



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE MASTER EN INGENIERIA INDUSTRIAL

DESARROLLO DE UN SISTEMA GENERADOR DE CONCEPTOS DE AUTOMÓVIL DEPORTIVO MEDIANTE DISEÑO GENERATIVO

AUTOR: ÁNGEL PEPIOL PABLO
TUTOR: JORGE ALCAIDE MARZAL
COTUTOR: JOSÉ ANTONIO DIEGO MÁS

Curso Académico: 2016-17

RESUMEN

El actual TFM se centra en desarrollar un sistema de generación de alternativas de diseño para automóviles deportivos fusionando estilos antiguos, de la década de los 50 aproximadamente, y modernos mediante el empleo de Grasshopper sobre Rhinoceros 5. Se analiza el diseño desde el enfoque de "Shape Grammars" y se plantea un sistema que combina características formales de ambos estilos en propuestas consistentes.

Palabras clave: diseño generativo shape grammars automóvil deportivo

RESUM

El actual TFM es centra en desenvolupar un sistema de generació de alternatives de diseny per a automòvils esportius fusionant estils antics, dels 50 aproximadament, y moderns mitjançant el ús de Grasshopper en Rhinoceros 5. S'analitza el diseny des del punt de vista dels "Shape Grammars" y es planteja un sistema que convina característiques formals d'ambdós estils en propostes consistents.

Paraules clau: diseny generatiu shape grammars automòvil esportiu

ABSTRACT

This thesis is focused on the development of an alternatives design generation system for sportive cars joining old styles, from the 50's approximately, and modern by the use of Grassoper above Rhinoceros 5. Design is analyzed under the point of view of "Shape Grammars" and a system that combines formal features of both styles into consistent proposals is proposed.

Keywords: generative design shape grammars sportive car

ÍNDICE

Documentos contenidos en el TFM

- Memoria
- Presupuesto
- Anejo 1

ÍNDICE DE LA MEMORIA

INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE	9
1.1. SHAPE GRAMMARS	9
1.2. ALGORITMOS GENÉTICOS (AG)	11
1.3. TRABAJOS RELACIONADOS.....	11
1.3.1. Obtención de los “shape elements”	12
1.3.2. Procesado de los “shape elements” (métodos de producción y transformación)	15
1.3.3. Valoración de resultados.....	16
CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS	17
2.1. SOFTWARE UTILIZADO	17
2.2. MÉTODOLOGÍA A SEGUIR.....	17
CAPÍTULO 3. DESARROLLO Y RESULTADOS	20
3.1. OBTENCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE FORMA.....	20
3.1.1. Eliminación de elementos superfluos	20
3.1.2. Representación en soporte digital	23
3.2. DESARROLLO EN RHINOCEROS Y GRASSHOPPER.....	25
3.2.1. Breve introducción a la interfaz de Rhinoceros 5 y Grasshopper	25
3.2.2. Explicación del desarrollo del algoritmo buscado (V. Perfil).....	26
3.2.3. Explicación del desarrollo del algoritmo buscado (V. Frontal).....	34
3.2.4. Explicación del desarrollo del algoritmo buscado (V. Trasera)	38

3.3. RESULTADOS.....	39
DISCUSIÓN.....	45
CONCLUSIÓN	45
BIBLIOGRAFÍA.....	47

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

SOFTWARE.....	50
HARDWARE	50
PROCESO	51
RESUMEN	51



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

MEMORIA



INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo de Fin de Máster es la elaboración de un sistema capaz de generar conceptos de diseño de automóviles deportivos mediante el uso de las diferentes técnicas del diseño generativo y de los denominados “shape grammar”, es decir, usar dicho diseño para la obtención de nuevas líneas de automóviles deportivos que contengan diferentes elementos clave de coches de distintas épocas.

El interés en este tipo de estudios ha ido creciendo en gran medida con los años debido a la mayor capacidad computacional de la informática y la aparición de software específico para dicho uso. Actualmente el uso de la gramática de forma se encuentra en un proceso de expansión por todos los campos relacionados con el diseño, estando muy presente tanto en la industria como en la arquitectura. Por otro lado, el interés por los automóviles basados en líneas de coches antiguos está en gran auge y los ejemplos que se pueden encontrar están aumentando en número. Por todo esto se considera que el estudio realizado en la actual memoria presenta un interés real y se atañe a lo que el actual mercado está demandando.

El primer paso para cumplir el objetivo es una revisión bibliográfica o estado del arte en la que se explicarán los conceptos necesarios para la completa comprensión de la memoria. Junto a ello, se realizará una breve explicación de diferentes artículos relacionados con el objetivo anteriormente expuesto.

Tras este primer paso se explicarán los diferentes materiales y métodos a utilizar para alcanzar el propósito descrito, o lo que es lo mismo, el procedimiento a seguir junto con los softwares necesarios para el correcto desarrollo del sistema objetivo.

Una vez que esté claro todo lo anterior, se pasará a explicar el proceso seguido y los resultados obtenidos. En lo referente al desarrollo, existirán dos pasos completamente diferenciados: por un lado la obtención del vocabulario de forma y, por otro lado, la explicación de la implementación del algoritmo buscado en el software necesario. Para finalizar este apartado se mostrarán algunos de los resultados obtenidos.

Finalmente se expondrá una discusión seguida de unas conclusiones en las cuales se hablará de los resultados obtenidos, de sus pros y sus contras, así como de sus posibles mejoras futuras o sus posibles ampliaciones.

CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se tratará de plasmar y explicar algunos de los trabajos existentes que son necesarios para comprender de una mejor manera el objeto y procedimiento de este TFM. Para ello primero se explican algunos términos importantes que es necesario dejar claros para el completo entendimiento del documento.

1.1. SHAPE GRAMMARS

Un shape grammar (Stiny y Gips 1972; Stiny 1980, 1991) es una forma de sistema generativo de producción de diseños conceptuales (Stiny y Gips 1980; Agarwal y Cagan 2000) que desarrolla dichos diseños mediante la aplicación de ciertas normas de transformación sobre las formas iniciales (Stiny 1980, 1991). A su vez, los shape grammars están compuestos por un vocabulario de elementos de forma (shape elements), un set de normas de producción/ transformación y una forma o formas iniciales (Stiny 1980). Para la obtención del vocabulario de elementos de forma es necesario realizar una muestra del “todo” del que se quiere escribir un lenguaje (Stiny 1980). De esta muestra se obtiene el vocabulario representando todas las formas básicas de la misma.

En otras palabras, se trata de identificar las formas básicas del objeto del estudio, descomponerlo en dichas formas y variar cada una de ellas siguiendo unas reglas, previamente establecidas, hasta formas otro diseño de ese mismo objeto, un diseño de un objeto diferente con las características y el “alma” del anterior, mezcla entre dos o más objetos...

En sus inicios los shape grammars se servían únicamente de la interacción y reconocimiento de líneas rectas, tras esto se empezaron a introducir las líneas curvas hasta llegar a poderse usar con modelos 3D (Cagan y Smith 2006).

Existen dos formas de trabajar con los shape grammars, la primera, ya en desuso, se trata de la forma manual mediante diseño digital que no es otra cosa que la definición de elementos espaciales (curvas, planos o sólidos 3d), su transformación y modificación. Cada cambio afectará directamente al conjunto del diseño, es decir, cada elemento es interdependiente con los otros elementos. Con cada cambio es necesario adaptar, reorientar, escalar o lo que sea necesario para reorganizar el modelo, por lo que se puede afirmar que cada cambio que se quiera realizar consumirá grandes cantidades de tiempo (Milena y Ognen 2011).

La segunda opción es el uso de algoritmos como forma de programación computacional que usa una fuente de creación de código automatizada a través de marcos genéricos, clases, prototipos, plantillas, aspectos y generadores de código para mejorar la productividad del programador.

En relación con el diseño digital convencional, el diseño mediante algoritmos facilita la implementación de cambios en el diseño ya que dicha programación reajustará el modelo para cada cambio dado

evitando, de esta manera, las pérdidas tan grandes de tiempo que se daban lugar en el diseño digital convencional.

La utilización de los shape grammars en el campo de diseño de producto está actualmente muy extendida debido a su amplio potencial. Debido a esto no es difícil encontrar diversos y variados ejemplos de su uso en este ámbito, a continuación se expondrán algunos ejemplos para que se comprenda sus enormes posibilidades.

Por un lado nos encontramos con una de sus aplicaciones más usadas en el mundo de la arquitectura, la distribución en planta. Debido a sus enormes posibilidades, es necesario aplicar estos métodos junto con algoritmos genéticos (explicados en el siguiente apartado) para poder llegar a alguna de las soluciones correctas. Un ejemplo de su uso en la distribución en planta sería el descrito por la siguiente imagen.

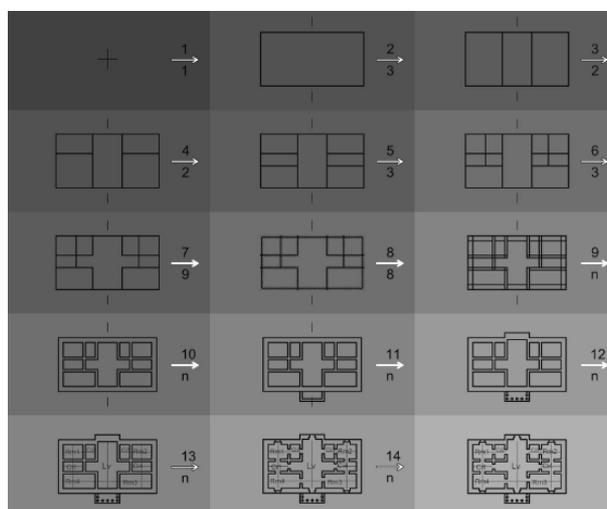


Imagen 1: Distribución en planta mediante shape grammars (Benrós y Duarte 2012).

Por otra parte existen diferentes ejemplos relacionados con el diseño, desde productos cotidianos como son las sillas (Barros 2011), los platos de cerámica (Castro e Costa 2013) o incluso envases de diferentes productos como Coca-Cola o champús (Hing Chau 2004), hasta elementos decorativos como son los bordados étnicos de Zhuang (Cui 2013) o las geometrías islámicas (Ulu 2009), mostradas en la siguiente imagen.

Evidentemente los elementos nombrados anteriormente no son los únicos ejemplos, existen muchos más y su número no para de crecer ya que la aplicación de los shape grammars está expandiéndose continuamente aplicándose ya en casi cualquier área relacionada con el diseño. Todo esto viene dado por el aumento notable de las prestaciones de los equipos informáticos y la creación de software que se adapta a las características necesarias facilitando, así, la implementación de éstos.

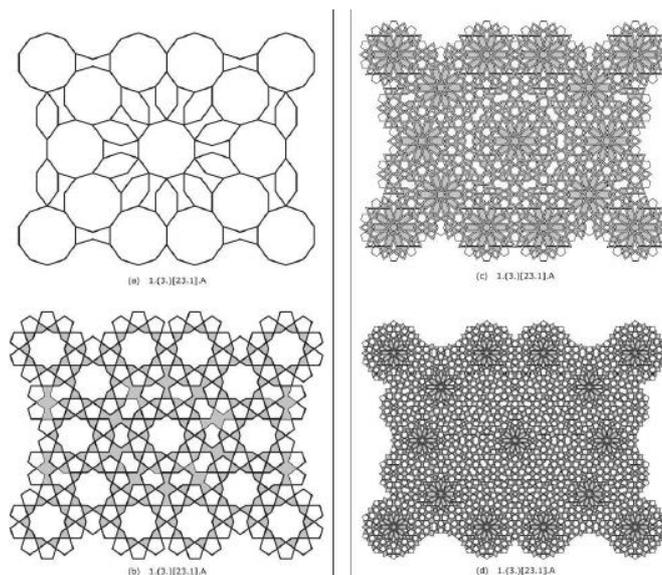


Imagen 2: Geometrías decorativas islámicas (Ulu 2009).

1.2. ALGORITMOS GENÉTICOS (AG)

Los algoritmos genéticos tienen su origen en la computación evolutiva (Bäck y Schwefel 1992) y son un tipo de algoritmos basados en el funcionamiento de la llamada evolución natural. Su función se basa en la evolución de una población de individuos al ser sometidos a una serie de transformaciones marcadas por unos operadores definidos. Se emulan los procesos de reproducción y selección natural presentes en la naturaleza, sobreviviendo los más “fuertes”.

Para establecer cuáles son los individuos más fuertes de cada generación se establece una función objetivo según la cual se podrán ordenar de mejor a peor las soluciones obtenidas en cada una de las generaciones.

Dentro de los algoritmos genéticos existen los Algoritmos Genéticos Interactivos (AGI) (Kelly y Seifert 2008) en los que, a diferencia de los AG corrientes, el selector de los mejor o mejores individuos de cada generación es un humano. Pese a ser un proceso mucho más lento y costoso es necesario en determinados momentos debido a la complejidad de elaborar funciones objetivo sobre determinados temas.

1.3. TRABAJOS RELACIONADOS

Hoy en día, la forma de trabajar con los shape grammars es muy variada y cambia dependiendo del autor, objeto del estudio, medios disponibles, etc. Investigaciones actuales de shape grammars se centran en conseguir un uso eficiente de los shape grammars genéricos como soporte para la exploración de innovadoras formas de producto. Son ejemplos de esto los desarrollos realizados por Cagan y su equipo en la “gramática” de la máquina de café (coffemaker grammar) o de la motocicleta (motorcycle grammar) (Agarwal y Cagan 1998 /Pugliese y Cagan 2002).

En cuanto a su implementación, la representación del fenotipo describe todas las posibles soluciones que pueden ser generadas por el sistema. El aspecto principal a ser estudiado es qué elementos de la norma gramática de cada objeto estudiado pueden evolucionar, y cómo representar éstos elementos

para su manipulación mediante algoritmos genéticos (Cheung Lee, Herawan y Noraziah 2011). Sin embargo, como se ha dicho anteriormente, cada proyecto presenta características especiales y debe de ser tratado y desarrollado individualmente, no existe un procedimiento único que se adapte a todos los casos.

1.3.1. Obtención de los “shape elements”

El primer paso a seguir siempre es la obtención del vocabulario de elementos de forma “shape elements”, dicho de otra forma, identificar las partes representativas del producto estudiado. Este paso es muy subjetivo, ya que no existe una relación clara ni fácil de definir entre las líneas de un producto y lo que transmite. Sin embargo es esencial realizarlo correctamente ya que es una de las partes más importantes, por no decir la más importante. Es necesario que se entienda tanto la dificultad como la importancia de realizar correctamente la captura de los elementos de forma.

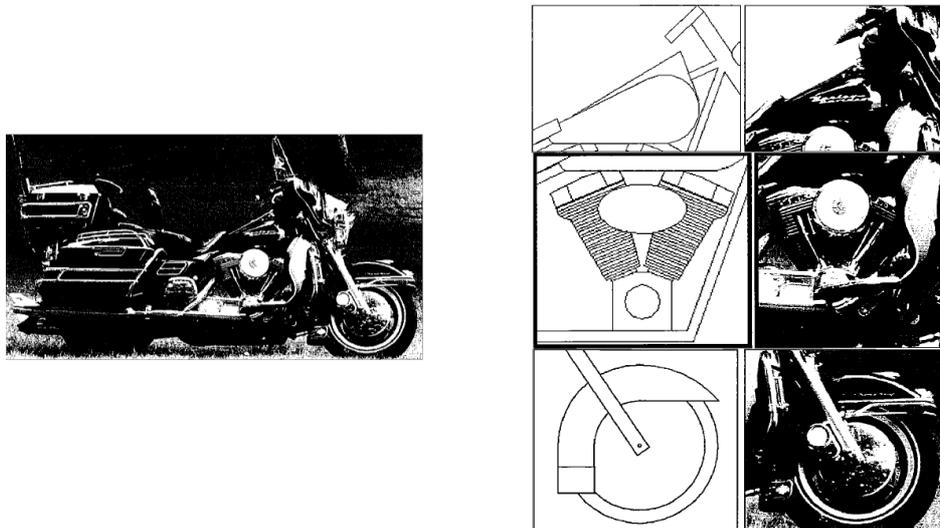


Imagen 3: Diferentes elementos de forma de una motocicleta Harley-Davidson (Pugliese y Cagan 2002).

Por ejemplo, tal y como se observa en la imagen anterior, se puede afirmar que, de alguna manera, los elementos de forma no son más que una simplificación al máximo de cada una de las partes que quieren representar sin que éstas pierdan su esencia. Sin embargo entre los diferentes autores/trabajos también existe una notable diferencia en la necesidad exigida de detalles dependiendo del trato posterior que vayan a recibir y de la complejidad del objeto estudiado. Pese a esto, la “esencia” del objeto estudiado estará siempre presente en la representación simplificada.

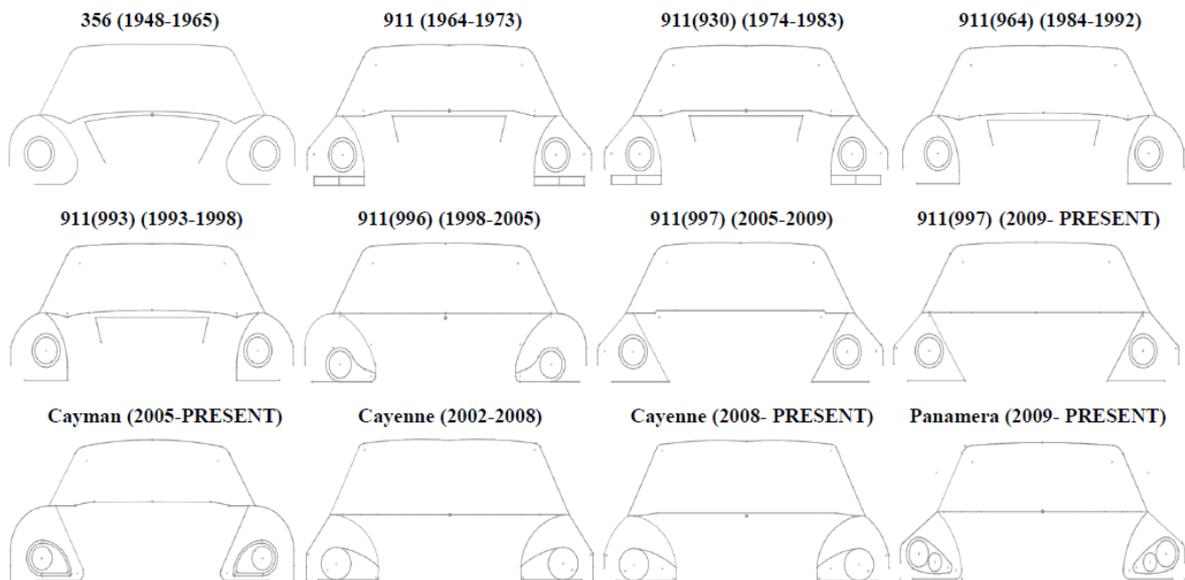


Imagen 4: Elementos de forma de la vista frontal de diferentes modelos de Porsche a través de los años (Aqeel 2015).

