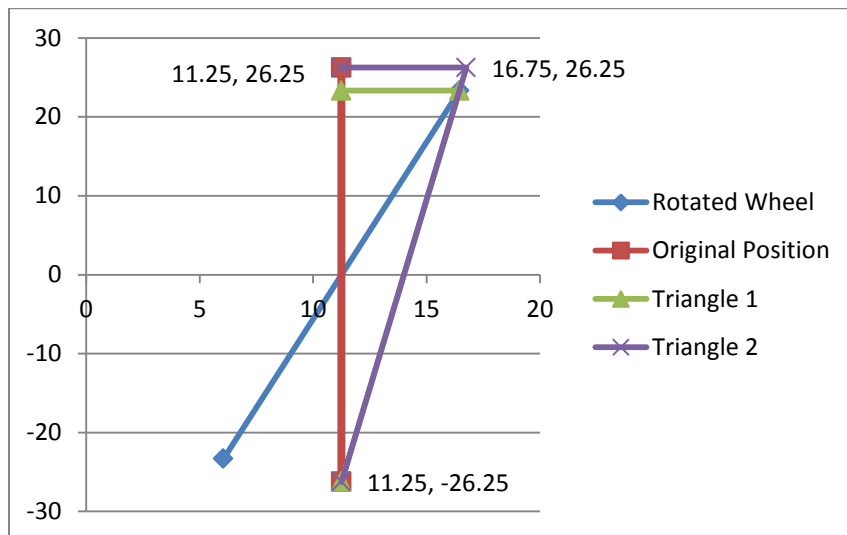
En la figura anterior el ángulo (diferente a 90°) formado entre las líneas roja y verde será llamado θ . Y su valor está dado por la siguiente fórmula:

$$\tan\theta = \frac{16.45 - 11.25}{26.25 + 23.33} = \frac{5.2}{49.58}$$

$$\tan^{-1} \frac{5.2}{49.58} = 5.98[^\circ]$$

$$\theta = 5.98[^\circ]$$

Este ángulo (θ) será el mismo para el triángulo 2, y esto establecerá cuánto se moverá el cubre ruedas.



Como se mencionó anteriormente los triángulos 1 y 2 tienen el mismo ángulo (θ), la variable restante en el triángulo 2 es la distancia entre la posición y original y el extremo superior derecho del triángulo 2. La fórmula utilizada para calcular esta distancia es la siguiente:

$$\tan 5.98 = \frac{x}{2(26.25)}$$

$$x = (\tan 5.98)(52.5) = 5.5 \text{ [cm]}$$

El valor de “x” es la distancia que el cubre ruedas puede tener a partir de la posición original hasta la posición cuando la rueda se encuentra totalmente girada.

Todos los valores que fueron encontrados con anterioridad hicieron posible la selección del actuador necesario para la construcción del prototipo funcional. Además se estimó el peso del cubre ruedas alrededor de 8 [kg]. Asimismo se determinó que la distancia necesaria, para tener un buen acercamiento en este prototipo funcional, es de 5 [cm] ya que el diseño muestra que la rueda no está en contacto con el cubre ruedas y se considera un espacio libre para propósitos de aerodinámica y enfriamiento entre otros.

Con la carga calculada (8 [kg]) y el desplazamiento establecido 5 [cm] y después de estudiar las diferentes posibilidades (ventajas y desventajas) se optó por un actuador neumático.

El actuador neumático de la empresa Festo (ESN-25-50 P) es un actuador cilíndrico de simple efecto. Este actuador funciona con aire comprimido y generalmente se utiliza acoplado a una válvula de 3 vías y 2 posiciones. Para lograr una simulación más realista de este modelo se colocó un volante a un lado del cubre ruedas y los actuadores fueron controlados por medio de una electroválvula.

Se colocaron dos actuadores en el cubre ruedas, en la posición que se muestra en la siguiente figura. A su vez cada actuador tenía acoplada en la cabeza del pistón una junta rotativa, y uno de los actuadores contaba con un eje rotativo en la placa de fijación del mismo, todo esto con el fin de tener suficientes grados de libertad para asegurar un comportamiento cinemático óptimo.

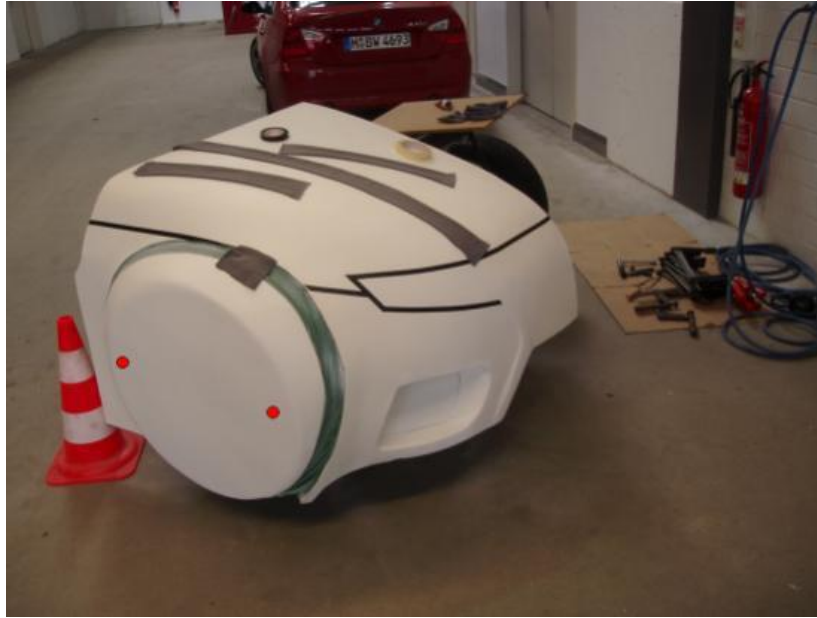


Figura 114. Círculos rojos indicando la posición de los actuadores neumáticos

La activación de cada electroválvula requiere de una señal de 24 [V] de corriente directa. La primera opción para la construcción del prototipo funcional consistió en utilizar dos válvulas de 3 vías y 2 posiciones (Válvula 3/2), haciendo pareja con cada pistón, para esto fue necesario un control electrónico para el accionamiento de dichas válvulas mediante el volante.

Por otra parte el volante contenía un potenciómetro acoplado en su eje de giro, lo que permitía que al girar el volante el valor de la resistencia cambiara junto con el voltaje asociado a dicho potenciómetro, por lo que dicho potenciómetro funcionó como un sensor alimentando la unidad de control que activaba a su respectiva electroválvula.

La unidad de control, o circuito electrónico, está formado por dos amplificadores operacionales en su configuración de comparadores, dos potenciómetros que funcionan como referencia y calibración para los comparadores y dos relevadores encargados de accionar a su respectiva electroválvula (giro a la derecha o la izquierda). Los relevadores funcionan como elementos de potencia. El circuito electrónico es alimentado por una fuente de 5 [V] de corriente directa y los relevadores cuentan con una conexión a una fuente de 24 [V] de corriente directa. A continuación se muestra el diagrama electrónico y una imagen del ensamble final del circuito.

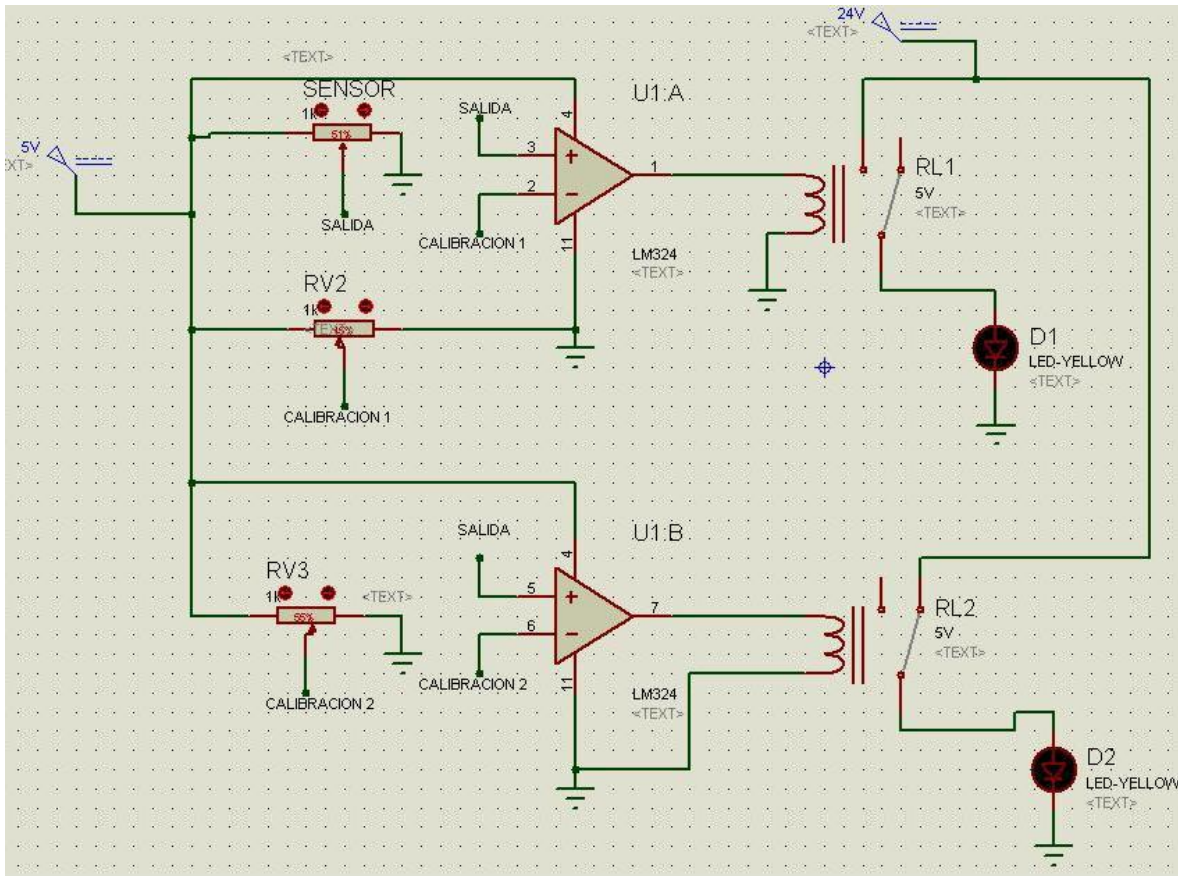


Figura 115. Diagrama electrónico

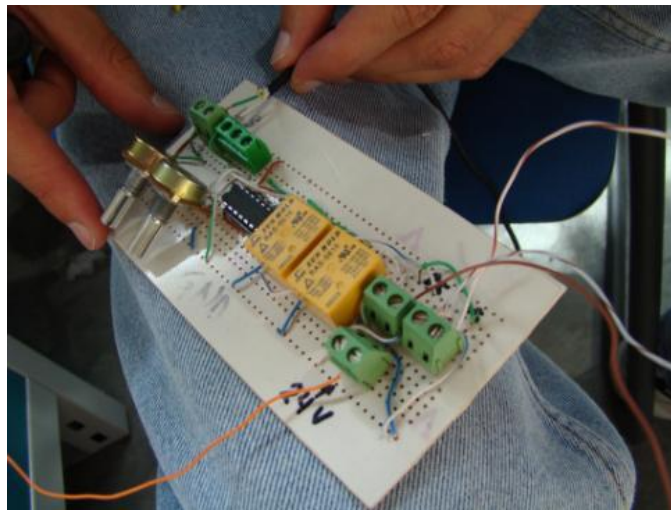


Figura 116. Circuito electrónico

El circuito de control tiene dos salidas diferentes, cada una de ellas es activada si se tiene una de las dos condiciones, giro hacia la derecha o giro hacia la izquierda. Una vez que la señal sale del circuito de control activa una de las válvulas, permitiendo el flujo de aire y provocando el accionamiento del pistón.