En cuanto a la Imagen 2, se observa como con unas pocas líneas se puede representar el frontal de un Porsche. Es posible observar que todos los modelos diferentes en la imagen anterior comparten la misma estructura, es decir, están compuestos por el mismo número de partes. Eso es debido a que, para poder llegar a dicho resultado se ha estudiado la mejor forma general de representar a todos los modelos obteniendo la expuesta a continuación.

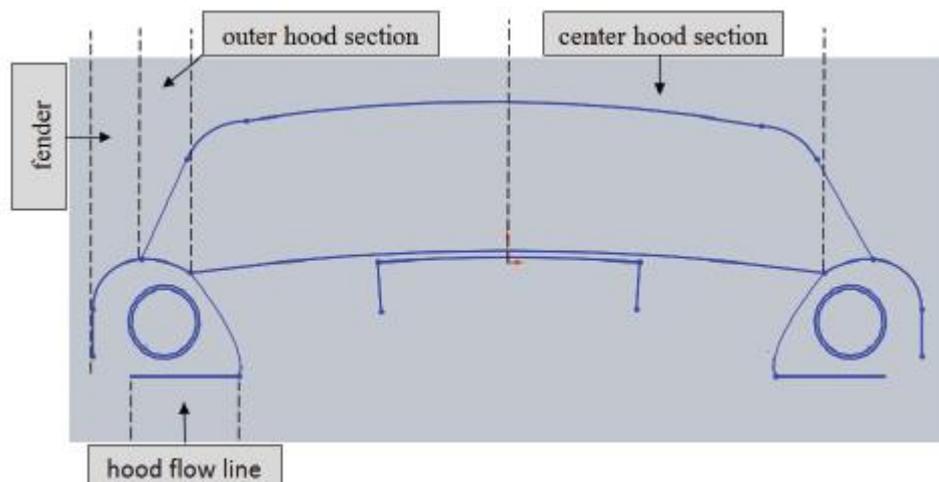


Imagen 5: Componentes de la gramática de la vista frontal de un Porsche (Aqeel 2015).

Como fácilmente se observa, todos los modelos de la Imagen 2 están compuestos a partir de las partes que indica la figura 3. Según Aqeel, esos son los elementos necesarios para representar por completo, no solo la identidad de la marca Porsche sino que también para diferenciar entre los diferentes tipos de

modelo. Pero esta no es la única ni la mejor solución a adoptar para la representación de la vista frontal de un coche, simplemente es una forma válida para su autor y el estudio que se quería realizar en ese momento. Por ejemplo, si la rejilla delantera de esta vista del vehículo fuera un factor a tener en cuenta esta representación no sería válida.

Existen muchos más ejemplos, de entre los cuales cabe destacar, por su importancia con respecto al actual documento, los representados en la imagen siguiente.

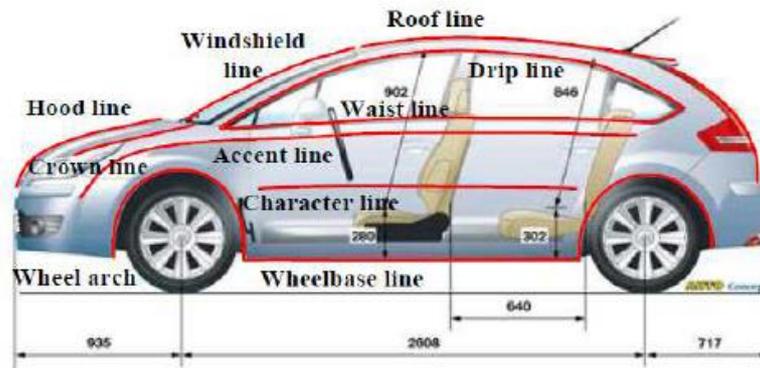


Imagen 6: Componentes de la gramática de una vista de perfil de un automóvil (Cheutet 2007).

La imagen 4 muestra los componentes necesarios para describir completamente la vista de perfil de un automóvil según Cheutet. Es posible observar la inmensa simplificación que supone con respecto a representar completamente esta vista, tan solo diez líneas son necesarias para representarla. En esta ocasión, faltaría por establecer los nexos de unión entre los diferentes componentes para completar la vista del automóvil. Pese a esto, y por la naturaleza del diseño conceptual, no sería necesario unirlas, se podría trabajar de forma que el resultado fuera un boceto que esbozara una idea a través de la cual empezar a trabajar.

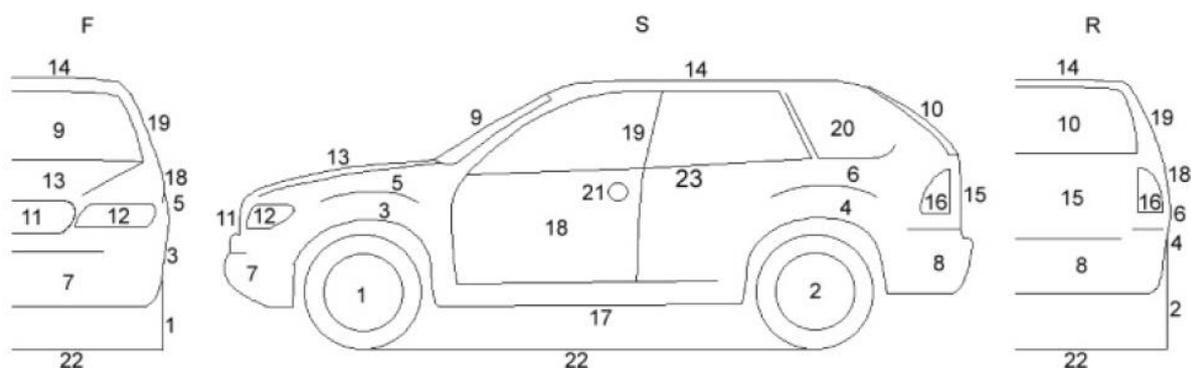


Imagen 7: Componentes de la gramática de una vista de perfil de un cross-over (Cagan y Smith 2006).

Sin embargo, esta forma tan simplificada no es la única con la que trabajar, se encuentran ejemplos como el de la imagen anterior que constituyen las vistas completas de un objeto salvo pequeñas

simplificaciones. Cada número representa una línea diferente, es decir, un componente del vocabulario de forma de la gramática del automóvil representado.

Con todo lo explicado anteriormente es posible hacerse una idea de lo que son y para qué sirven los denominados “shape elements” que forman la “shape grammar”, por lo tanto se procede ahora a la investigación de diferentes métodos de producción y transformación de éstos.

1.3.2. Procesado de los “shape elements” (métodos de producción y transformación)

Una vez con una gramática definida, se pasará a comentar diversas formas de tratar estos datos para hacer posible la generación, mediante diferentes algoritmos, de los resultados deseados que no son otros que nuevas ideas e inspiraciones de diseños conceptuales.

La manera más utilizada de tratar a estos datos es mediante pasos y normas con las que se va generando el objeto de estudio paso a paso modificando línea a línea. Este camino utiliza algoritmos generativos para poder funcionar.

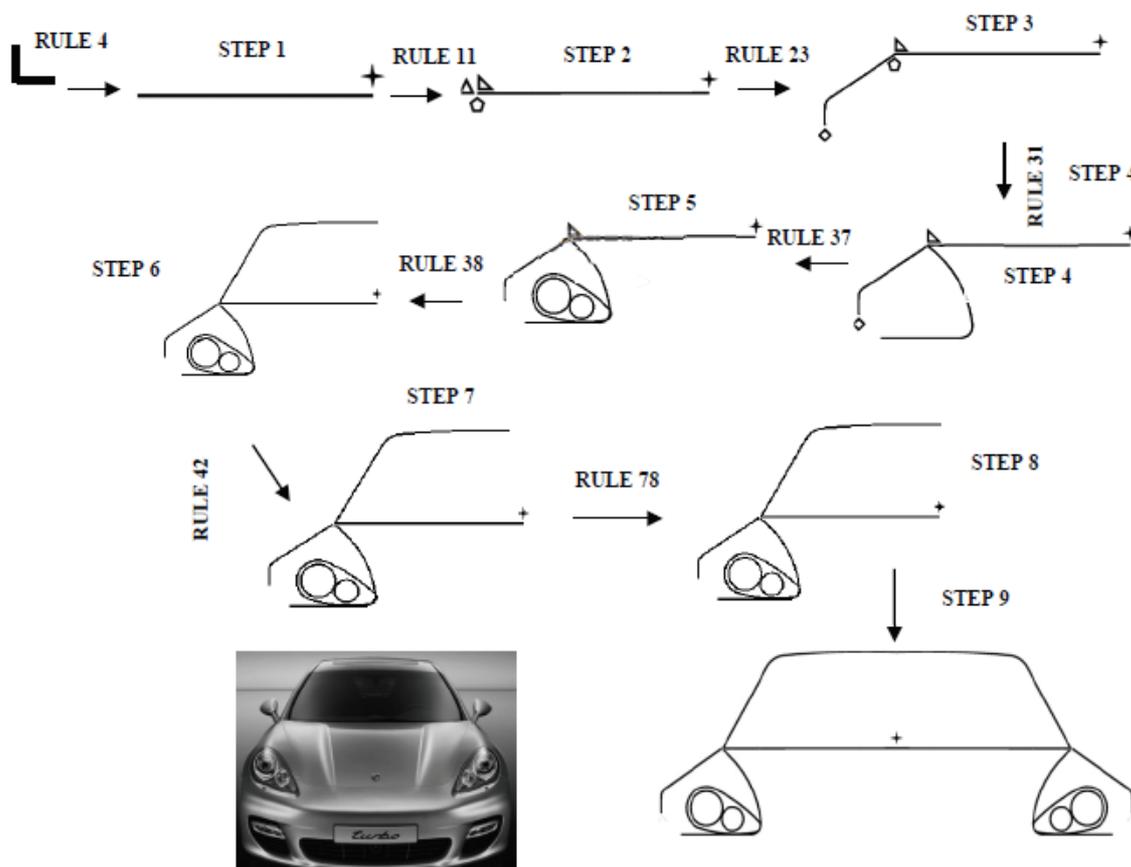


Imagen 8: Pasos de la generación de una variante de Porsche Panamera (Aqeel 2015).

La imagen anterior representa los pasos de creación de una variación de un Porsche Panamera, como es posible observar se trata de ir siguiendo unas determinadas reglas aplicándolas en determinados pasos. Primero se construye la línea superior del capó mediante la regla 4, partiendo desde el origen de coordenadas. Tras esto se van añadiendo paso a paso las demás partes de la vista del coche con sus correspondientes cambios con respecto al original introducidos por las diferentes reglas. Por último

nos encontramos con una comparación, hecha por el autor, de su resultado obtenido con el coche original del que se partía (Porche Panamera).

Este es el proceso más extendido, es usado por diferentes autores como Pugliese y Cagan (2002), o Cagan y Smith (2006). Sin embargo no es el único método seguido, existen diferentes métodos a parte del anterior de los cuales cabe destacar el usado por Cluzel, Yannou y Dilhmann en 2013 que se sirve de los armónicos de Fourier para realizar los diseños.

1.3.3. Valoración de resultados

Realizado todo lo anterior, solo queda valorar los resultados. Es ahí cuando interviene el factor humano ya que es altamente complicado dejar esta labor a un algoritmo. Es por esto por lo que el proceso de generación de diseño mediante Shape Grammars se podría aproximar al funcionamiento de un Algoritmo Genético Interactivo.

CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. SOFTWARE UTILIZADO

Dentro de ámbito en el que se encuadran todos los elementos anteriormente descritos existen diversidad de materiales así que primero se analizarán las necesidades para buscar el software óptimo para el uso de estas técnicas.

Por un lado es necesario un software con soporte 2D, como mínimo, para poder trabajar con shape grammars. Evidentemente, también necesitamos poder trabajar con las líneas generadas en 2D mediante algoritmos generativos, por lo tanto, el software buscado tiene que ser, también, capaz de poder hacer que el espacio 2D cambia en base a un algoritmos generado en dicho programa. Esto sería lo básico para poder generar multitud de opciones por medio de “fuerza bruta”.

Con todo esto, tras hacer recopilación de las características de diferentes softwares el que más se ajusta a las necesidades del actual trabajo y de sus posibles continuaciones es el denominado “Grasshopper”, una herramienta de Rhinoceros, un conocido programa de entorno 3D. Se trata de un editor gráfico de algoritmos a través de funciones lógicas integradas en cajas. Con este entorno es posible programar un algoritmo a través de elementos visuales sin ser necesario el saber lenguajes de programación. Un ejemplo de uso de este software y sus posibilidades es el artículo de Brunori (Brunori 2016), un artículo muy actual de hecho, en el que se crea un algoritmo generativo mediante Grasshopper que es capaz de generar de cero olivos, todos diferentes entre sí.

Por lo tanto, debido a las características del propio software y por su creciente utilización se ha optado por utilizar dicha herramienta, Grasshoper junto con Rhinoceros.

2.2. METODOLOGÍA A SEGUIR

Como se ha dicho anteriormente, se pretende generar diseños de automóviles deportivos, que dispongan de diseños novedosos y actuales, con esencia de deportivos clásicos de época. Para esto es necesario preguntarse si es posible generar un automóvil 3D a partir de sus vistas. Parece una cosa trivial, no obstante, se hizo una prueba sencilla para comprobar si era posible.

Como muestra la imagen siguiente, es totalmente posible modelar un vehículo en 3D a través sólo de sus vistas sin conocer el resultado al que se quiere llegar. Por lo tanto se podría llegar a generar un modelo 3D a partir de las vistas generadas por el algoritmo a desarrollar.



Imagen 9: Comparación entre modelado 3D a partir de sus vistas y Jaguar E-Type real.

Sabiendo ya cuál es el objetivo, generar 3 vistas de automóviles con líneas actuales pero con esencia de coches de época, se dispone a exponer cómo se va a buscar.

Los pasos a seguir para conseguir el actual objetivo son claros, primero elaborar el vocabulario de elementos necesario para poder llegar al objetivo, segundo, elaborar el procesado de estos elementos y, por último, la presentación de resultados. Para el segundo paso se seguirá una estrategia parecida a la más usada actualmente, como se ha comentado en el apartado anterior, que no es otra que ir cosiendo parte a parte. Sin embargo se hará con un software no muy extendido hoy en día para este uso y se incluirá la posibilidad de modificar cada una de sus partes individualmente.

Con el objetivo de incluir todos los elementos representativos de cada tipo de automóvil deportivo, tanto de época como actuales, se ha decidido contar con 11 ejemplos de cada uno (22 en total) para representar los detalles importantes de cada uno, a través de los cuales se construirán los elementos resultantes.

Para realizar el primer paso, la elaboración del vocabulario de forma, se trabajará en dos fases. La primera se trata de la identificación de éste mediante un proceso iterativo en el que se irá simplificando las líneas que componen cada uno de los blueprints de los diferentes modelos hasta llegar a la identificación de la gramática de forma buscada. La segunda será plasmar dichos resultados en un formato que pueda ser exportable desde Rhinoceros.

En cuanto al segundo paso, la elaboración del algoritmo necesario para procesar dichos datos, se utilizará el software Grasshopper para alcanzar dicho objetivo. El algoritmo se basará en la

construcción paso a paso de un perfilado de las vistas necesarias mediante cosido de las diferentes partes. En cada parte se seleccionará un elemento de los 22 disponibles y se ajustará su tamaño mediante un mapeado de la curva elegida. Tras su cosido, se ajustarán los distintos errores que puedan darse lugar.

El último paso, la presentación de resultados, se usará el software Rhinoceros, en el que se mostrarán las curvas creadas mediante Grasshopper.

CAPÍTULO 3. DESARROLLO Y RESULTADOS

A continuación se explicarán los pasos realizados para desarrollar el objeto de este documento así como la exposición de los resultados. Tras una investigación profunda de artículos de diferentes autores se estableció, mediante la puesta en común de algunos de ellos junto con ideas del autor de este TFM, un procedimiento a seguir. Por lo tanto el desarrollo de este trabajo se hizo de una manera novedosa ya que no sigue todas las pautas establecidas por los diferentes artículos estudiados.

3.1. OBTENCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE FORMA

En este apartado se explicará el procedimiento seguido para llegar a obtener el vocabulario de forma necesario para realizar el objetivo buscado. Hay que tener en cuenta que este proceso tiene que dar lugar a unos elementos lo más simples y representativos posibles ya que a partir de ellos se formarán los diseños buscados. Dicho esto, es necesario comentar que se tratará de un proceso iterativo en el que paso a paso se irá conociendo y simplificando mejor los elementos estudiados. Primero es necesario recordar de lo que se va a partir, se quiere llegar a la realización de vistas 2D de automóvil para, tras su posterior procesado, poder llegar a un modelo 3D, por lo tanto serán necesarias tres vistas. La vista frontal, la trasera y una vista de perfil. Sabiendo esto se procederá como sigue.

3.1.1. Eliminación de elementos superfluos

En este momento se empieza a tratar los datos para poder realizar la simplificación necesaria. El primer paso a tomar se realizará en formato papel, ya que es necesario conocer con profundidad primero las líneas de los coches estudiados para poder realizar su simplificación sin que se pierda su esencia. Se partirá de los blueprint de cada modelo de automóvil, simplificándolos tras eliminar los elementos superfluos que no representan nada importante para el modelo como son, luces antiniebla, detalles de las rejillas, detalles sin importancia en el diseño,...

Para que se entienda correctamente este paso se expondrá un ejemplo explicativo con el que se espera que se vea claramente la finalidad de este paso que no es más que una primera simplificación de elementos no importantes para la líneas y diseño del automóvil. El ejemplo se realizará sobre el Ferrari F12 Berlinetta, un deportivo con fecha de presentación en 2012 por lo que se trata de un coche bastante actual.

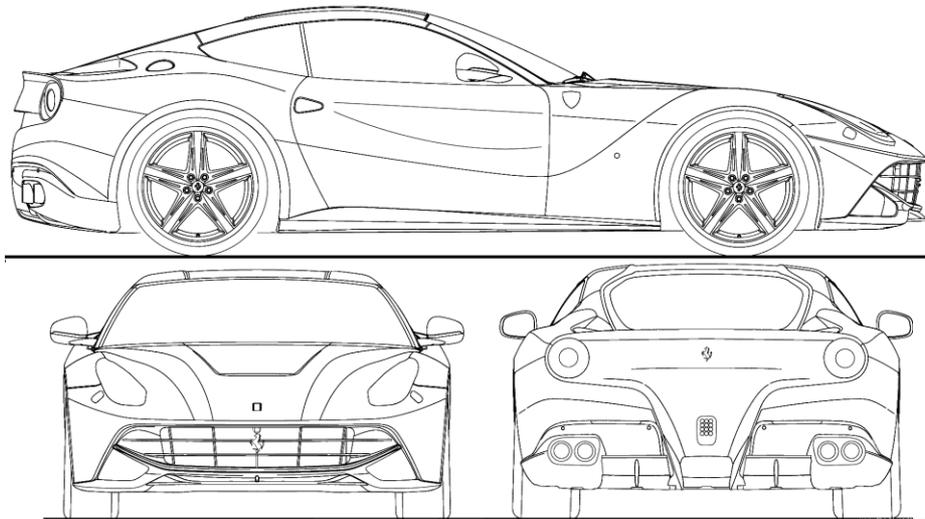


Imagen 10: Blueprint del Ferrari F12 Berlinetta.

Como se observa en su Blueprint, sus vistas están plagadas de pequeños detalles que describen el coche a la perfección. No obstante, como ya se ha comentado, no sería posible trabajar directamente con todos ellos por lo que se eliminarán los detalles no significativos para su diseño conceptual como las llantas, tubos de escape, retrovisores y demás líneas no representativas quedando como resultado la imagen posterior.

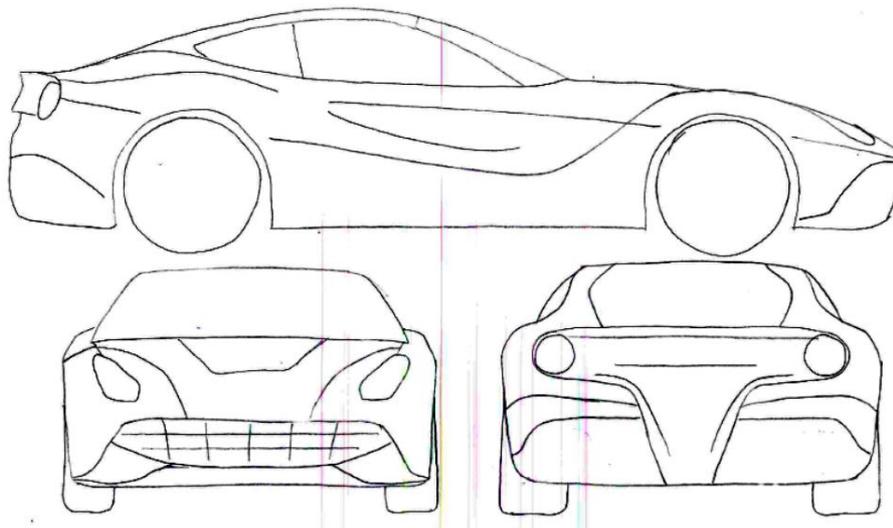


Imagen 11: Iteración 1 Ferrari F12 Berlinetta.

Tras esta primera simplificación se observa la considerable reducción de elementos producida junto con la, poco considerable, pérdida de información con relación lo que representa este deportivo. Pese a esto se obtienen demasiados elementos con los que tratar por lo que se procederá a una segunda iteración para llegar a obtener los resultados esperados. El objetivo de esta segunda iteración se trata de encontrar los elementos que definen la línea del automóvil, aquellas sin las que el Ferrari F12 Berlinetta perdería su esencia y sin las que sería muy difícil identificar de qué deportivo se trata. Dicha

iteración se dibujará sobre la primera ya que ésta servirá de guía y ayudará para la correcta realización de la actual quedando como resultado la imagen siguiente.

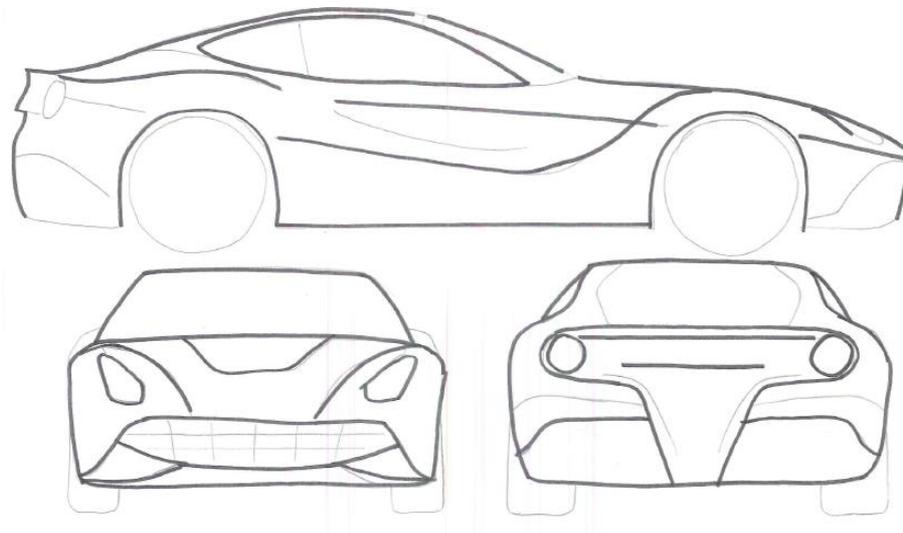


Imagen 12: Iteración 2 Ferrari F12 Berlinetta.

Tras la última iteración realizada se observa una propuesta de las líneas más representativas de este modelo de automóvil deportivo. Una vez realizado este paso, habiendo estudiado sus elementos esenciales se hará una propuesta de vocabulario de elementos de forma. Hay que tener en cuenta que este documento se centrará en el perfilado como elemento más importante ya que éste constituye la parte fundamental del diseño visual de este tipo de producto. Por lo tanto, la propuesta se trata de la siguiente.

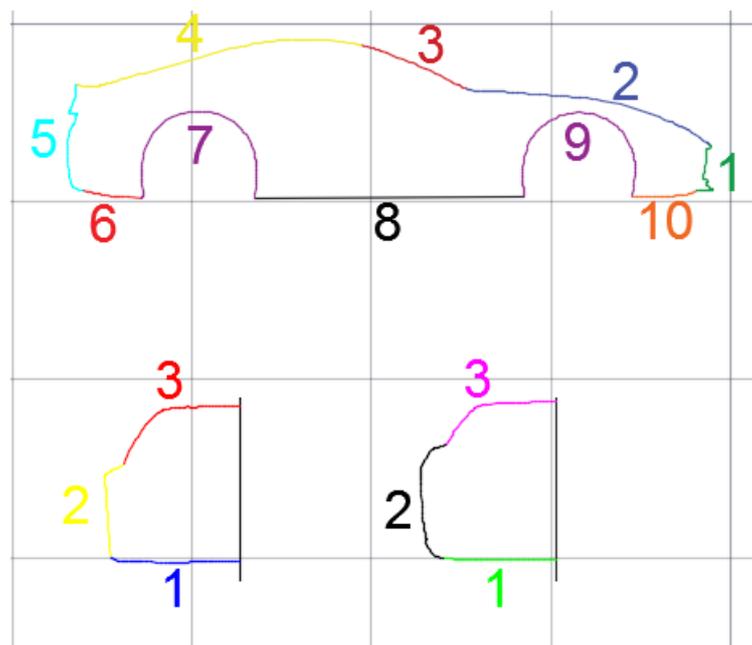


Imagen 13: Propuesta del vocabulario de forma del perfilado de automóviles deportivos.

Evidentemente, al ser simétricas, tanto la vista frontal como la trasera se ha realizado solo la mitad para completarla después aplicando simetría a través del eje medio, mostrado en la imagen anterior.

3.1.2. Representación en soporte digital

Teniendo claro la estructura anterior se procederá a la construcción de cada uno de los modelos necesarios en soporte digital 2D. Para realizar esta tarea se ha elegido el software Autocad de Inventor, no obstante, se puede realizar en cualquier software compatible con Rhinoceros, ya que será necesario importarlo a este programa para poder trabajar con Grasshopper. Así pues, cada uno de los 22 automóviles representativos utilizados para la realización del actual documento se ha pasado a formato digital por medio de su blueprint. Éstos se han importado a soporte CAD, y tras su escalado a tamaño real, se les ha definido una transparencia del 80% para poder dibujar sobre ellos. A través del software Autocad se ha ido dibujando línea a línea hasta llegar a definir por completo el perfilado de cada automóvil tal y como muestra la imagen posterior.

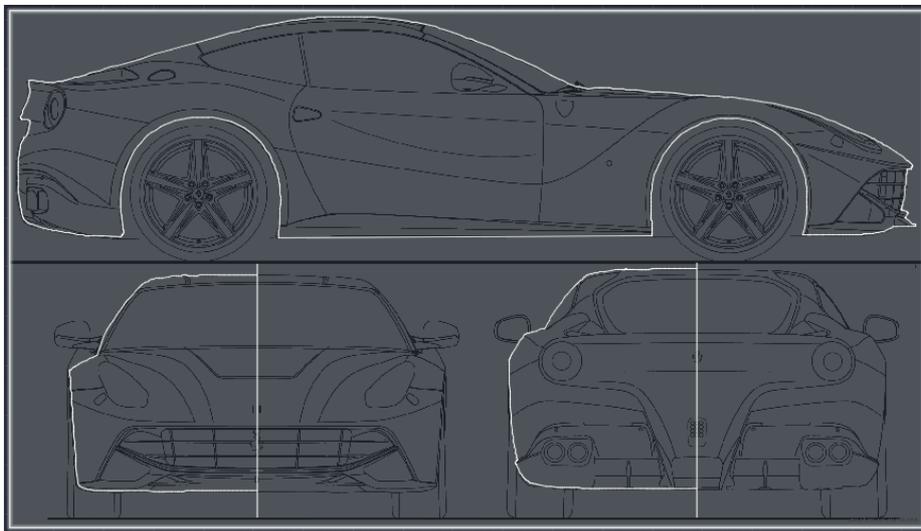


Imagen 14: Visualización del perfilado del Ferrari F12 Berlinetta en sistema Autocad.

Cabe destacar la importancia del orden en este paso. Es necesario hacer cada una de las líneas en el orden correcto para su posterior procesado en Grasshopper ya que se usarán herramientas para localizar el principio y el final de algunas de las partes. Por lo tanto es necesario tener estos puntos bien definidos y acotados.

Con el perfilado definido se tendría suficiente para la realización del actual TFM ya que continuar supondría una extensión de trabajo más propia de una tesina doctoral que de un TFM. No obstante, se ha decidido implementar, también, los elementos interiores en formato CAD 2D para facilitar la ampliación de este trabajo. Para completar los elementos interiores se ha seguido la última iteración en papel (Imagen 10). Pese a tener claro los elementos representativos se ha implementado con mayor detalles para facilitar su continuación en el caso de que se requieran más detalles.

Para la construcción de dichos detalles interiores se ha utilizado una spline para cada elemento. Por lo tanto, cada uno de los faros, tanto el delantero como el trasero, están formados por una sola spline.

Lo mismo con todas las líneas de detalle así como de las ventanillas laterales que se han dibujado de manera que formen una sola. Con todo esto, el soporte digital extendido para cada modelo queda como sigue.

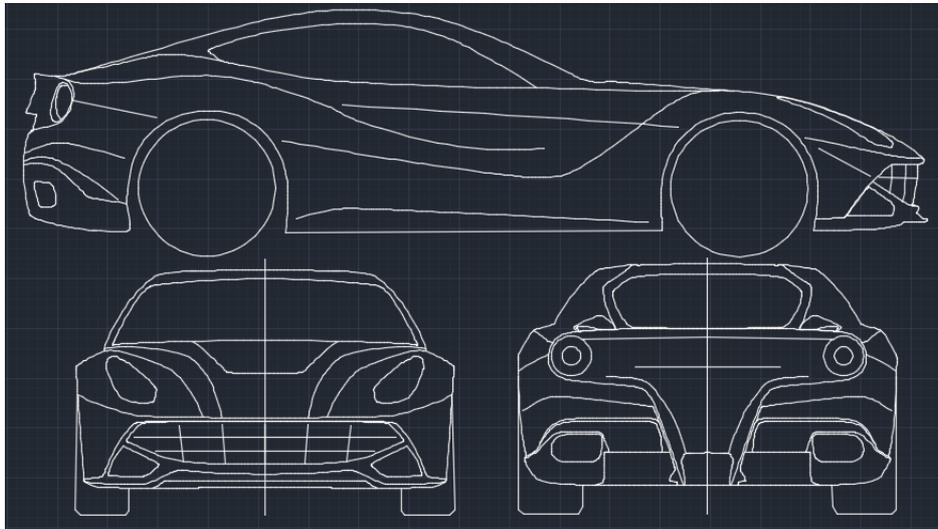


Imagen 15: Soporte digital de los elementos de forma del Ferrari F12 Berlinetta.

A la vista queda, tras lo anteriormente explicado, que el nivel de detalle de los modelos es demasiado elevado pero, como se ha dicho, se deja para posteriores ampliaciones del presente trabajo.

Con esto realizado para cada uno de los 22 modelos se procederá a la unión de todos ellos en un único documento CAD para su importación, y posterior tratado, en Rhinoceros. Para la realización dicho documento se clasificarán en “Coches antiguos”, es decir, automóviles deportivos de época y en “Coches actuales”. Quedando como se expone a continuación.

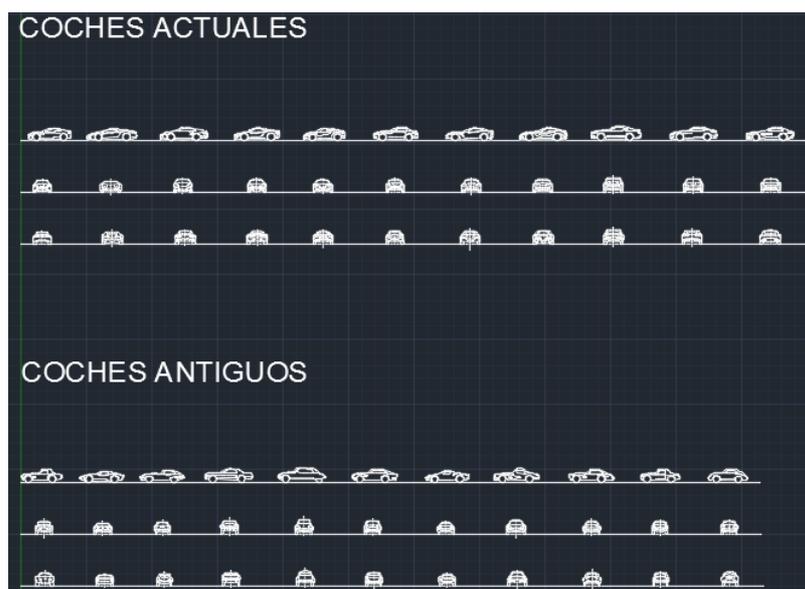


Imagen 16: Conjunto de los 22 automóviles estudiados.

3.2. DESARROLLO EN RHINOCEROS Y GRASSHOPPER

Tras los pasos anteriores es necesario importar el archivo .DXF, resultante de trabajar con el Autocad, a Rhinoceros para poder trabajar con éste a través de Grasshopper. Una vez importado se puede empezar a trabajar con él tal y como se explicará a continuación.

3.2.1. Breve introducción a la interfaz de Rhinoceros 5 y Grasshopper

El objetivo de este documento no es, ni mucho menos, explicar el funcionamiento de dicho software, no obstante es necesario conocer la interfaz de cada uno y sus utilidades en el caso estudiado para saber en cuál se está trabajando en cada momento a lo largo de la explicación del desarrollo objetivo de este apartado.

Por un lado tenemos el programa “Rhinoceros 5”, software basado en CAD, de representación y modelado 3D. Esta plataforma será la que nos facilitará la representación de los resultados que se vayan obteniendo del desarrollo del algoritmo así como, también, servirá de soporte como plataforma de entrada de datos, a través de la cual se realizarán las lecturas de los datos necesarios mediante Grasshopper.

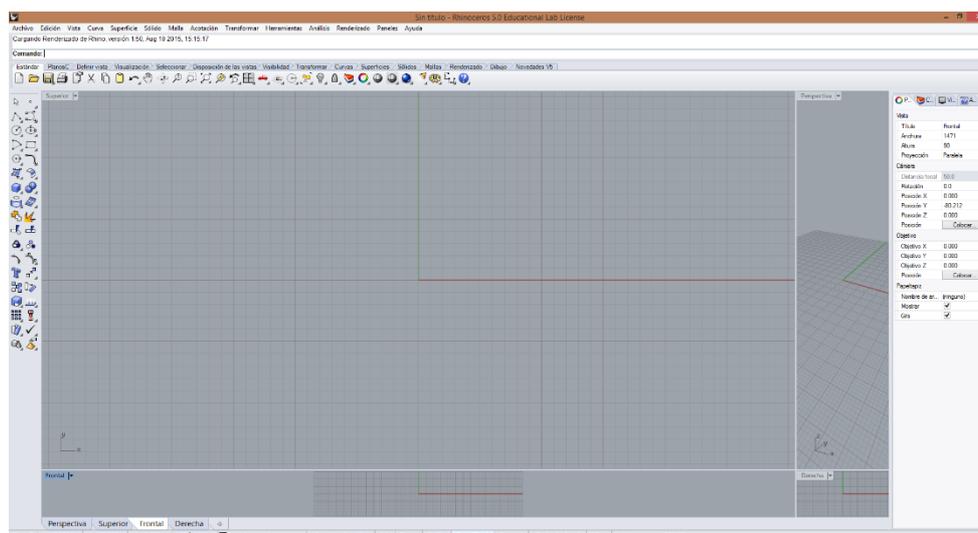


Imagen 17: Interfaz del programa Rhinoceros 5.

Como es posible observar en la imagen anterior, y como es evidente en todos los softwares de modelado 3D, Rhinoceros tiene un editor de elementos de 2 y 3 dimensiones con muchas posibilidades, editor que no se usará en el presente trabajo ya que todos los elementos que se necesiten se tendrán que plasmar desde Grasshopper para poder modificarlos automáticamente.

Por otro lado, se tiene el software Grasshopper que, como se ha mencionado anteriormente, no es más que una herramienta de Rhino, por lo que sin éste no se podría trabajar con el primero. La interfaz de Grasshopper muy sencilla. Se trata, simplemente, de un espacio de 2 dimensiones donde se pueden insertar las denominadas “cajas” que esconden en su interior una programación para realizar funciones lógicas y/o matemáticas desde muy simples hasta muy complejas. Mediante la unión de las

entradas y salidas de dichos elementos se puede formar algoritmos como el buscado en este documento.