Una vez que se ensambló el circuito electrónico con todos sus componentes junto con la parte neumática se acopló con los pistones. Al hacer pruebas, el accionar de los pistones resultaba brusco. Al ser un control de tipo ON/OFF no se tenía precisión en el grado de giro. Buscando generar un modelo más real y con movimiento más suave se optó por la utilización de una electroválvula de 5 vías y 3 posiciones con control electrónico de flujo. El control de flujo es una variable dependiente de un voltaje variable entre 0 y 10 [V] de corriente directa. El comportamiento del flujo de la válvula queda representado en la siguiente gráfica.

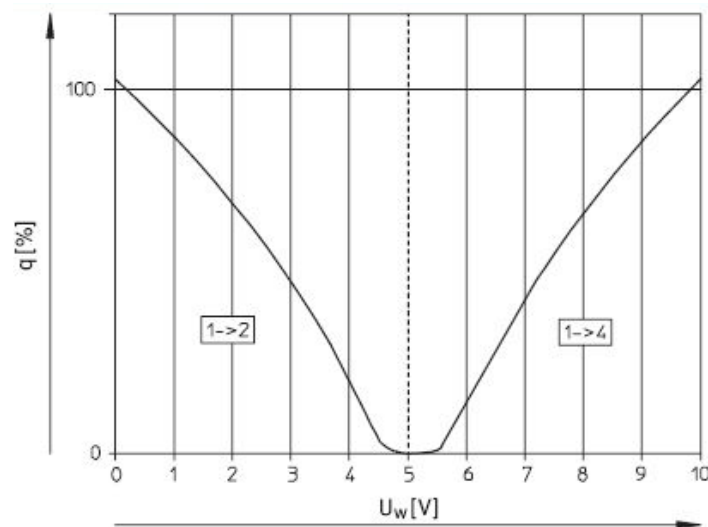


Figura 117. Gráfica de flujo-voltaje de la válvula 5/3

Al utilizar esta válvula solamente se debe colocar un potenciómetro, conectado a una fuente de voltaje de más de 10 [V] de corriente directa, antes del potenciómetro situado en el eje de giro del volante para asegurar que en su posición de reposo (centro) el voltaje de salida en el potenciómetro del volante sea de 5 [V]. Como se puede observar en la gráfica anterior cuando el voltaje es igual a 5 [V] no hay flujo de aire, cuando el voltaje es menor a 5 [V] el flujo de aire correrá de la entrada 1 hacia la salida 2, y cuando es mayor a 5 [V] el flujo de aire correrá de la entrada 1 a la salida 4. De esta manera un pistón obtiene aire comprimido de la salida 2 y el otro lo obtiene de la salida 4. Una vez montado este arreglo se pudo observar que el movimiento era mucho más suave y preciso.

La presentación final del modelo del cubre ruedas se muestra en la siguiente figura; la banda elástica fue cubierta por un material textil flexible para proveer un acabado más agradable. Un volante de la marca se fijó a una base de madera. Todas las conexiones neumáticas y electrónicas fueron escondidas detrás del cubre ruedas.



Figura 118. Prototipo final del cubre ruedas

6.3 Motor dentro de la rueda

Debido a que varias piezas para el motor dentro de la rueda se pensaban hacer por medio del relleno de moldes, existen muchos detalles que fueron cambiados en el modelo virtual para hacerlos más compatibles con estas piezas. El soporte del estator originalmente tiene una zanja misma que se suprimió debido a la imposibilidad de generarla con las herramientas disponibles. Consecuentemente el ancho del vehículo se incrementó ya que la rueda se movió 20 [mm] hacia afuera.

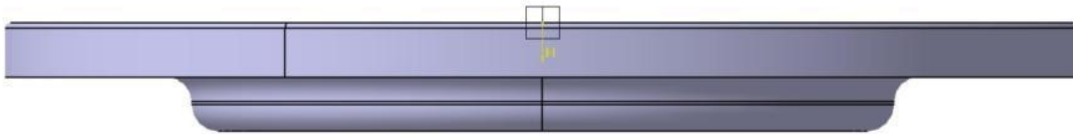


Figura 119. Vista lateral del soporte del estator

Se hicieron cambios considerables al estator. Las ranuras de ventilación no pudieron realizarse con las herramientas disponibles. Era necesaria una herramienta especial para llegar al diámetro interno y cortar el material. Adicionalmente se realizó el cambio de material y se seleccionó policloruro de vinilo (PVC). El estator fue manufacturado en tres piezas que posteriormente fueron unidas y moldeadas para obtener el modelo deseado.

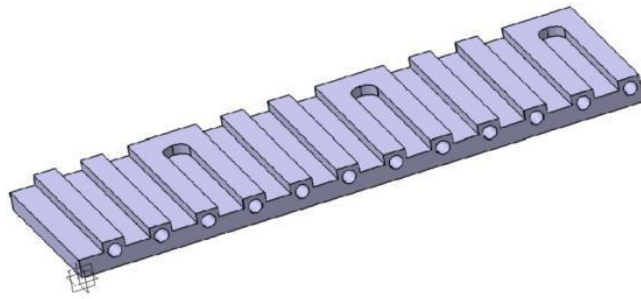


Figura 120. Parte del estator

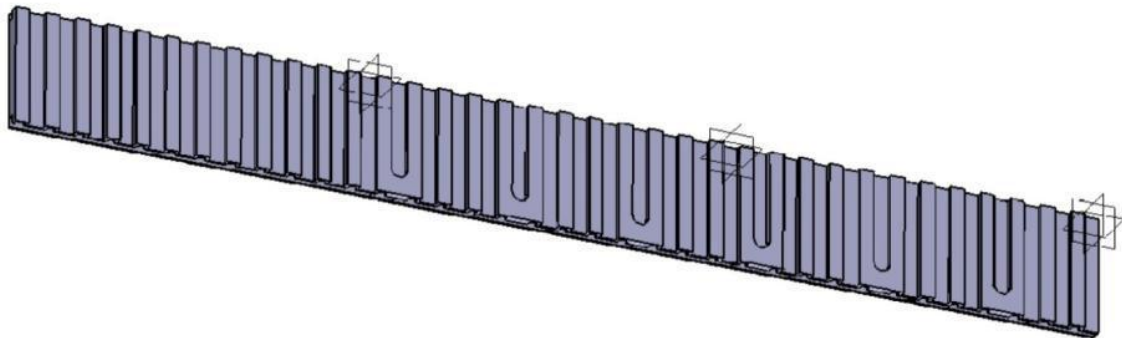


Figura 121. Ensamble de las tres partes

El modelo estaba montado sobre un eje de un auto modelo 2004 por lo que fue necesario crear algunas piezas para poder montarlo en la “pierna” del eje y en la masa de la llanta. Fue necesario montar el rin 90 [mm] hacia afuera de su posición original, es por esto que se colocó un tubo con placas y cada placa contenía agujeros para colocar los birlos. Con esto se mantiene un diseño simple ya que el disco del freno y la masa conservan su posición original.

Otros elementos que tuvieron que ser manufacturados fueron los alambres de cobre para representar los embobinados. En el concepto los devanados de conductor están dispuestos en tres fases de manera paralela rodeando al estator. En el modelo físico los agujeros para los alambres no son continuos alrededor del estator. Para estabilizar estos alambres, sobre todo los que quedaban a la vista, se creó un “devanado” de varios cables para lograr el calibre deseado.

Las placas magnéticas del rotor fueron simuladas con una placa de acero moldeada cada 40 [mm] para poder construir un círculo con el diámetro específico del rotor. Para manufacturarlo el rotor fue cortado en dos piezas y soldado antes de realizar el proceso de moldeo. Debido a la necesidad de comprar un rin pre-fabricado (sin ser diseñado por el equipo conforme a las necesidades y requerimientos) el espacio libre entre el rotor y el rin se cerró y el rotor quedó

acoplado al rin. Para cumplir ambos requerimientos en un solo evento se utilizó espuma de poliuretano.



Figura 122. Ensamble del rotor y del rin

Con todas las partes previamente manufacturadas, el motor dentro de la rueda quedó listo para ser montado en el eje. Algunas partes de la suspensión como la junta homocinética no estaban presentes por lo que algunos ajustes fueron necesarios para fijar la rueda en la posición deseada.

Primero se fijó el soporte del estator a la pierna de la suspensión. Después de esto el disco del freno y el adaptador para el rin fueron montados. El caliper del freno necesitó de algunos tornillos diferentes ya que el disco había sido movido, esto se consiguió con tornillos más largos que dio un ajuste extra a la distancia para evitar la fricción.



Figura 123. Estator y freno montado en el eje

Una vez que el freno y el caliper se montaron, el estator se colocó con su respectivo soporte. Se colocaron los cables representativos del devanado y la llanta en el estator. Finalmente se colocó la membrana semi-permeable al estator para finalizar esta parte del prototipo.

7. Conclusiones

Con el pasar del tiempo la población mundial se ha ido concentrado en zonas urbanas buscando una mejor calidad de vida. Sin embargo, el crecimiento desproporcionado de la mancha urbana ha introducido el concepto de *megaciudad* junto con sus problemas y características. Si bien cada *megaciudad* es diferente los problemas de movilidad son una constante en cada una de ellas. Aunado a esto se deben sumar los problemas ecológicos que traen consigo las grandes ciudades y la búsqueda por parte de las autoridades y las grandes empresas por lograr un desarrollo sustentable.

En el campo ecológico los autos se han convertido en una de las principales fuentes de contaminación atmosférica. Diversas medidas se han tomado en los últimos años, por ejemplo, el programa "Hoy no circula" en la Ciudad de México que ha logrado disminuir la emisión de gases contaminantes y por consiguiente una mejor calidad del aire. Sin embargo, los índices de contaminación ambiental (a nivel mundial) siguen siendo muy elevados.

Es en este contexto en el que las grandes empresas buscarán, como lo han venido haciendo a lo largo de las últimas décadas, enfocar sus avances tecnológicos en mitigar estos problemas para poder brindar un beneficio adicional a sus usuarios y al medio ambiente. La industria automotriz no ha sido la excepción y aunque en apariencia no ha presentado grandes cambios en los últimos años, en el fondo ha estado en constante evolución en paralelo con las demandas de las *megaciudades*.

Dentro de este progreso la industria automotriz se ha ido ajustando a las necesidades de las grandes poblaciones, y es por esto que en el futuro cercano se retomará y perfeccionará la tracción eléctrica. Uno de los grandes atractivos del uso de la tracción eléctrica en la industria automotriz es el eje de cambio positivo que puede traer consigo, mejorando la calidad de vida de los usuarios en varios aspectos (salud, economía, etc.).

Es así como se desarrolló el concepto del presente trabajo. Uno de los grandes retos en este desarrollo fue la extrapolación de las tecnologías a futuro y del usuario mismo. Por ejemplo, el tamaño que tendrán las baterías en 10 años no es fácilmente predecible ya que se han visto gran cantidad de cambios con el pasar del tiempo. Un ejemplo claro de esto son las baterías de los teléfonos celulares que en los últimos 25 años han superado todas las expectativas, en cuanto a tamaño y capacidad, generando como consecuencia importantes cambios en el diseño de los teléfonos.



Figura 124. Evolución en diseño y tamaño de teléfonos celulares 1984 – 2007 (72)

Como parte del ejercicio de diseño, se realizó una proyección a futuro con base en la situación actual de las *megaciudades*. Bajo la dinámica de lluvia de ideas se logró una aproximación cercana a la situación que se vivirá en la década del 2020 al 2030. Esto tuvo como resultado la construcción un marco conceptual sobre el cual se comenzó el desarrollo del auto electroactivo.

El desarrollo de este auto concepto se limitó al diseño exterior y a establecer las soluciones técnicas que ya fueron presentadas en el Capítulo 5. Con base en la metodología de los proyectos GlobalDrive y con el objetivo de la construcción de un auto concepto con tracción eléctrica para las *megaciudades* de la década del 2020 al 2030 el equipo decidió presentar esas soluciones en particular. Uno de los principales retos en el desarrollo del auto electroactivo fue conservar la visión de la empresa patrocinadora y lograr un concepto que se apegara a los estándares de calidad que manejan.