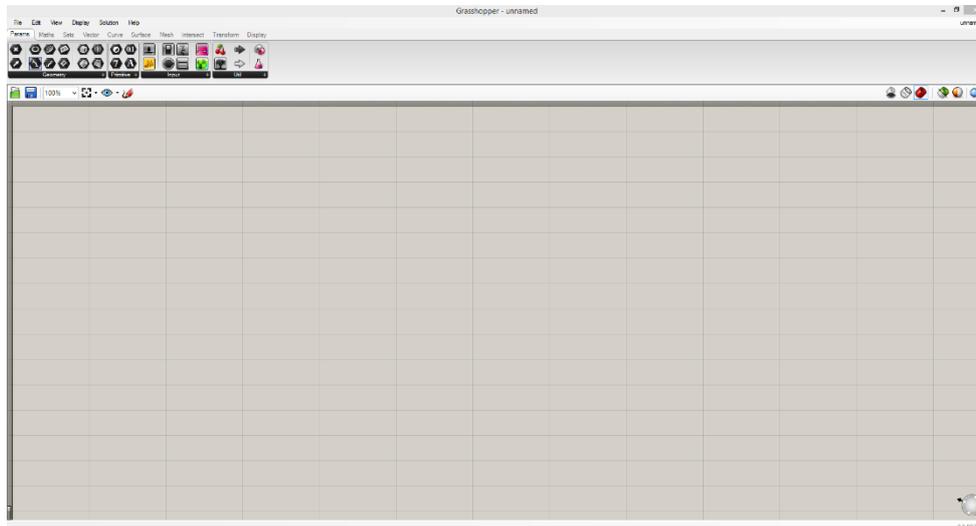


Imagen 18: Interfaz del programa Grasshopper.

3.2.2. Explicación del desarrollo del algoritmo buscado (V. Perfil)

Una vez que se conoce lo anteriormente expuesto se procede a explicar los pasos seguidos para la construcción del sistema generador buscado. El proceso con el que se espera llegar a desarrollar dicho sistema se basa en la elección de un elemento de cada uno de los 22 posibles para cada una de las partes que forman el perfilado de cada una de las vistas. A su vez se realizará un ajuste de tamaño de cada elemento y, tras éste, se ajustará todo de la forma más robusta posible para que no haya fallos en el sistema. El primer paso tomado es la lectura de todos los elementos correspondientes a cada parte y su ajuste de tamaño que se realizará tal y como muestra la imagen siguiente.

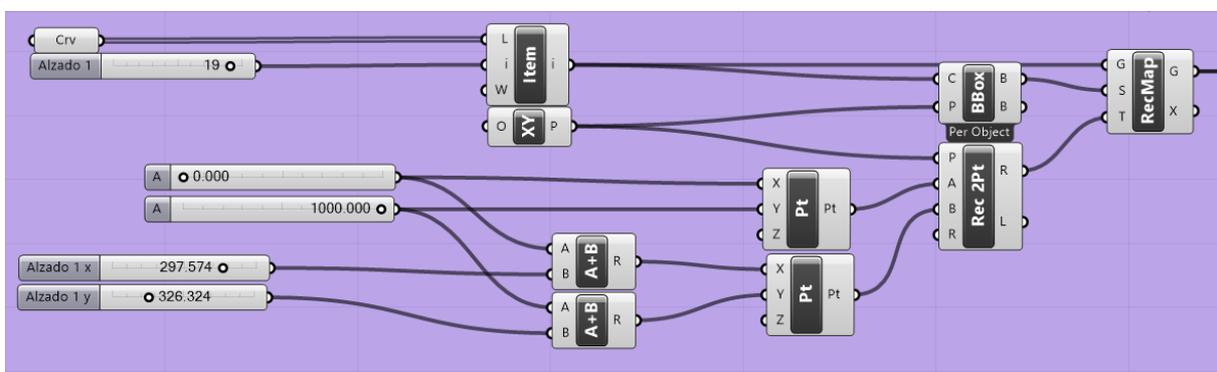


Imagen 19: Selección del elemento y ajuste de tamaño.

El funcionamiento de la estructura anteriormente se basa en la selección mediante una función de selección (Item) que selecciona una curva de todas la que le llegan de la lista de curvas (Crv) mediante otro selector (Alzado 1), tras esto se mapea dicha curva en un rectángulo de unas establecidas dimensiones (Alzado 1x y Alzado 1y). Para establecer las dimensiones usadas se ha medido las dimensiones del rectángulo que envuelve cada una de las curvas estudiadas. Para realizar esta medida se ha utilizado Rhinoceros que al seleccionar una curva te muestra las medidas de dicho rectángulo tal y como se ve en la siguiente imagen en la parte superior derecha en “Tamaño”.

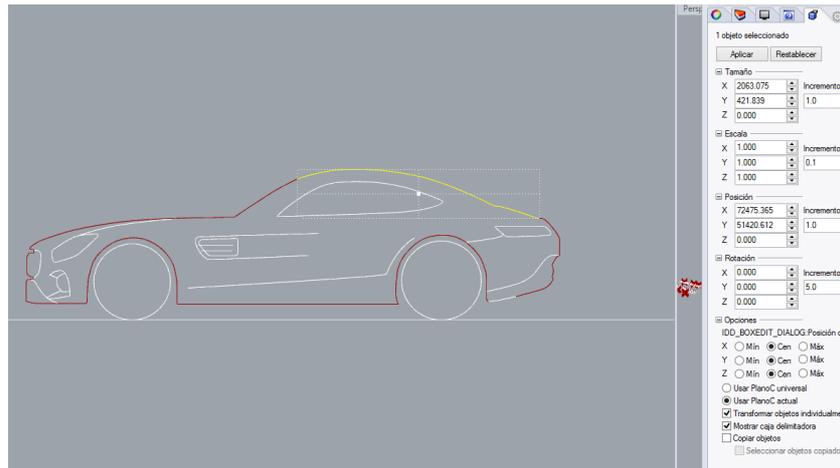


Imagen 20: Medición de las dimensiones del rectángulo que envuelve cada curva.

Tras realizar dichas mediciones se ha tenido en cuenta la mayor y menor de cada dimensión (“x” e “y”) y estos son los valores que se han introducido en los modificadores de cada curva. Esto se ha realizado para obtener en todo momento medidas reales.

Evidentemente, la estructura mostrada en la imagen 20 solo vale para una parte de una de las vistas. En el siguiente paso se replica para las cinco primeras partes (de la parte 1 a la 5, ver Imagen 13). Con lo que se produce la estructura mostrada en la siguiente imagen.

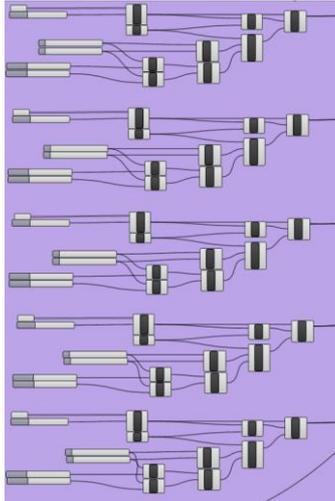


Imagen 21: Selección y ajuste de las primeras 5 partes.

Con esta disposición se selecciona una curva para cada una de las cinco primeras partes y se dibujan en las coordenadas especificadas de la interfaz de Rhinoceros. Para la mejor apreciación se han colocado de forma que siga la silueta de un automóvil para poder observar si sería posible que surgiera algún problema antes de coser cada una de sus partes quedando como se ve en la imagen posterior.

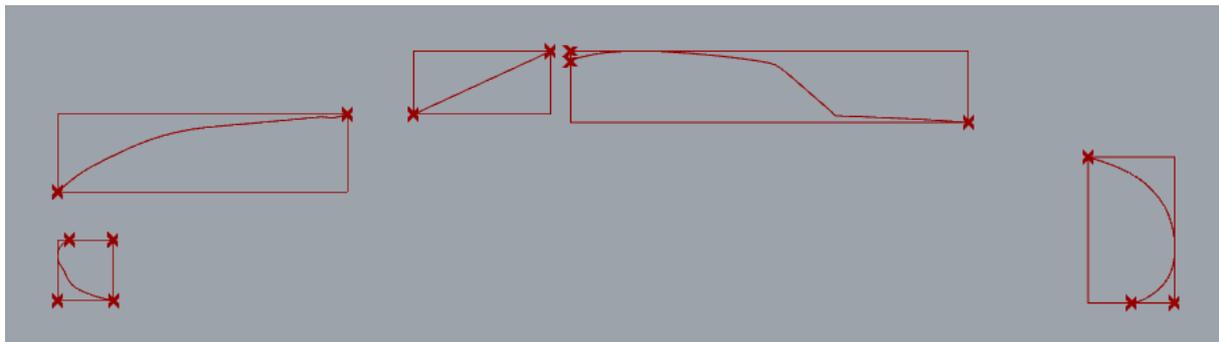


Imagen 22: Disposición de las 5 primeras partes en Rhinoceros.

Con las partes ya delimitadas y ajustado su tamaño al tamaño deseado se procederá a la unión de éstas para obtener una parte de la vista de perfil del automóvil generado montada. Claro está que esto no garantiza la solidez ya que no estará ajustada y podría presentar errores de diseño. Tras mencionar lo anterior, se pasará a describir la forma con la que se ha implementado la unión de las diferentes curvas correspondientes a cada una de las cinco primeras partes..

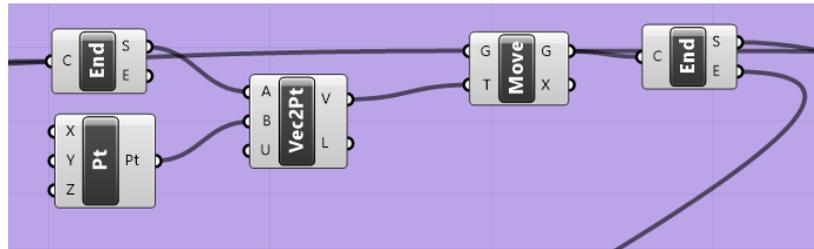


Imagen 23: Desplazamiento de la primera curva para su unión.

Este desplazamiento se implementa en Grasshopper como indica la figura anterior. La curva correspondiente a la parte 1 se moverá con respecto a su punto inicial. La función “Move” no mueve directamente la curva sino que realiza una copia y mueve dicha copia. Para terminar se identifican sus puntos inicial y final para poder llevar la siguiente curva desde su punto inicial al punto final de la primera y así sucesivamente. Se realizará el mismo proceso para cada una de las partes hasta que quede toda la parte superior del perfil completada quedando el archivo de Grasshopper tal y como se ve en la imagen siguiente.

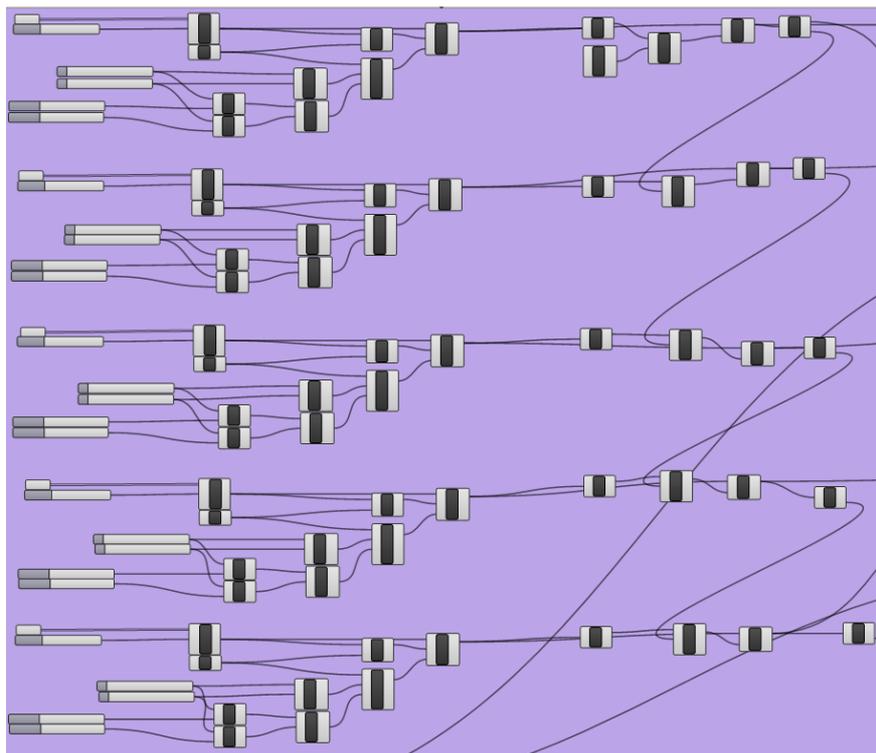


Imagen 24: Escalado y cosido de la parte superior del perfil.

Entendiendo este paso completamente es evidente que se deberá hacer lo mismo, siguiendo el mismo procedimiento, para la parte inferior del perfil. Es necesario comentar que estas dos partes se han separado para poder unir las por separado en un paso posterior con la idea de ajustar todos los posibles errores antes de coser el perfil completo. Por lo tanto, tras aplicar el mismo proceso a la parte inferior

del perfilado (curvas 7-10), tal y como muestra la imagen siguiente quedan dibujadas tanto la parte superior como la parte inferior.

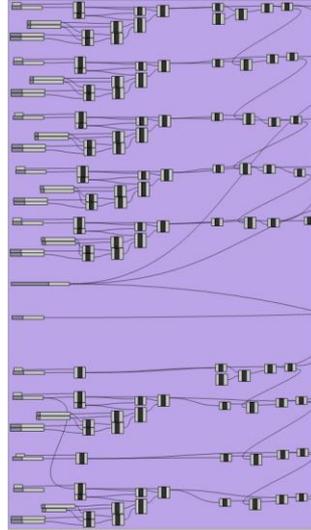


Imagen 25: Vista de Perfil escalada y cosida en dos partes

Con lo mostrado en la imagen anterior se obtiene, por un lado las curvas con sus nuevas dimensiones mapeadas en los rectángulos de destino y, tras esto, la unión de la parte superior por un lado y la parte inferior por otro tal y como se muestra a continuación.

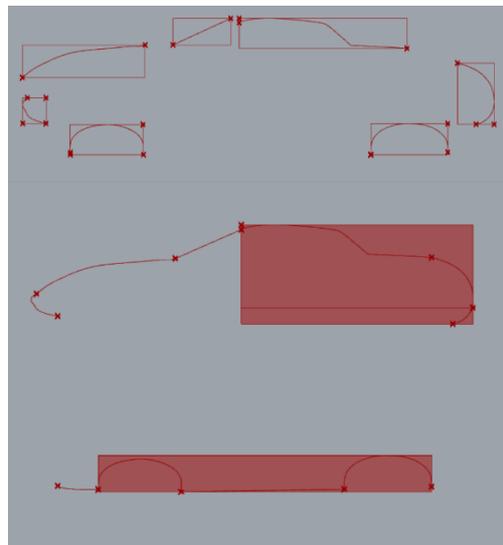


Imagen 26: Resultado del escalado y cosido de las dos partes.

Con este paso realizado, se observa un posible problema que habrá que remediar en la parte superior del perfilado. Se trata de la altura relativa de los puntos inicial y final, el punto inicial (a la izquierda de

la imagen) no puede estar más alto que el punto final (parte derecha) debido a la aerodinámica de la parte inferior del automóvil. En la imagen siguiente se muestra esta diferencia con mayor detalle.

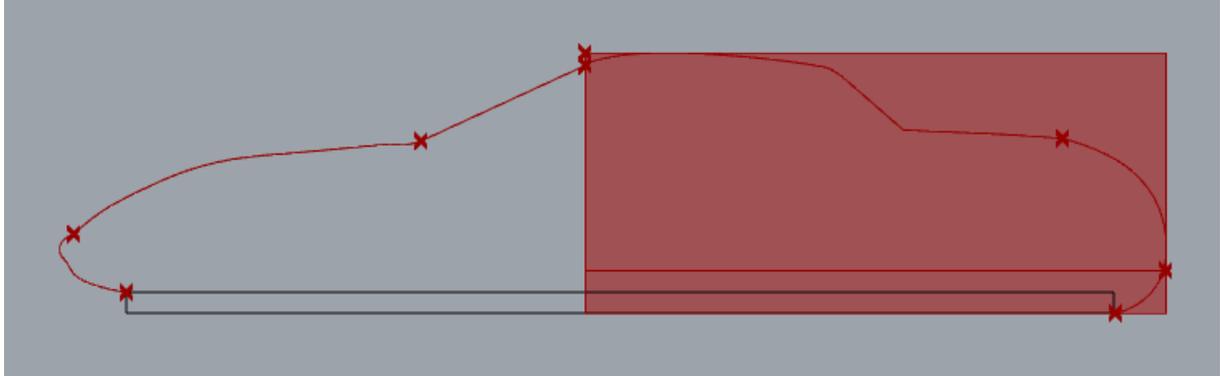


Imagen 27: Diferencia entre el punto inicial y final de la parte superior del perfilado de la vista de perfil.

Como se ve en la imagen, esta diferencia es notable y podría causar problemas. Pese a estar en la fase de diseño conceptual se ha decidido corregir este error para hacer un sistema más coherente y sólido. Para ello será necesario seguir extendiendo el algoritmo creado con Grasshopper.

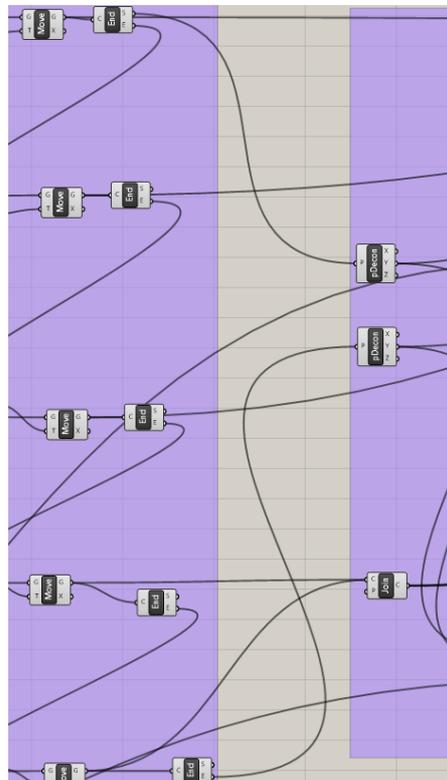


Imagen 28: Inicio del ajuste del perfilado superior de la vista de perfil.