Como parte de los resultados obtenidos tras 8 meses de trabajo (octubre de 2008 a mayo de 2009) se realizó una presentación de los resultados obtenidos a los ejecutivos y desarrolladores de la marca Audi AG. Cada uno de los equipos presentó de manera general las ideas desarrolladas a lo largo del proyecto, así como los modelos físicos que fueron preparados para mostrar las principales soluciones técnicas. Los ejecutivos y desarrolladores que asistieron a dicha presentación se mostraron muy interesados en las diversas soluciones que fueron presentadas y destacaron el esfuerzo que representó para un grupo de estudiantes llegar a un desarrollo de ese nivel con las restricciones temporales de este proyecto.



Figura 125. Presentación a ejecutivos y desarrolladores de Audi AG

La presentación ante los ejecutivos y desarrolladores de la marca se realizó en mayo de 2009 en las instalaciones de la TUM en Múnich, Alemania así como una presentación extra a los alumnos de maestría en el INITUM (*Ingolstadt Institute der TU München*) instituto en el que colabora la TUM con el grupo Audi AG. Posteriormente en septiembre de 2009 se presentó en el "Auto Show de Frankfurt" el concepto de auto eléctrico "Audi e-tron". Al realizar una comparación entre ambos conceptos (electroactivo y e-tron) las similitudes entre ambos son claramente visibles, no solo en cuestiones de diseño sino en la propia filosofía del vehículo.



Figura 126. Características de los conceptos electroactivo (izquierda) y "e-tron" (73)

Al analizar ambos conceptos se pueden observar algunas similitudes que son asombrosas, los dos autos están pensados en un concepto de auto deportivo, de dos plazas con cuatro motores eléctricos. Detalles adicionales como la disposición y diseño de las luces delanteras, la conservación de la parrilla frontal, la sustitución de espejos laterales por cámaras de video e inclusive el interior revelan una relación del auto electroactivo con la marca. No es posible asegurar que haya existido una influencia directa del concepto electroactivo al "e-tron", sin embargo, es claramente una línea que no dista mucho del desarrollo que la empresa quiere hacer.

Posteriormente en marzo de 2010 Audi AG lanzó un nuevo concepto de auto híbrido, el "A1 e-tron" es un auto eléctrico con un pequeño motor Wankel (rotativo) de combustión interna para recargar las baterías en situaciones extraordinarias. La empresa alemana lanzó este auto como su prototipo EMV (vehículo eléctrico para megaciudades). En dicho auto se pueden encontrar otro tipo de características semejantes al auto electroactivo, por ejemplo, la línea continua alrededor del auto, la incorporación de pantallas en el interior para entretenimiento o información o detalles tan minuciosos como conservar la palanca de velocidades como elemento de diseño. Estas similitudes no son directamente atribuibles al desarrollo del auto *electroactivo*, sin embargo, marcan la pauta para pensar que el "A1 e-tron" puede ser el predecesor del auto electroactivo.



Figura 127. Diseño exterior e interior del "A1 e-tron" (74)

Las similitudes presentadas entre los recientes lanzamientos de Audi AG con el auto electroactivo revelan la cercanía de este último con la proyección de la empresa alemana hacia el futuro. Existen algunas diferencias entre ambos desarrollos como la presencia del motor rotativo como medio de recarga de emergencia en el "A1 e-tron", sin embargo los avances tecnológicos pueden reducir dichas diferencias en los próximos 10 años.

Debido a las comparaciones y consideraciones mencionadas se puede concluir que el auto electroactivo podría cumplir los objetivos para los cuales fue diseñado, es decir, convertirse en el auto con tracción eléctrica para megaciudades de la marca alemana Audi AG en la década del 2020 al 2030 y continuar con el legado del lema de Audi "Liderazgo por Tecnología".



Figura 128. Audi "Vorsprung durch Technik" (Liderazgo por Tecnología) (76)

El proyecto realizado deja en los que participaron en él una experiencia invaluable de trabajo multidisciplinario y bicultural. Es una demostración a pequeña escala de la forma en que se genera la innovación hoy en día en un mundo globalizado. Para los estudiantes fue una forma de experimentar el trabajo profesional con todo lo que esto conlleva. En todas las decisiones que se tomaron se tuvo que hacer un balance entre lo solicitado por la empresa, los objetivos de los maestros y los otros integrantes del equipo así como las limitaciones de tiempo y económicas. Aprender a desempeñarse bajo la presión de fechas límite de entrega, conjugar y conciliar ideas muy distintas de muchas personas, concretar metas con los recursos disponibles entre otras cosas, ejercitó habilidades indispensables en el mundo laboral cada vez más competitivo.

Los resultados del proyecto no se limitan únicamente a lo académico. También se crearon lazos de amistad entre alumnos y profesores y se establecieron las bases para que nuevas generaciones de TUM y la UNAM pudieran aprovechar este tipo de proyectos.

Bibliografía

1. Sagan, Carl. *Billions and Billions: Thoughts of Life and Death at the Brink of the Millenium*. España, SineQaNon, 1998.
2. Carreola López, Luis Alberto. *El Hidrógeno como energético alternativo para México ante la crisis actual de combustibles fósiles*. México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2005.
3. Far Easter Economic Review. Consulta en línea el 4/1/2009. <http://www.feer.com/home>.
4. The New Republic. Consulta en línea el 10/1/2009. <http://blogs.tnr.com/tnr/blogs/environmentandenergy/megacities.jpg>.
5. Technology for Economic Growth: President's Progress Report. Consulta en línea el 2/1/2009. <http://www.ibiblio.org/darlene/tech/report9.html>.
6. Statens vegvesen. Consulta en línea el 3/1/2009. <http://www.vegvesen.no/en/Professional/Technology/Intelligent+transport+systems+ITS>.
7. Partida, V. *Escenarios Demográficos de la Ciudad de México. Transporte y abasto alimentario en las ciudades latinoamericanas*. Eds. L. Chías y M. Pavón p. 17-28. Instituto de Geografía, UNAM, 1996.
8. Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica. Consulta en línea el 26/12/2008. <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/conteos/conteo2005/sintesis.pps>.
9. El Mexicano. Consulta en línea el 3/1/2009. <http://www.oem.com.mx/elmexicano/notas/n293881.htm>.
10. Metropoli. Consulta en línea el 28/12/2008. <http://www.metropoli.org.mx/modules.php?name=News&file=article&sid=3022>.
11. Siemens. Consulta en línea el 30/12/2008. http://www.industry.siemens.de/traffic/EN/NEWS/ITSMAGAZINE/HTML/0802/pdf/04-11_its_2-08_Fokus_engl.pdf.
12. ITS International. Consulta en línea el 5/1/2009. http://www.fh-frankfurt.de/de/.media/fb1/Studiengaenge/Urban_Agglomerations/research/its_focus_411_final1.pdf.
13. Nissan. Consulta en línea el 2/1/2009. http://www.nissan-global.com/EN/NEWS/2008/_STORY/081023-01-e.html.
14. History and Directory of Electric Cars from 1837 – 1987. Consulta en línea el 4/1/2009. http://www.didik.com/ev_hist.htm.
15. Gloor Engineering. Consulta en línea el 4/1/2009. <http://www.energie.ch/at/asm/beispiel/eff.htm>.
16. Stan, Cornel. *Alternative Elektrische Antriebe*. Ed. Springer Verlag, Berlin, 2005.
17. ATZelektronik Issue: 2008-5, Consulta en línea el 3/1/2009. <http://www.atzelektronik-worldwide.com/index.php?issueid=475&smart42SID=4m5b7tga5smg4riqrntaeag5b5>
18. Technology Review. Consulta en línea el 2/11/2008. <http://www.technologyreview.com/business/18086>.

19. PC Welt. Consulta en línea el 30/10/2008. <http://www.pcwelt.de/141297>.
20. Wikipedia. Consulta en línea el 6/1/2009. http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_density.
21. Continental. Consulta en línea el 6/1/2009. <http://www.conti-online.com>;
<http://www.vdo.com>.
22. Technology Review. Consulta en línea el 23/10/2008.
<http://www.heise.de/tr/artikel/108354>.
23. Audi AG. Consulta en línea el 3/1/2009.
http://www.audi.com/audi/com/en2/audi_brand.html.
24. Spiegel. Consulta en línea el 28/12/2008.
<http://www.spiegel.de/auto/werkstatt/0,1518,grossbild-487259-363113,00.html>.
25. Hyeline. Consulta en línea el 5/1/2009.
http://www.hyeline.com/graphics/Products/defi/hud_diag.jpg.
26. Micro muscle. Consulta en línea el 28/12/2008.
<http://www.micromuscle.com/technology/micromuscle/>.
27. Bosch. Consulta en línea el 10/1/2009. http://rb-k.bosch.de/pool/de/acc_titel1.jpg.
28. British Library Learning. Consulta en línea el 29/12/2008.
<http://www.bl.uk/learning/images/medieval/patterns/large4390.html>.
29. Gadget. Consulta en línea el 10/1/2009. <http://gadget7.com/wp-content/uploads/2007/07/oled.jpg>.
30. Technovation News. Consulta en línea el 4/1/2009. <http://www.firyarn.com/wp-content/uploads/2008/06/michelin3.jpg>.
31. Ciudad de México. Consulta en línea el 2/12/2008.
<http://www.fimevic.df.gob.mx/problemas/1diagnostico.htm>.
32. Suat Akyol, Ulrich Canzler, Klaus Bengler, Wolfgang Hahn. *Workshop on Machine Vision Applications*. University of Tokyo, Tokyo, 2000.
33. IntoMobile. Consulta en línea el 10/1/2009. <http://www.intomobile.com/wp-content/uploads/2008/04/samsung-patent-application-hand-gesture-controls.jpg>.
34. Transrapid International. Consulta en línea el 5/12/2008. <https://www.transrapid.de>.
35. Nintendo Nonstop. Consulta en línea el 8/1/2009. http://www.nintendononstop.com/wp-content/uploads/2008/03/emotiv_mind_control.jpg.
36. Car Mod Shop. Consulta en línea el 8/1/2009. <http://www.car-mod-shop.co.uk/images/fullinteriorkitlrg.jpg>.
37. IO2 Technology. Consulta en línea el 4/1/2009. <http://www.io2technology.com/index.htm>
38. GadgetVenue. Consulta en línea el 3/1/2009. <http://www.gadgetvenue.com/wp-content/uploads/2007/04/heliodisplay.jpg>
39. One Voice Technologies. Consulta en línea el 7/1/2009.
<http://www.sayittoplayit.com/streetdeck.html>
40. CarBodyDesign. Consulta en línea el 4/3/2009.
<http://www.carbodydesign.com/gallery/2007/11/07-audi-a4-design/5/>
41. Foro Coches. Consulta en línea el 25/2/2009.
<http://www.forocoches.com/foro/showthread.php?t=1177413>.
42. Tuning. Consulta en línea el 5/3/2009. <http://www.tuning.com.mx/index.php?mes=6>