Para realizar este paso es necesario información con la que hemos trabajado, por lo tanto, tal como se ve en la imagen, se conectará con todos aquellos elementos necesarios como son los puntos inicial y final de la parte superior del perfilado de los que se ha hablado anteriormente, las diferentes curvas que lo forman junto con el selector de la distancia deseada (no mostrado en la imagen). Todo esto hará posible realizar el ajuste necesario para que el problema anteriormente mencionado no tenga lugar. Con los puntos inicial y final definidos, se realizará la diferencia de su cota en “y” para, a través de dicha diferencia, decidir mediante un condicional tipo “If” cuál de las dos opciones que le llegan se representa. Las dos opciones que llegarán a dicho condicional son, por un lado, la curva tal cual está (para aquellos casos en los que no haya problema) y, por otro, la curva correctamente redimensionada para que ajuste en su lugar sin ocasionar dicho fallo. Es necesario comentar que, a su vez se ha incluido un selector para decidir cuál será la diferencia mínima entre la cota “y” de los puntos estudiados para poder tener aún más control sobre este aspecto y dado a que en numerosas ocasiones en este tipo de automóviles la parte trasera se encuentra considerablemente más alta que la delantera.

En cuanto a la siguiente parte del ajuste, una vez con la curva correctamente ajustada, se realiza el cosido de dicha curva junto con el resto de las curvas componentes del perfilado superior de la vista estudiada. Todo este proceso queda recogido en la siguiente imagen.

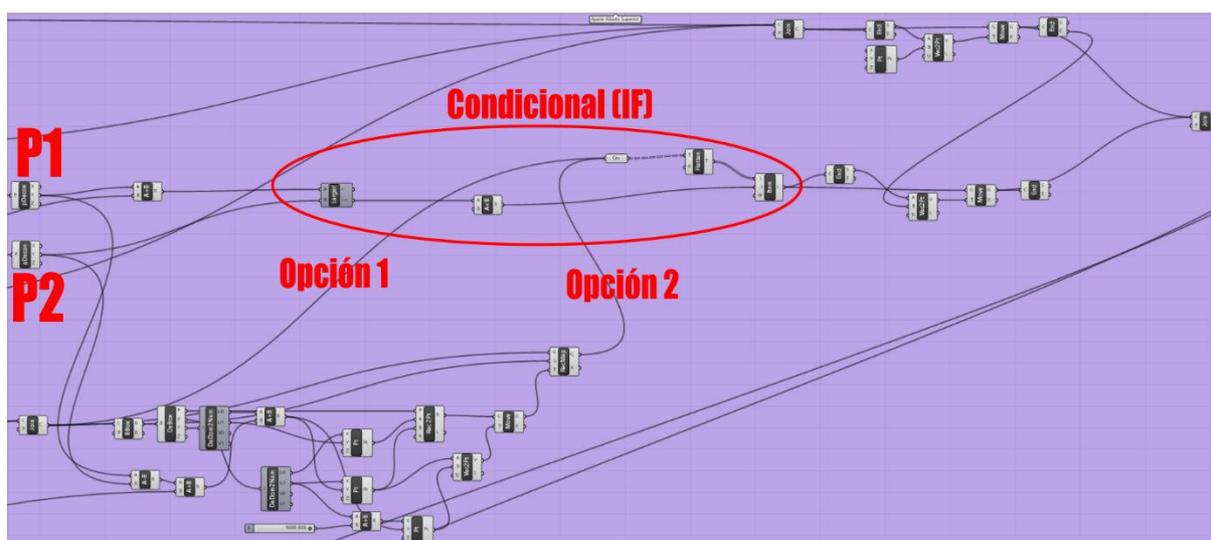


Imagen 29: Ajuste del perfilado superior de la vista de perfil.

Para su correcta comprensión se han indicado la función de algunos elementos de los anteriormente explicados (en rojo en la imagen). Tras esto queda ajustada la parte superior del perfilado de la vista de perfil. Lo siguiente en hacer será unir la parte inferior con la superior. Se ha decidido que la parte que mantendrá su tamaño será la superior pues es el elemento más representativo e importante. Por lo tanto se procederá al ajuste de la parte inferior para que encaje perfectamente en el espacio del que dispone la parte superior. Para realizar dicho ajuste se ha seguido el proceso representado en la imagen siguiente. En este caso no se han indicado la función de sus grupos de elementos ya que es más difícil clasificarlo debido a que estos elementos son altamente interdependientes.

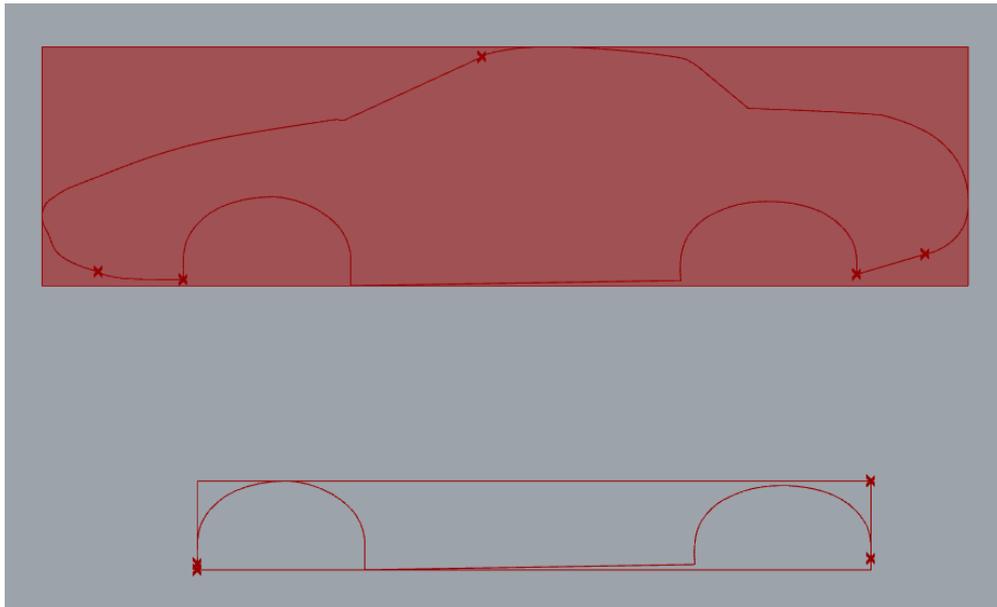


Imagen 31: Perfilado de la vista de perfil del objeto estudiado.

Quedando esta parte completada se pasará a desarrollar la implementación de las vistas frontal y trasera de los automóviles para completar las tres vistas estudiadas.

3.2.3. Explicación del desarrollo del algoritmo buscado (V. Frontal)

Para la realización de esta parte, se seguirá un procedimiento parecido al anterior, primero redimensionado, tras éste un cosido y, para acabar, el ajuste de los posibles errores. Para la realización del primer paso se ha seguido la siguiente estructura de Gasshopper.

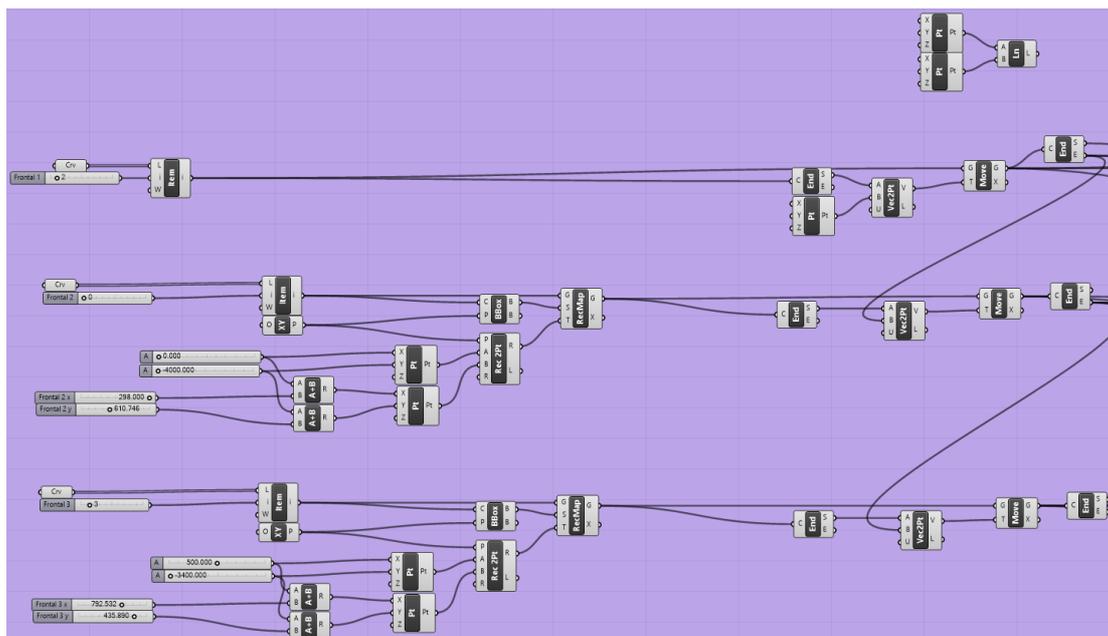


Imagen 32: Escalado y cosido de la vista frontal.

Es posible observar en la imagen anterior las estructuras repetidas con respecto a la realización de la anterior vista. Tanto el redimensionado como la unión siguen la misma estructura de construcción que en el apartado anterior en dos de sus tres partes. Por otro lado, se tiene la creación del eje de simetría (parte superior derecha de la imagen) y se puede observar que en la parte 1 de esta vista no se ha usado la estructura usada para el ajuste de tamaño, esto es debido a que no es necesario dicho ajuste para esta curva ya que se trata, en su mayoría, de una simple línea horizontal que solo nos indica longitud. El resultado de aplicar lo anteriormente explicado da lugar a los resultados representados en la imagen siguiente.



Imagen 33: Resultado del escalado y cosida de la vista frontal.

Con esto quedaría la vista completamente representada a falta, únicamente, de la aplicación de la simetría necesaria. No obstante es posible observar un error que ocurre con la representación anterior, la última curva encuentra su último punto una vez cruzado el eje de simetría. Como el detalle de la imagen anterior es algo bajo para percibir correctamente este error, se muestra completamente en la imagen de a continuación.

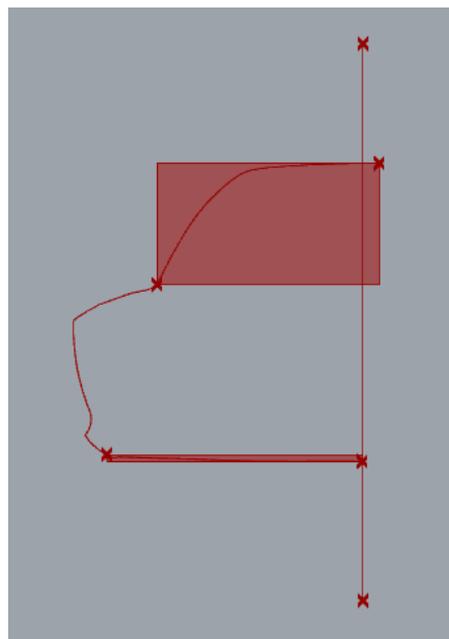


Imagen 34: Ampliación del problema de la vista frontal.

Tras poder visualizar el problema con mayor detalle, es fácil concluir que es un error que hay que corregir ya que puede dar lugar a confusiones en la lectura de los resultados finales debido a que puede provocar líneas dobles o incluso aberturas en el diseño. Para corregir dicho error y ajustarlo correctamente se ha seguido el procedimiento explicado a continuación.

Por un lado, se ha pensado en que la solución al problema anterior se puede dar por dos caminos diferentes (Opción 1 y Opción 2) dependiendo de qué curva se ajuste a qué punto. Así pues, se ha decidido implementar las dos posibles soluciones para condicionar lo menos posible los resultados. Una de las opciones ajustará la curva superior en la coordenada "x" a la misma coordenada en "x" que el punto inicial de la curva 1 (inferior), la otra opción hará lo contrario. El procedimiento en el primer caso se realizará identificando la diferencia en x entre un punto y el otro, sabiendo esto se creará un rectángulo que vaya desde el punto final de la parte 2 hasta la coordenada en "x" necesaria. Tras esto se mapeará la curva de la parte 3 en ese rectángulo para conseguir que los dos puntos, inicial y final, acaben en el eje de simetría. La estructura a seguir en el segundo caso es la misma pero ajustando al punto final de la curva perteneciente a la parte 3. Tras esto las dos opciones se insertarán en un selector para poder decidir qué camino utilizar. La imagen siguiente representa la estructura utilizada para realizar dicho procedimiento.

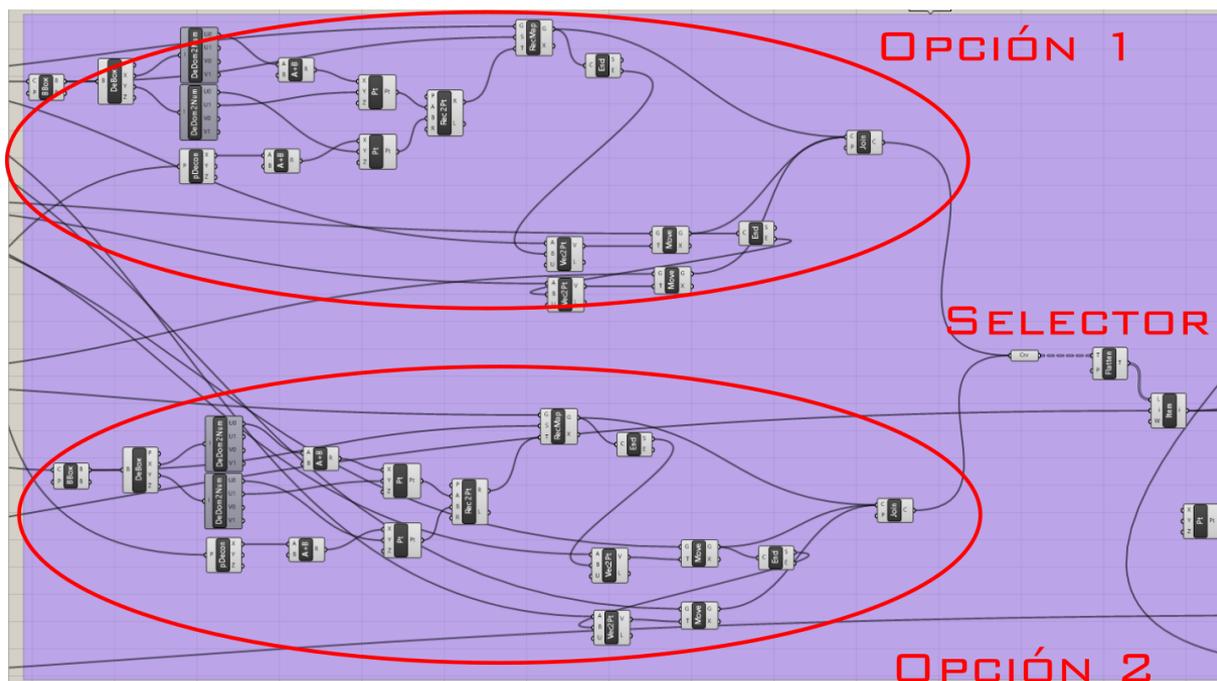


Imagen 35: Ajuste de la vista frontal parte 1.

Las dos opciones anteriormente explicadas producen dos vistas frontales diferentes debido a su diferencia en coordenada horizontal. Estas dos opciones se ven representadas en la imagen siguiente donde es fácil observar la diferencia entre ellas y donde quedan representados los rectángulos usados para mapear dichas curvas en su interior.

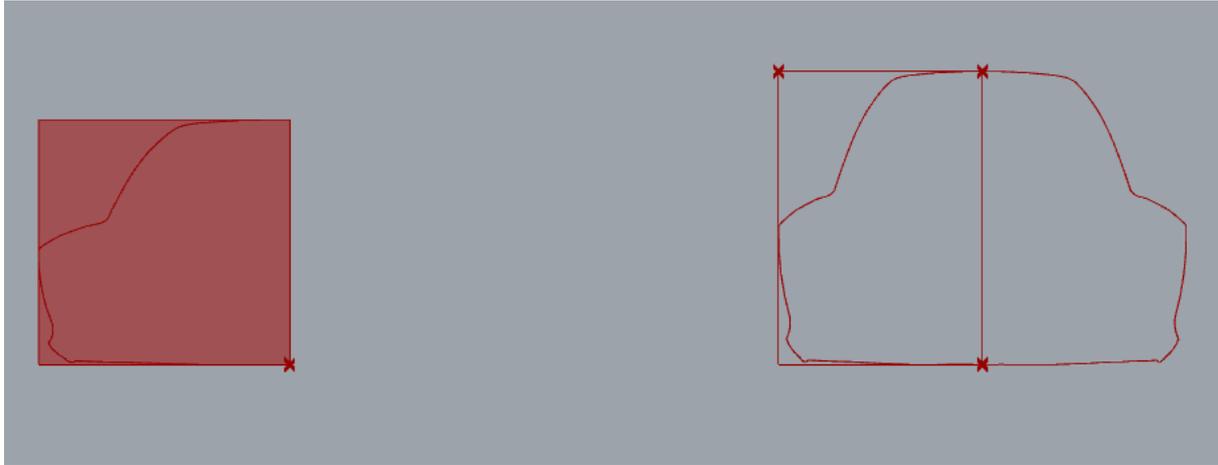


Imagen 38: Redimensionado en el eje vertical y simetría de la vista frontal.

Con todo lo anterior se da por terminada la representación de la vista frontal y se da paso a la descripción del procedimiento seguido para la implementación de la última de las tres vistas estudiadas, la vista trasera.

3.2.4. Explicación del desarrollo del algoritmo buscado (V. Trasera)

En cuanto a la última vista que queda por definir hay que destacar que su estructura es exactamente igual a la de la vista frontal. Es decir, se basa en tres curvas, la inferior, la que une ésta con el final del capó y la parte superior que coincide en altura con el comienzo de la luna frontal/trasera. Por lo tanto, es posible utilizar la misma estructura explicada anteriormente, quedando los resultados del programa Grasshopper como se plasma en la imagen siguiente.