43. Cartype. Consulta en línea el 5/3/2009. <http://www.cartype.com/pages/1771/wanderer>
44. Consulta en línea el 8/3/2009. <http://www.egmcartech.com/2008/10/02/live-from-paris-2008-audi-a1-sportback-concept-gets-62-miles-of-zero-emissions/>
45. Cnet. Consulta en línea el 7/3/2009. <http://www.cnet.com.au/tag/audi-car-r8.htm>
46. Cnet. Consulta en línea el 7/3/2009. <http://www.cnet.com.au/tag/audi-car-r8.htm>
47. Ausmotive. Consulta en línea el 12/3/2009. <http://www.ausmotive.com/2009/01/07/audi-a1-sportback-image-gallery.html>
48. Terra. Consulta en línea el 13/3/2009.
<http://motor.terra.es/motor/articulo/html/mot21873.htm>
49. UKCar. Consulta en línea el 15/3/2009. <http://www.ukcar.com/history/audi/index.html>
50. Consulta en línea el 13/3/2009. http://www.emk.tu-darmstadt.de/institut/fachgebiete/m_ems/forschung/dielektrische_polymeraktoren/taktile_displays
51. Consulta en línea el 15/3/2009. <http://www.planareembedded.com/electroluminescent-display/transparent-display/>
52. GDF. Consulta en línea el 2/6/2009.
<http://www.fimevic.df.gob.mx/problemas/1diagnostico.htm>
53. Grabner, Jörg und Nothaft, Richard. *Konstruieren von PKW-Karosserien*. s.l. : Springer, 2002
54. *ETH Zürich Diss*. ETH No. 17221
55. Consulta en línea el 18/3/2009. www.empa.ch
56. *Laboratory for Materials and Engineering Switzerland*
57. Polypower. Consulta en línea el 3/6/2009. <http://www.polypower.com/>
58. Polypower. Consulta en línea el 5/6/2009.
<http://www.polypower.com/Applications/Industries.aspx>
59. EMK. Consulta en línea el 6/6/2009. <http://www.emk.tu-darmstadt.de/?id=100>
60. Consulta en línea el 3/6/2009. <http://www.leftlanenews.com/electroactive-polymer-tire-can-changesize->
61. Michelin. Consulta en línea el 3/6/2009. www.michelin.com
62. VDO. Consulta en línea el 4/6/2009. www.vdo.com
63. Clayton Engineering. Consulta en línea el 20/3/2009.
<http://www.claytonengineering.com/Training/myweb6/Module04/Output/HowDoesTransformerWork.html>
64. Consulta en línea el 23/3/2009.
http://openbookproject.net/electricCircuits/AC/AC_13.html
65. Stanford University. Consulta en línea el 23/3/2009.
<http://www.stanford.edu/~hydrobay/lookat/pmg.html>
66. CarBodyDesign. Consulta en línea el 3/3/2009.
<http://www.carbodydesign.com/gallery/2007/11/07-audi-a4-design/5/>
67. Consulta en línea el 13/3/2009. <http://www.oneighturbo.com/2008/01/30/best-cars-four-audi-models-top-the-list/>
68. Chapman, Stephen J. Máquinas eléctricas. México : McGraw-Hill, 2005

69. Consulta en línea el 4/3/2009. http://openbookproject.net/electricCircuits/AC/AC_13.html
70. Wikipedia. Consulta en línea el 14/3/2009.
http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=AC_power&oldid=290691088.
71. Wikipedia. Consulta en línea el 14/3/2009.
http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Electric_motor&oldid=294751372.
72. Consulta en línea el 10/2/2011.
http://www.pcworld.com/article/173033/evolution_of_the_cell_phone.html
73. Consulta en línea el 10/2/2011. <http://green.autoblog.com/photos/audi-e-tron-concept/#2283087>
74. Consulta en línea el 10/2/2011. http://www.allcarselectric.com/blog/1049389_audi-a1-e-tron-pilot-project-to-start-in-munich-2011
75. Consulta en línea el 17/2/2011.
http://encarta.msn.com/dictionary_561532937/concept_car.html
76. Audi A.G. Consulta en línea el 17/2/2011. www.audi.com

Índice de figuras

Figura 1. Facultad de Ingeniería y Centro de Investigación en Diseño Industrial	4
Figura 2. FTM TUM	4
Figura 3. Instalaciones de Audi en Ingolstadt	5
Figura 4. Gina BMW y Ford Splash	7
Figura 5. Matriz de responsabilidades	8
Figura 6. Metodología de diseño	9
Figura 7. Distribución de las <i>megaciudades</i> en el año 2002 (4).....	14
Figura 8. Población en la zona metropolitana de la Ciudad de México hacia el año 2020 (7)	16
Figura 9. Distribución en el transporte	17
Figura 10. Esquema del modelo ITS de Nissan (13)	20
Figura 11. Arreglo de celda de combustible (16)	24
Figura 12. Comparación entre un motor diesel y una celda de combustible PEM para vehículos (16)	25
Figura 13. Sistema <i>Brake-by-wire</i> de Continental.....	26
Figura 14. Pirámide de ideas	35
Figura 15. Problemas y necesidades	36
Figura 16. Ejemplos de los bosquejos de los conceptos	40
Figura 17. Resultado de la evaluación.....	42
Figura 18. Diseño exterior	43
Figura 19. Vista exterior	45
Figura 20. Vista interior.....	45
Figura 21. Instrumentos desplegados en el parabrisas (24)	47
Figura 22. Campo de visión del conductor (25)	47
Figura 23. Bajas velocidades dentro de la ciudad	48
Figura 24. Medición de distancia (27)	49
Figura 25. Manejo autónomo en congestionamientos viales (28)	49
Figura 26. Paneles solares flexibles y filtro solar.....	50
Figura 27. Pantalla de cristal líquido LCD (29).....	51
Figura 28. Modo de estacionado seguro.....	51
Figura 29. Michelin <i>Tweels</i> (30)	52
Figura 30. Vista exterior del concepto Auto Modular	54
Figura 31. Función de modularidad	56
Figura 32. Expansión	57
Figura 33. Volante esférico	58
Figura 34. Ergonomía del volante esférico.....	58
Figura 35. Procedimiento de cambio de batería.....	59
Figura 36. Batería pequeña (izquierda) y batería grande (derecha).....	60
Figura 37. Interior del Auto Modular	61
Figura 38. Ejemplos de control por gestos (33)	62
Figura 39. Vista exterior del concepto Estancia Tecnológica.....	63