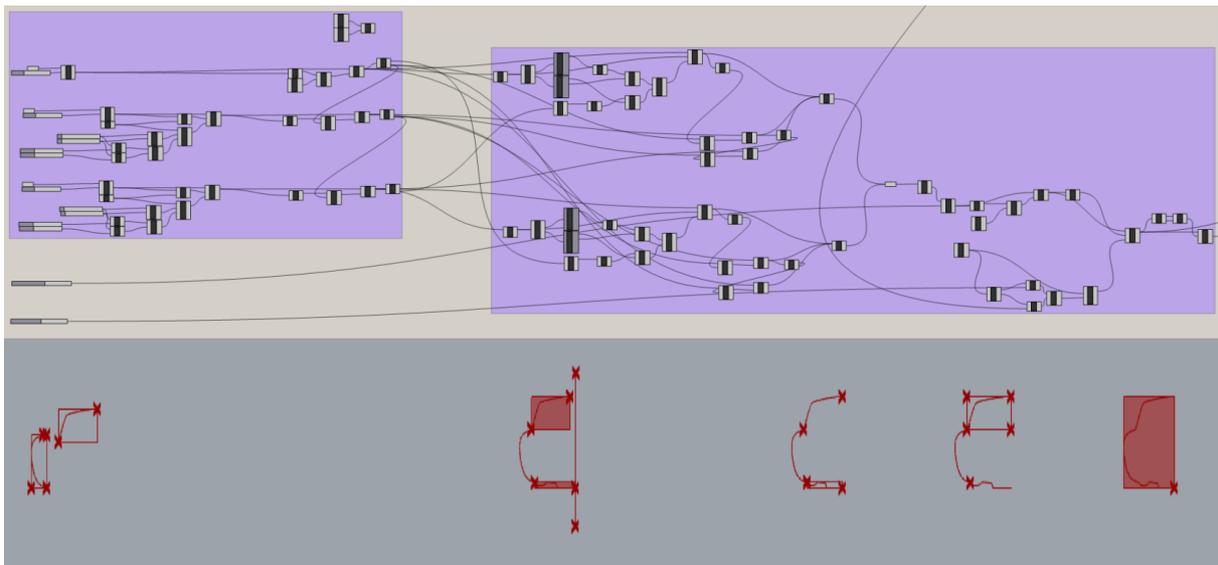


Imagen 39: Implementación en Grasshopper y visualización del proceso de creación de la vista trasera.

Quedando, tras aplicar simetría, la vista trasera de la forma que ilustra la imagen posterior.

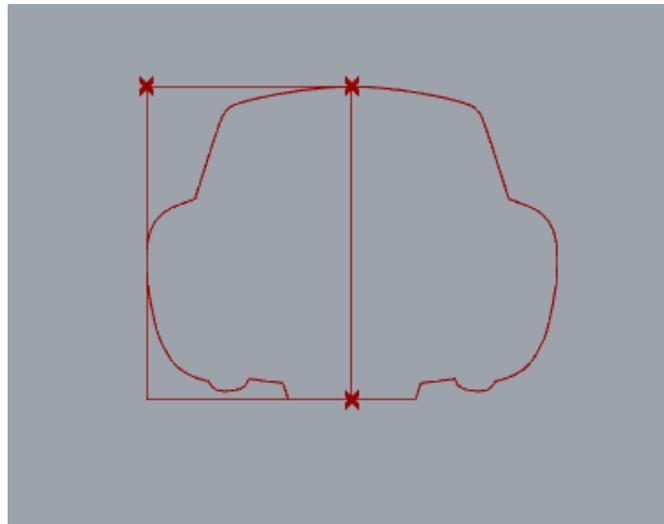


Imagen 40: Vista trasera completa.

Con todo esto se da por finalizada la creación de los perfilados de las vistas del objeto buscado, solo será necesario su desplazamiento para colocar los resultados en una zona correcta para su presentación. Este paso se realiza mediante acciones simples y conforman la última parte de la implementación en Grasshopper.

3.3. RESULTADOS

Tras el desarrollo completo de la implementación del algoritmo necesario en Grasshopper se obtienen todos los posibles perfilados que resultan de la combinación, transformación y ajuste de los 22 modelos en los que se basa el actual documento. Cabe destacar el enorme número de posibles soluciones a obtener con el algoritmo descrito que, contando solo con los selectores de las 22 curvas para cada una de las partes (en total 15 partes, 9 de la vista de perfil y 3 partes más por cada una de las otras dos vistas), supera el billón de posibilidades.

$$\text{Número de posibles soluciones} = 22^{15} = 1.36880068 * 10^{20}$$

Con todo lo anteriormente desarrollado, la implementación del algoritmo actuará sobre Rhinoceros creando y editando curvas y elementos basándose en la estructura creada en Grasshopper. La siguiente imagen muestra los resultados obtenidos a través de la interfaz de Rhinoceros junto a su plug-in Grasshopper.

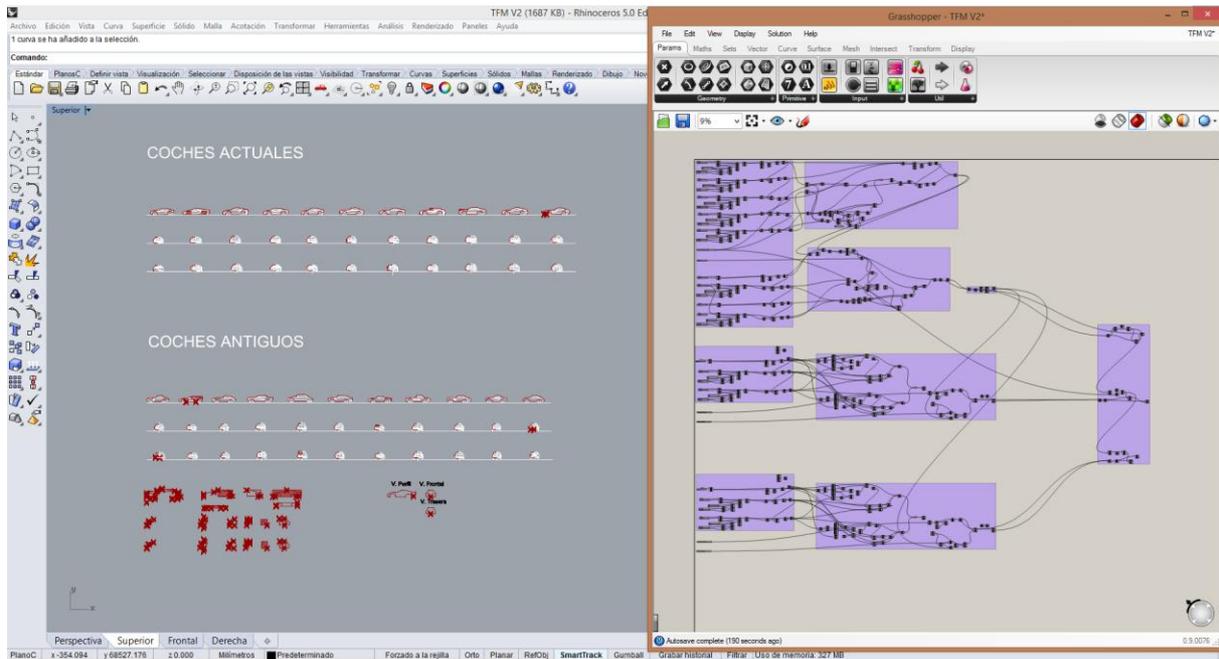
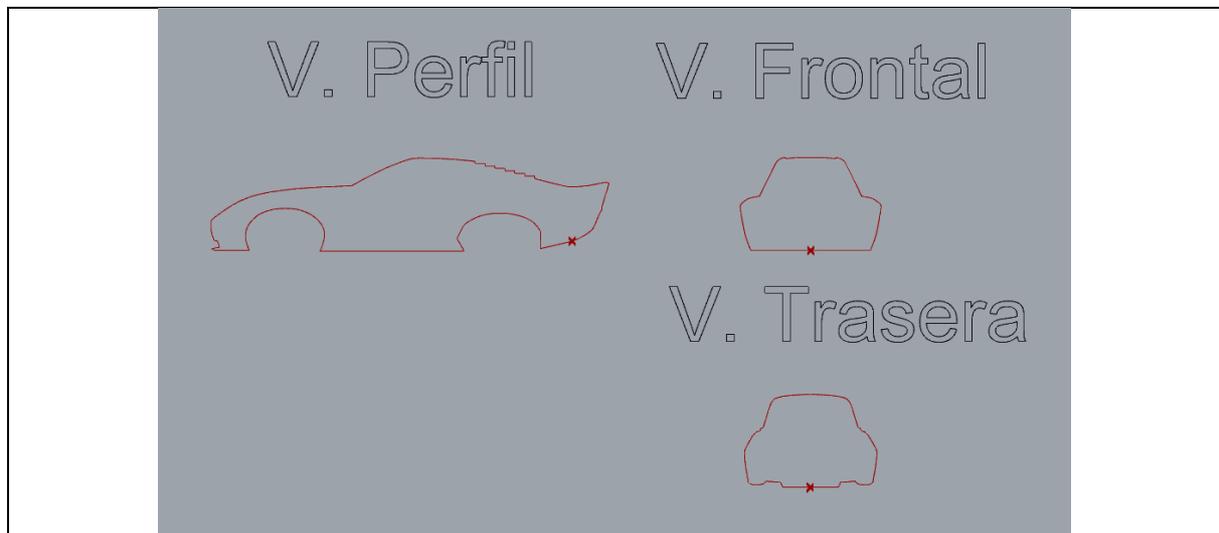
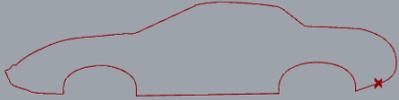
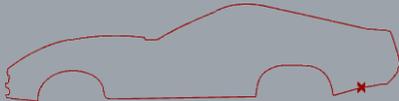
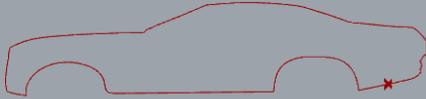
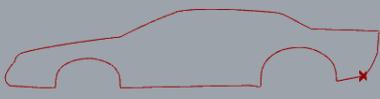
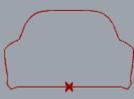


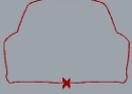
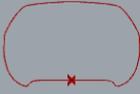
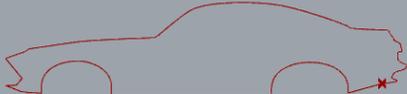
Imagen 41: Algoritmo completado visualizado a través de Rhinoceros junto con Grasshopper.

Tras esto, se expondrá una tabla con algunas de las posibles soluciones donde será posible ver la forma en la que se presentarán los resultados a través del software Rhinoceros. Los ejemplos de resultados son los siguientes.



	<p>V. Perfil</p>  <p>V. Frontal</p>  <p>V. Trasera</p> 	
	<p>V. Perfil</p>  <p>V. Frontal</p>  <p>V. Trasera</p> 	
	<p>V. Perfil</p>  <p>V. Frontal</p>  <p>V. Trasera</p> 	

	<p>V. Perfil</p> 	<p>V. Frontal</p>  <p>V. Trasera</p> 	
	<p>V. Perfil</p> 	<p>V. Frontal</p>  <p>V. Trasera</p> 	
	<p>V. Perfil</p> 	<p>V. Frontal</p>  <p>V. Trasera</p> 	

	<p>V. Perfil</p> 	<p>V. Frontal</p>  <p>V. Trasera</p> 	
	<p>V. Perfil</p> 	<p>V. Frontal</p>  <p>V. Trasera</p> 	
	<p>V. Perfil</p> 	<p>V. Frontal</p>  <p>V. Trasera</p> 	

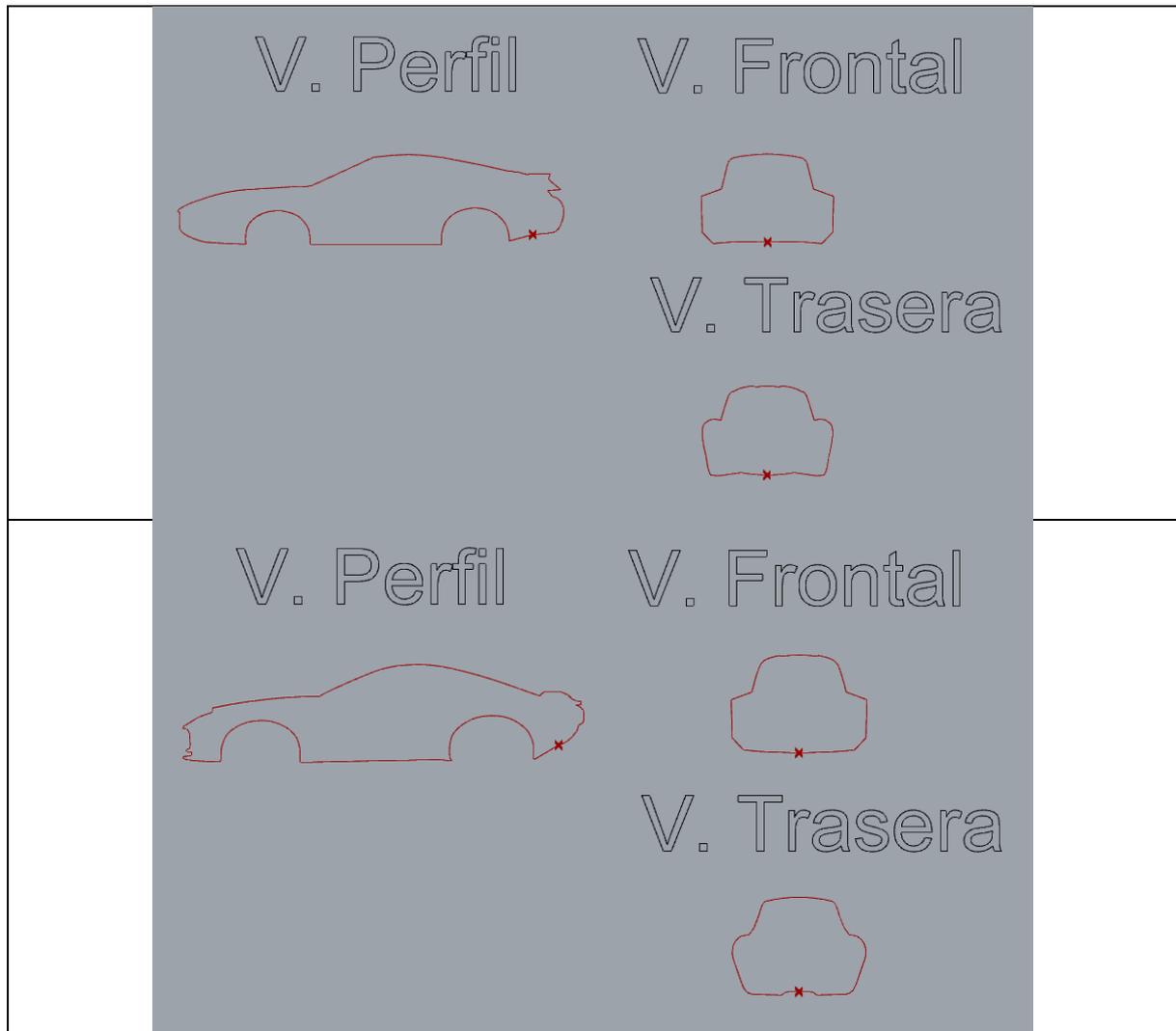


Tabla 1: Presentación de resultados.

Tras la exposición de los resultados anteriores es necesario comentar que éstos son solo algunos ejemplos de las posibilidades del algoritmo generado mediante este TFM. También es necesario comentar que a cada curva que cambiamos con alguno de los diferentes selectores se ajustará todo instantáneamente pudiendo ver cómo cambian los resultados a la vez que se cambian las selecciones de las curvas y/o demás parámetros.

DISCUSIÓN

En esta sección se presenta una discusión del estudio del desarrollo de un sistema generador de conceptos de automóvil deportivo mediante diseño generativo. Estudio mediante el cual se buscaba obtener un sistema robusto y capaz de modificar las diferentes curvas ejemplo para obtener unos resultados completamente innovadores y generados con exactitud.

Inicialmente se perseguía la completa obtención, mediante shape grammars, de las tres vistas más representativas del objeto estudiado, siguiendo así el ejemplo de resultados de trabajos previos como el realizado por Cagan y Smith en 2006 sobre vehículos cross-over. Además, en un inicio se quería llegar a implementar el algoritmo generativo usado de modo que generara opciones automáticamente, sin necesidad de cambiar las variables manualmente. Todo esto unido a que, tras la correcta realización de todo lo anterior, se pensó en implementar un control que permitiera decidir qué porcentaje de automóvil de época se quería utilizar para la realización de los conceptos resultado.

Por otro lado, los resultados obtenidos representan el perfilado de las tres vistas buscadas, con control sobre todos los aspectos de éstas. Dichos resultados superan en calidad a las expectativas consideradas en un principio ya que son capaces de generar un gran número de alternativas, todas con diferencias sustanciales entre ellas y, a su vez, muy sólidas, es decir, la gran mayoría de las soluciones representan nuevos conceptos de automóviles deportivos con gran nivel de detalle y claridad y sin ningún tipo de error. A diferencia de trabajos como el realizado por Cluzel, Yannou y Dillmann en 2013, todos los resultados obtenidos se encuentran completamente definidos.

Por último, las diferencias en cuanto al alcance de los resultados que aparecen entre el objetivo inicial y los resultados finales se deben casi en su totalidad a la falta de tiempo para poder producirlos. En un principio se pensaba que el proceso se realizaría con un coste de tiempo mucho menor en cada paso, por lo que el cálculo inicial de tiempo era completamente erróneo. También es necesario comentar que existe una diferencia en cuanto a la calidad de los resultados obtenidos y esta es que la calidad de los resultados supera a la esperada en los inicios del trabajo. Esto es debido al aprendizaje, tanto del software Grasshopper como de los "Shape Grammars", producido durante la realización del mismo, lo que ha permitido mejorar dicho aspecto y poder obtener unos resultados superiores a lo esperado.

CONCLUSIÓN

En este apartado se mostrarán las conclusiones obtenidas tras la realización del presente documento, en las que se realizará un resumen de lo analizado, de lo que se ha propuesto, de cómo se ha tratado de alcanzar y de los resultados obtenidos junto con un posible camino a seguir para la continuación del trabajo.

En primer lugar, se analizaron diferentes artículos y documentos relacionados con la creación de conceptos de diferentes objetos mediante shape grammars y algoritmos generativos. De entre ellos se prestó especial atención a los relacionados con vehículos y, sobre todo, a los relacionados con automóviles. Se observaron múltiples maneras de alcanzar el objetivo, ya que cada uno de los artículos/trabajos analizados realizaba la implementación de manera única. Pese a esto, se observaron varias posibles vías generales a seguir en la creación de los resultados buscados.

En el siguiente paso se propuso una meta a alcanzar, que no es otro que la obtención de las diferentes vistas necesarias para la completa definición de un automóvil deportivo a través de diferentes ejemplos. Todo ello con un control absoluto de cada elemento y buscando unos resultados muy sólidos y con buena calidad.

A continuación, se intentó llegar al objetivo a través de la obtención del sistema generador buscado. Para ello fue necesaria la creación de los Shape Grammars mediante el estudio de los diferentes componentes de los ejemplos propuestos. Tras esto se creó dicho sistema. Para la implementación se propuso que el sistema generara las diferentes alternativas mediante la elección y redimensionado de los diferentes elementos que componen los resultados, seguido de su posterior cosido y ajuste a través del software escogido.

En cuanto a los resultados obtenidos, son muy sólidos, con pocos errores y de una calidad muy alta. No obstante no se muestran las vistas completas, solo el perfilado, por lo que un posible camino a seguir para la ampliación del estudio realizado sería la implementación de una nueva parte del algoritmo que genere todo el interior de las vistas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aqeel A B (2015) Development of visual aspect of Porche Brand using CAD technology. *Procedia Technology* 20 (2015) 170-177
- Arawal M, Cagan J (1998) A Blend of Different Tastes: The Language of Coffemakers, Environment and Planing B: Planning and Design, 25:205-226
- Arawal M, Cagan J (2000) On the use of shape grammars as expert systems for geometry based engineering design. *AIEDAM* 14:431-439
- Bäck, T., F. Hoffmeister and H.P. Schwefel, (1992). "Applications of Evolutionary Algorithms", Technical Report SYS-2/92, University of Dortmund, Department of Computer Science, 1992.
- Barros M (2011) Digital Thonet: an automated system for the generation and analysis of custom-made chairs
- Benrós D, Duarte J (2012) A New Palladian Shape Grammar
- Brunori A (2016), Architectural modelling of an olive tree: Generative tools for the scientific visualization of morphology and radiation relationships
- Cagan J, Smith R (2006) Creating cross-over vehicles: Defining and combining vehicle clases using shape grammars.
- Castro e Costa E (2013) Mass customization of ceramic tableware through digital technology
- Cheong Lee H, Herawan T y Noraziah A (2011), Evolutionary grammars based design framework for product innovation. *Procedia Technology* 1 (2012) 132-136
- Cheutet F (2007) 2D semantic sketcher for a car aesthetic design, Proc. CPI 2007 Conception et Production Integrees, Rabat, Maroc.
- Cluzel F, Yannou B y Dilhmann M (2013), Using Evolutionary Design to Interactively Sketch Car Silhouettes ans Stimulate Designer's Creativity
- Cui J (2013) Integrating shape grammars into a generative system for Zhuang ethnic embroidery design exploration
- Hing Chau H (2004) Evaluation of a 3D Shape Grammar Implementation
- Kelly J, Papalambros P Y y Seifert C M (2008), "Interactive Genetic Algorithms for use as Creativity Enhancement Tools," AAI (2008) Spring Symposia, Palo Alto, California, USA.
- Milena S, Ognen M (2011) Application of Generative Algorithms in Architectural Design

Pugliese M J y Cagan J (2002) Capturing a Rebel: Modeling the Harley- Davidson Brand through a Motorcycle Shape Grammar, Research in Engineering Design- Theory Applications and Concurrent Engineering. 13:139-156

Stiny G (1980) Introduction to shape and shape grammars. Environ Planning B 7:343-351

Stiny G (1991) The algebras of design. Res Eng Design 2:171-181

Stiny G, Gips J (1972) Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture. En Freiman CV (ed) Information Processing 71. North Holland, Amsterdam

Stiny G, Gips J (1980) Production systems and grammars: a uniform characterization. Environ Planning B 7:399-4

Ulu E (2009) A Shape Grammar Model To Generate Islamic Geometric Pattern

ONLINE:

[Imagen "Blueprint del Ferrari F12 Berlinetta"] Recuperado de: <http://www.the-blueprints.com/blueprints-depot/cars/ferrari/ferrari-f12-2013.png> a 26/01/2017



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

PRESUPUESTO



PRESUPUESTO

Uno de los objetivos de un Trabajo de Fin de Máster es evaluar el coste del estudio realizado mediante un presupuesto correctamente realizado. En este TFM se ha dividido dicho presupuesto en varias partes para los diferentes tipos de gasto evaluando, así, con más exhaustividad cada caso. Dichas partes son: Software, Hardware, Proceso y un Resumen final.

Para la realización del presente presupuesto se ha trabajado con el supuesto de que el autor de este TFM se encuentra trabajando de autónomo y se le encarga la realización del trabajo descrito en la memoria por una empresa ajena, por lo que los datos introducidos hacen relación a este caso ya que son dependientes del mismo.

SOFTWARE

En este capítulo se calculará la parte del presupuesto que hace relación a las licencias del software necesario. Como se ha dicho anteriormente en la memoria dicho software no es otro que Autocad Y Rhinoceros 5, junto con su herramienta Grasshopper. Dicho cálculo se ha realizado teniendo en cuenta el coste unitario por año y las horas de trabajo necesario en cada uno de los programas.

Software	Horas laborales al año (h)	Horas de realización del TFM (h)	Coste unitario (€/unidad y año)	Coste (€)
Autocad	2080	30	1708	24,63
Rhinoceros 5 + Grasshopper	2080	255	995	121,98
			TOTAL	146,62

Tabla 1: Coste del Software necesario.

HARDWARE

Para la realización del trabajo es necesario contar con un ordenador capaz de funcionar correctamente con estos dos programas. Así pues se ha contado con un ordenador de sobremesa sobradamente capaz de mover dichos softwares con un periodo de amortización de 4 años.

Hardware	Horas laborales al año (h)	Horas de realización del TFM (h)	Coste unitario (€/unidad y año)	Amortización (%)	Coste (€)
PC de sobremesa	2080	300	1150	25	41,47
				TOTAL	41,47

Tabla 2: Coste del Hardware.

PROCESO

En este apartado se explica la parte del presupuesto que representan las horas empleadas por un ingeniero industrial en realizar todo el trabajo necesario para llegar a los resultados buscados. Se ha tenido en cuenta un coste de 60€/h considerando que se trata de una empresa encargando un proyecto a otra empresa/autónomo y, tras estudiar precios actuales del mercado español en este caso, considerando que es el precio estándar por este tipo de empleado.

Proceso	Tiempo invertido (h)	Coste unitario (€/h)	Coste proceso (€)
Estudio de la gramática de forma de los modelos	15	60	900
Elaboración de la gramática de forma en formato CAD	30	60	1800
Elaboración de algoritmo generador de la V.Perfil	135	60	8100
Elaboración de algoritmo generador de la V.Frontal	115	60	6900
Elaboración de algoritmo generador de la V.Trasera	5	60	300
		TOTAL	18000

Tabla 3: Cálculo de coste de la mano de obra.

RESUMEN

A continuación se representa una tabla que compone el resumen de todo lo anteriormente presupuestado junto con su precio total, tras la aplicación del IVA y el BI (Beneficio Industrial).

CAPÍTULO	Coste (€)
1- Software	146,62
2- Hardware	41,47
3- Proceso	18000,00
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	18188,08
Beneficio Industrial (BI) (6%)	1091,29
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	19279,37
IVA(21%)	4048,67
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	23328,04

Tabla 4: Presupuesto final.

Por lo que el total del presente presupuesto asciende a: VEINTITRÉS MIL TRECIENTOS VEINTIOCHO EUROS CON CUATRO CENTIMOS.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