Figura 40. Interior de la Estancia Tecnológica.....	65
Figura 41. Principio de funcionamiento de las ruedas esféricas.....	66
Figura 42. Dispositivo de control mental para videojuegos (35).....	67
Figura 43. Diferentes modos de iluminación interior (36).....	68
Figura 44. Vista exterior del Ejecutivo Seguro.....	70
Figura 45. Pantalla libre de espacio en una oficina móvil (37).....	72
Figura 46. Interacción con el contenido (38).....	72
Figura 47. Diseño interior.....	73
Figura 48 Modelos de un auto de la marca (40).....	78
Figura 49. Modelos de la marca (40).....	79
Figura 50. "Type C" y "Rosemeyer Concept" (41)(42).....	79
Figura 51. "Wanderer W 25 K Roadster" y "Sportback Concept" (43)(44).....	79
Figura 52. R8 y R10 TDI (45)(46).....	80
Figura 53. "Sportback Concept" (47).....	80
Figura 54. RSQ y "Streamline" (48)(49).....	81
Figura 55. Trabajando con el modelo de plastilina.....	81
Figura 56. Primeros modelos.....	82
Figura 57. Modelo y bosquejo.....	82
Figura 58. Modelo final.....	83
Figura 59. Construcción virtual.....	83
Figura 60. Simulador.....	84
Figura 61. Simulador con diseño interior.....	84
Figura 62. Ambiente interior en una ciudad.....	85
Figura 63. Configuración espacial.....	85
Figura 64. Iluminación policromática.....	86
Figura 65. Display central.....	87
Figura 66. Display transparente (51).....	87
Figura 67. Diseño interior minimalista.....	88
Figura 68. Estudio de un teléfono celular y de una llave.....	89
Figura 69. Bosquejos de preparación para el modelo CAD.....	90
Figura 70. Modelo en CATIA V5.....	90
Figura 71. Mecanismo deslizante y lector de huellas digitales.....	90
Figura 72. Luces de estado.....	91
Figura 73. El concepto de la llave con lector de huellas digitales.....	91
Figura 74. Bosquejos iniciales de algunas ideas.....	92
Figura 75. Bosquejos del concepto final.....	92
Figura 76. Dibujos realizados para calcular las dimensiones.....	93
Figura 77. El cubre ruedas trasero es más largo que el delantero.....	93
Figura 78. Bosquejos mostrando la parrilla frontal y las entradas y salidas de aire laterales.....	94
Figura 79. Modelos de plastilina y primeros desarrollos de CAD.....	94
Figura 80. CAD mostrando el espacio interior.....	95
Figura 81. Modelo final renderizado.....	95

Figura 82. Cálculo del volumen	96
Figura 83. Ergonomía	97
Figura 84. Diferentes tipos de EAP's (54)	98
Figura 85. Diferencia entre un EAP en estado de trabajo y uno en reposo	99
Figura 86. Estructura de un EAP (56)	100
Figura 87. Voltaje necesario a diferentes cargas para alcanzar una fuerza (57)	100
Figura 88. Principio de funcionamiento de los EAP's como sensores (57)	101
Figura 89. Actuadores capaces de cambiar de forma (54).....	102
Figura 90. Cubre ruedas	104
Figura 91. Cálculo del volumen para el cubre ruedas	104
Figura 92. Configuración del cubre ruedas	105
Figura 93. Lorner Porsche	106
Figura 94. Active Wheel de Michelin (61) y VDO de Siemens (62)	107
Figura 95. Motor dentro de la rueda "E-Corner" (62).....	107
Figura 96. Corrientes parásitas en un núcleo sólido y uno laminado (63).....	109
Figura 97. Gráficas de pérdidas por histéresis (64).....	109
Figura 98. Configuración de los cables del estator	110
Figura 99. Arreglo del devanado trifásico	111
Figura 100. Configuración delta y configuración "Y" (65)	111
Figura 101. Dos configuraciones de polos y pares (64).....	112
Figura 102. Torque y velocidad contra el porcentaje de deslizamiento	113
Figura 103. Vista de sección de los motores dentro de las ruedas.....	115
Figura 104. Membrana semi-permeable.....	116
Figura 105. Impresión de prototipos rápidos.....	118
Figura 106. Superficie lista y pintura base	119
Figura 107. Detallando el modelo 1:8	119
Figura 108. Modelo 1:8 terminado	119
Figura 109. Estructura de madera para obtener los moldes	120
Figura 110. Molde listo para fibra de vidrio.....	120
Figura 111. Moldes de fibra de vidrio	121
Figura 112. Fijación de las partes de fibra a la estructura metálica.....	121
Figura 113. Banda elástica (verde) simulando los polímeros electroactivos	122
Figura 114. Círculos rojos indicando la posición de los actuadores neumáticos	126
Figura 115. Diagrama electrónico	127
Figura 116. Circuito electrónico	127
Figura 117. Gráfica de flujo-voltaje de la válvula 5/3	128
Figura 118. Prototipo final del cubre ruedas	129
Figura 119. Vista lateral del soporte del estator.....	129
Figura 120. Parte del estator.....	130
Figura 121. Ensamble de las tres partes.....	130
Figura 122. Ensamble del rotor y del rin	131
Figura 123. Estator y freno montado en el eje.....	131

Figura 124. Evolución en diseño y tamaño de teléfonos celulares 1984 – 2007 (72).....	135
Figura 125. Presentación a ejecutivos y desarrolladores de Audi AG.....	136
Figura 126. Características de los conceptos electroactivo (izquierda) y "e-tron" (73).....	136
Figura 127. Diseño exterior e interior del "A1 e-tron" (74)	137
Figura 128. Audi " <i>Vorsprung durch Technik</i> " (Liderazgo por Tecnología) (76)	138

Índice de tablas

Tabla 1. Distribución en el transporte de la Ciudad de México	17
Tabla 2. Clasificación de diversos países concerniente a sistemas de transporte	18
Tabla 3. Clasificación mundial del transporte privado con factores individuales (12)	19
Tabla 4. Motores eléctricos para tracciones eléctricas (16)	21
Tabla 5. Principales características de baterías.....	21
Tabla 6. Características de los escenarios.....	36
Tabla 7. Concentrador de ideas	37
Tabla 8. Factores de ponderación para la elección del concepto.....	41
Tabla 9. Dimensiones generales del AE.....	95
Tabla 10. Características de las baterías	96
Tabla 11. Aplicaciones para los EAP's.....	103