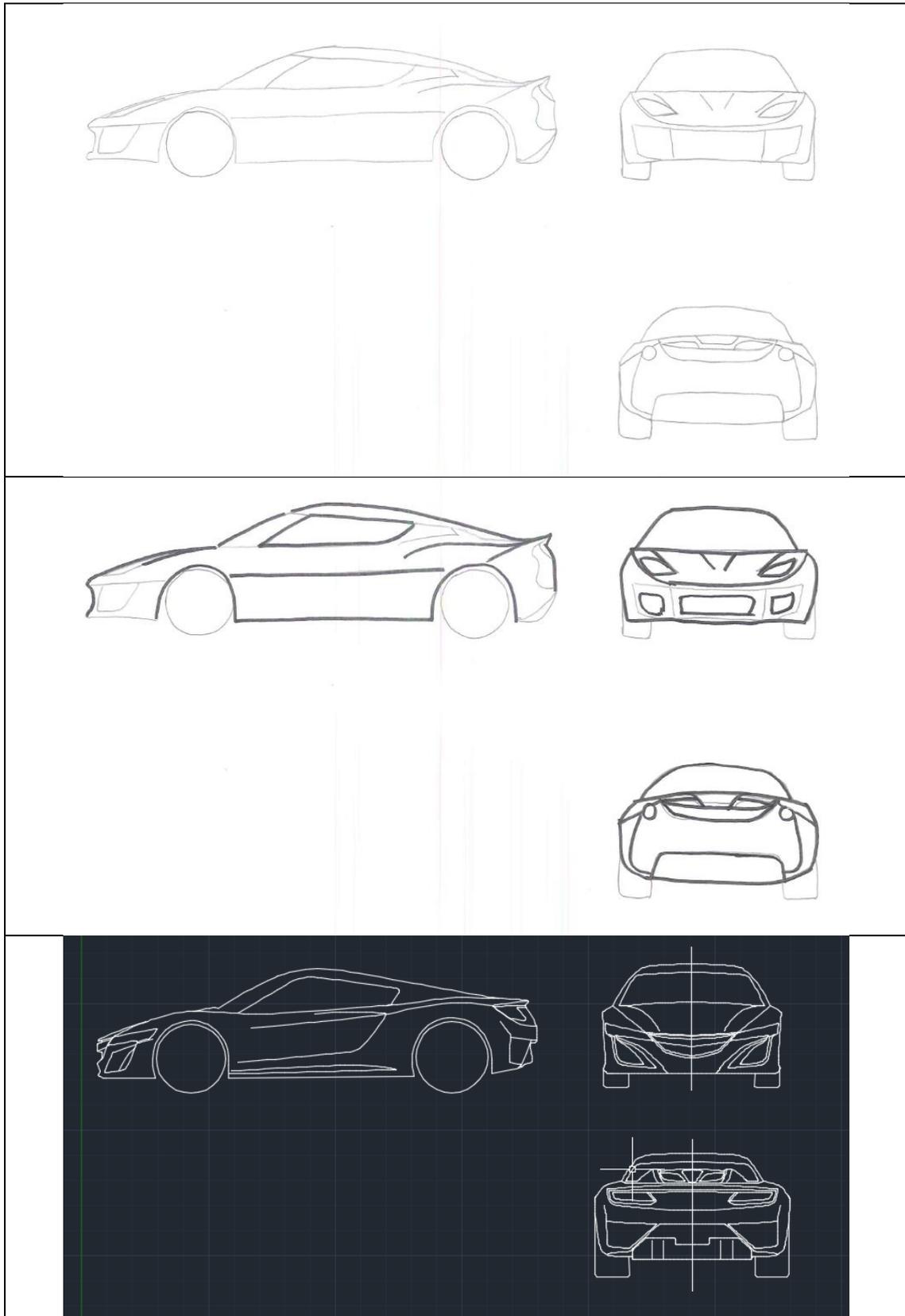
ANEJO 1

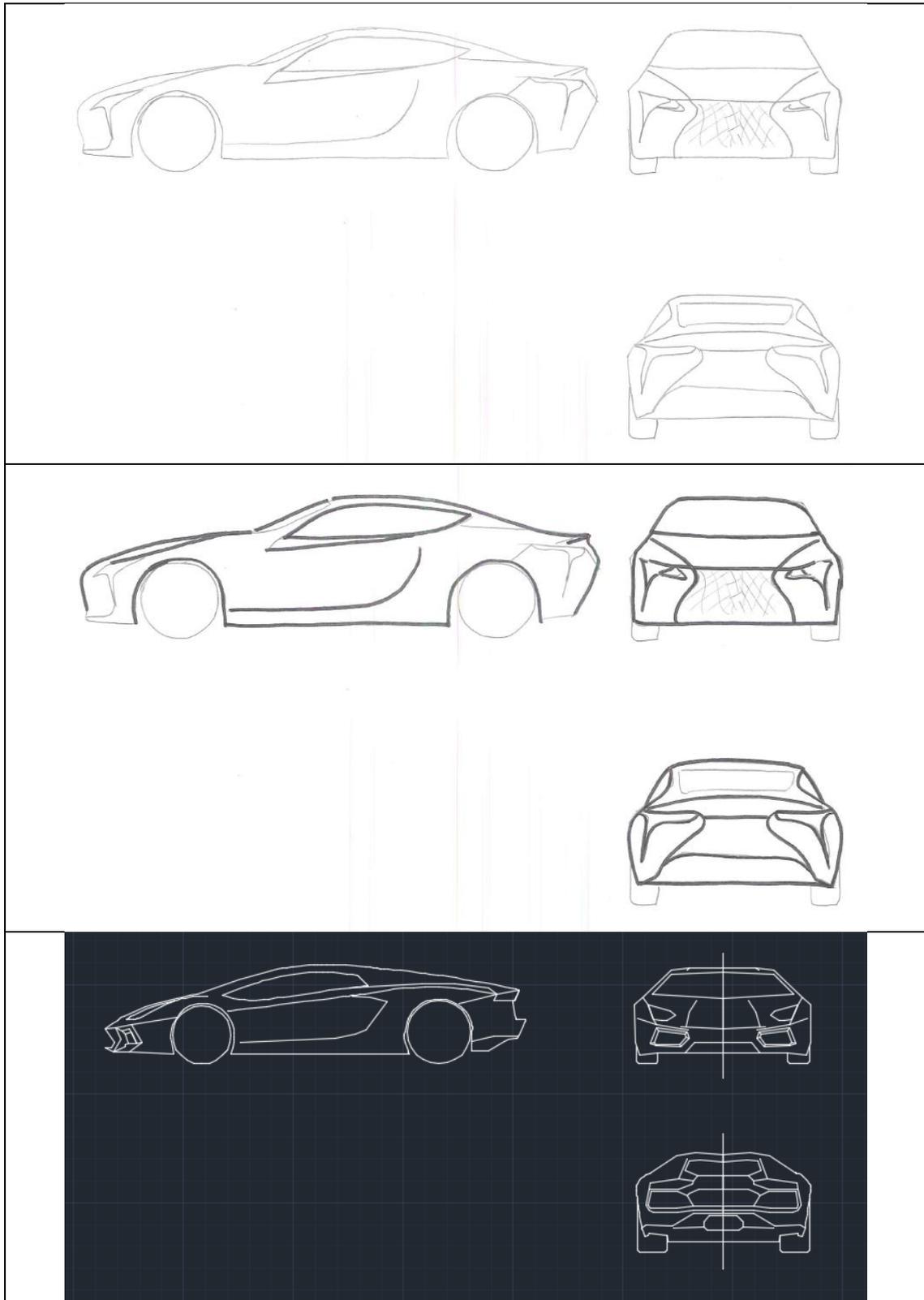


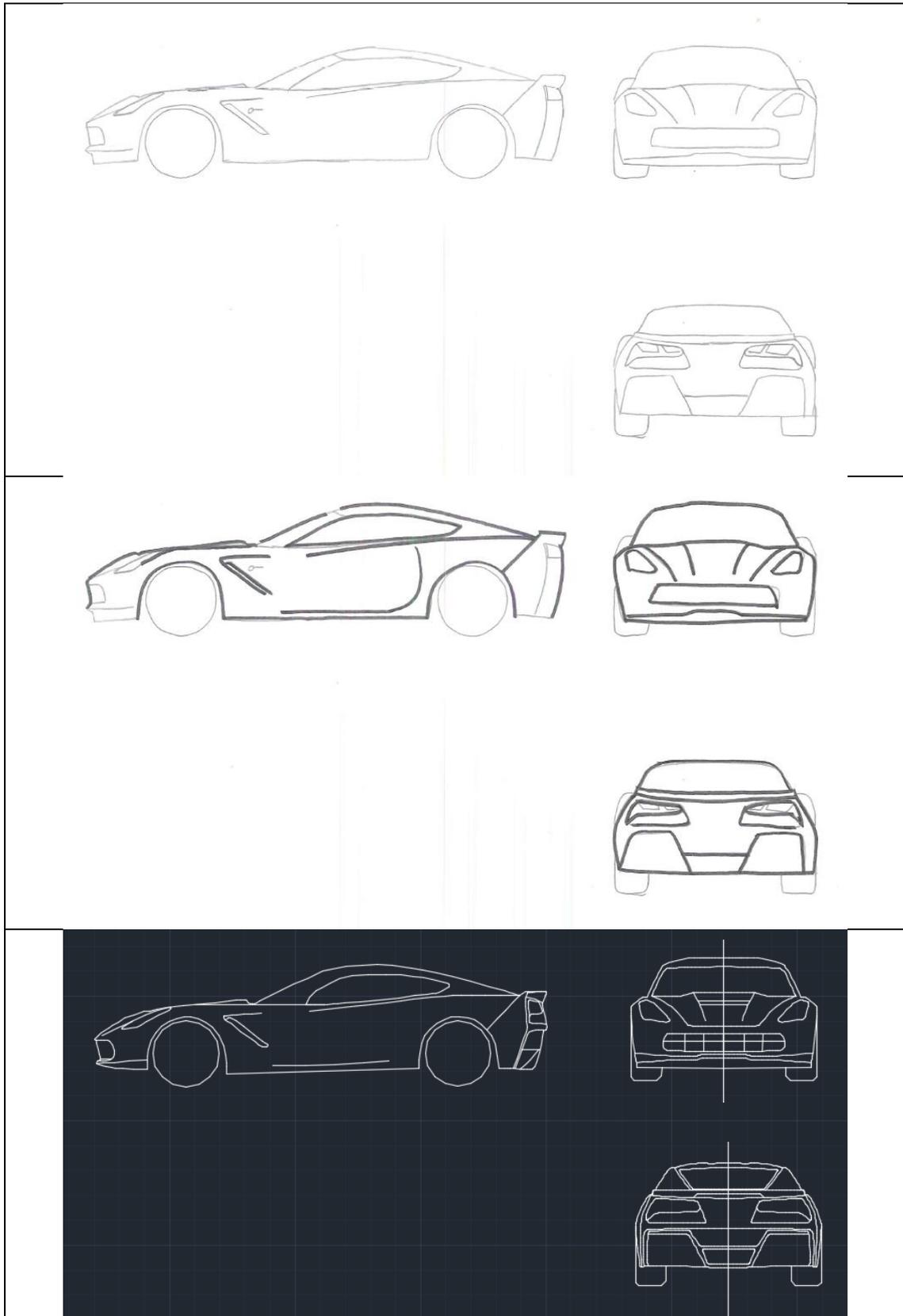
ANEJO 1

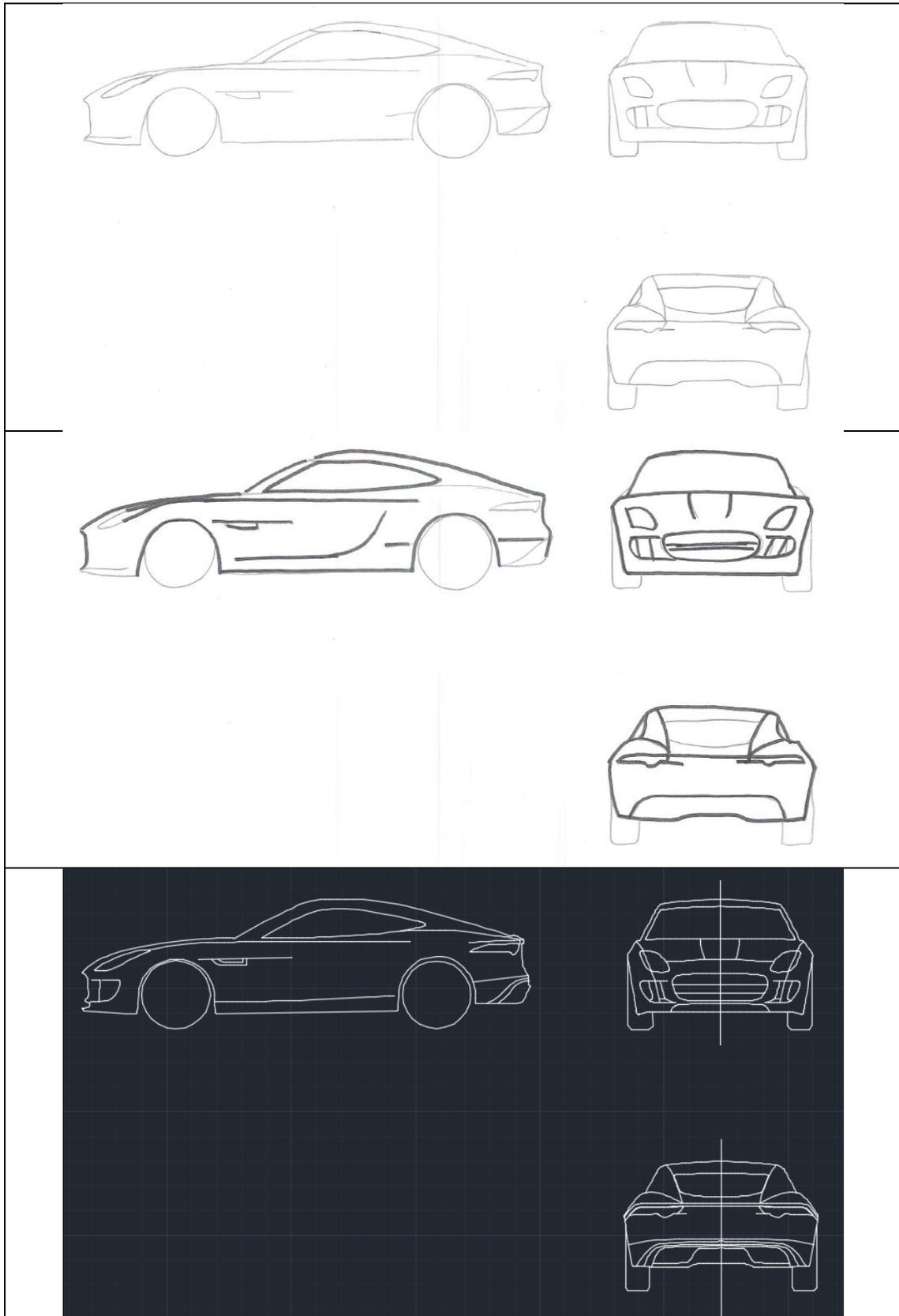
En el presente apartado se expondrá la creación del vocabulario de forma de todos y cada uno de los modelos usados para elaborar el sistema objeto del presente TFM. Se observarán tres pasos para cada modelo tal y como se ha explicado anteriormente.

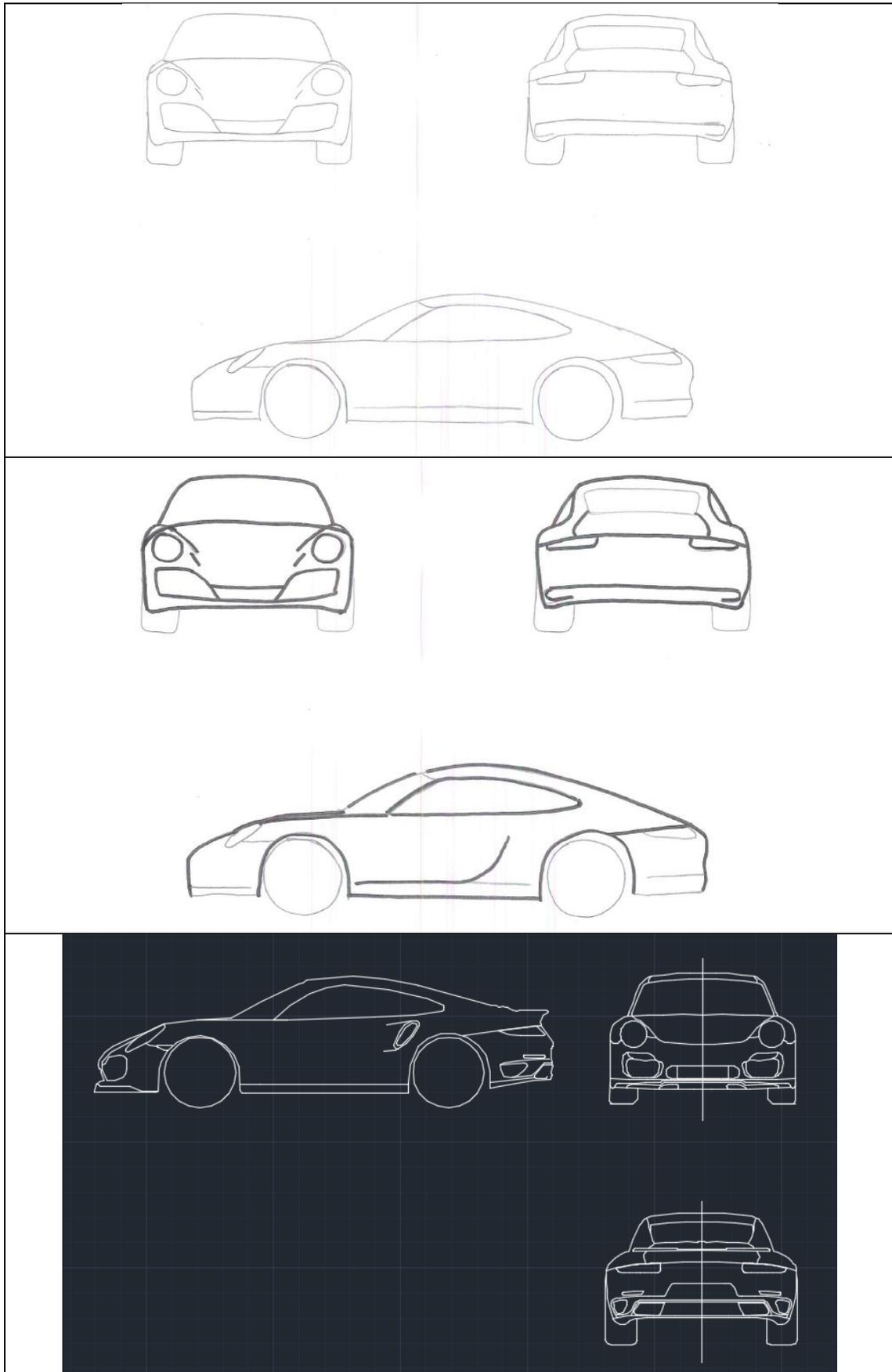
Es necesario comentar que, tal y como se observa a continuación, hay modelos que en su digitalización han desaparecido, dejando paso a otros diferentes. Esto es debido a que los modelos de los que se prescindía disponían de unos “shape elements” que no aportaban ningún aspecto diferente al resto y se ha optado por sustituirlos por otros modelos que aportasen nueva información a la creación de dichos elementos.

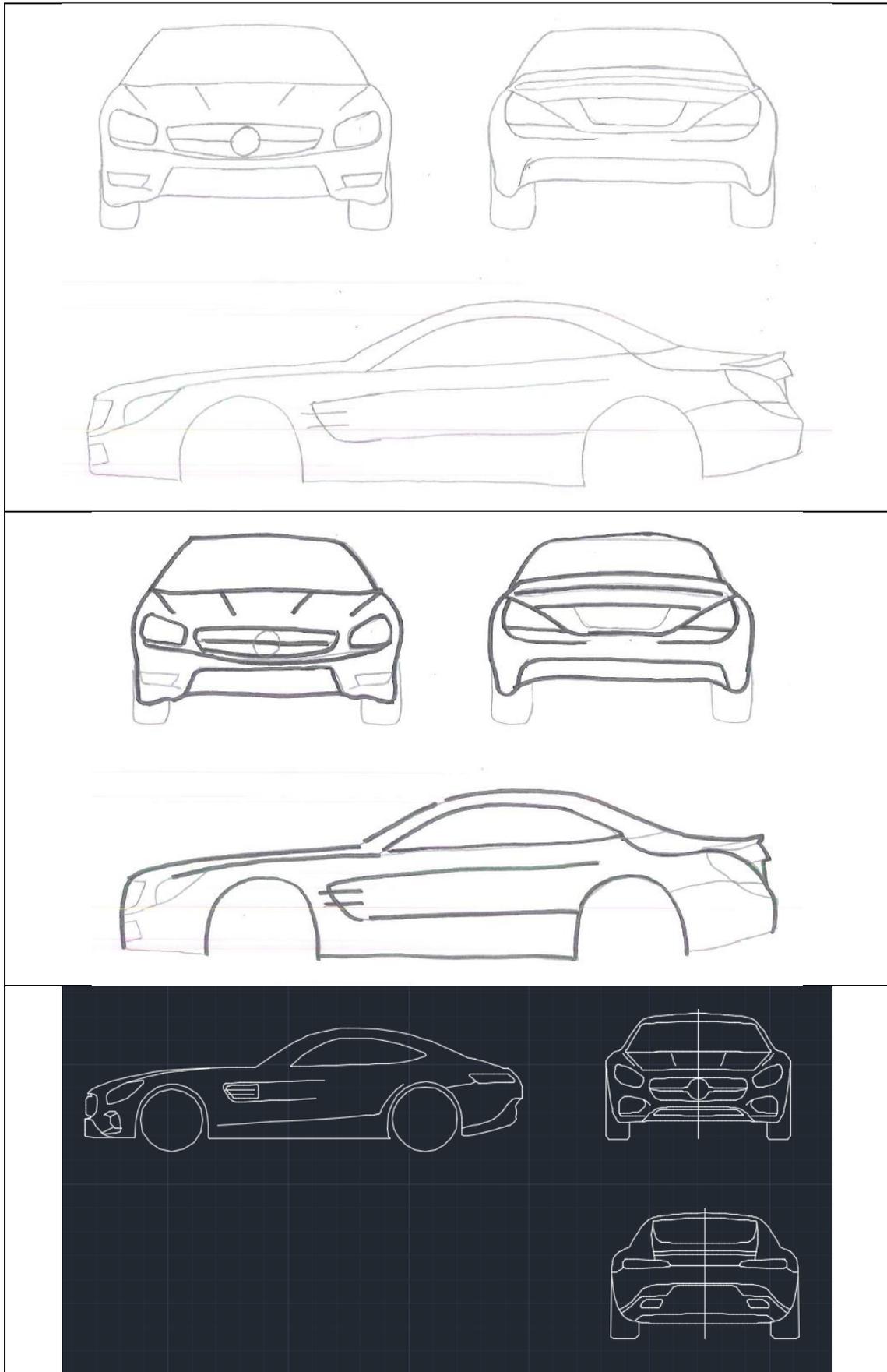


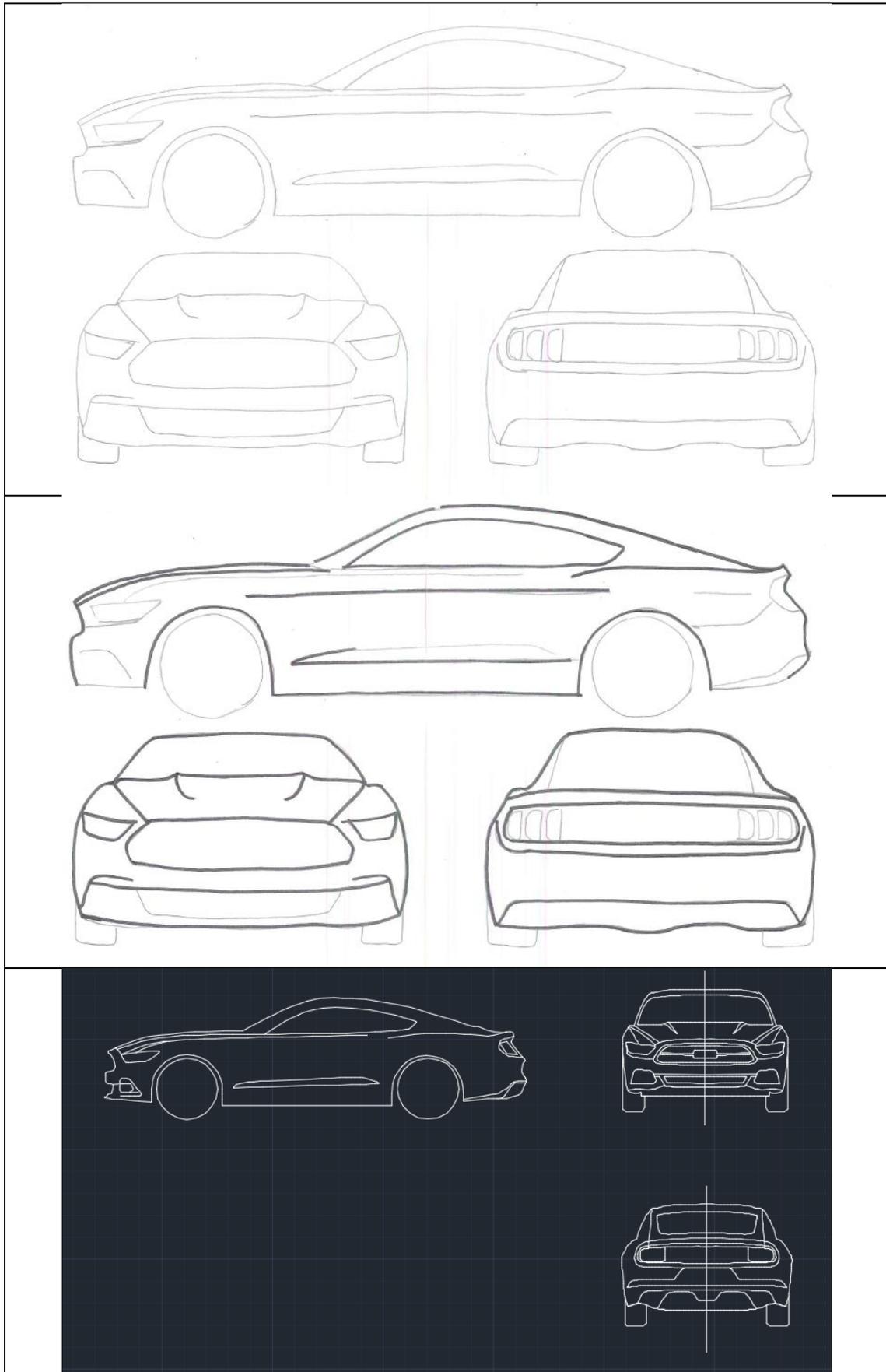


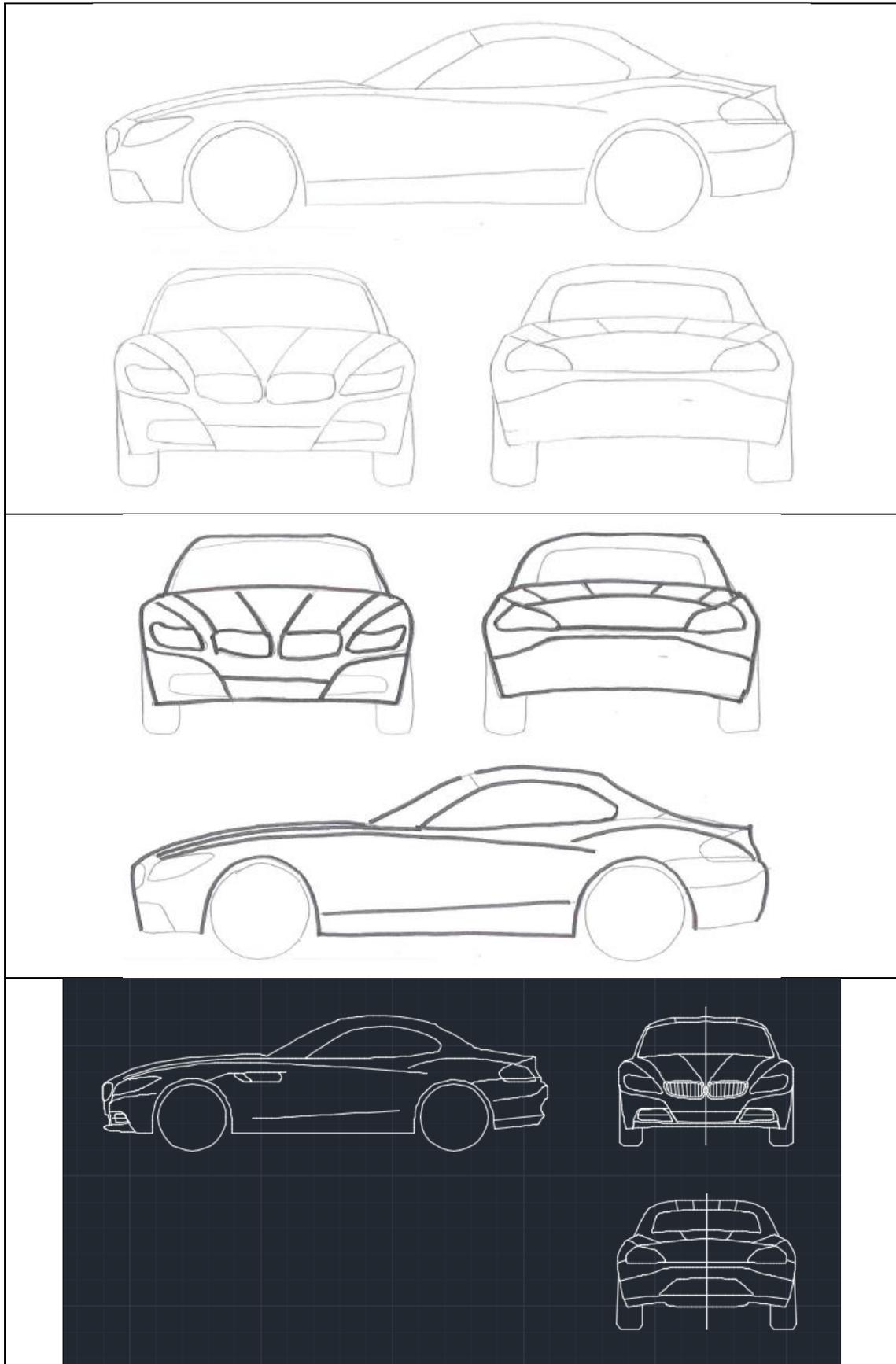


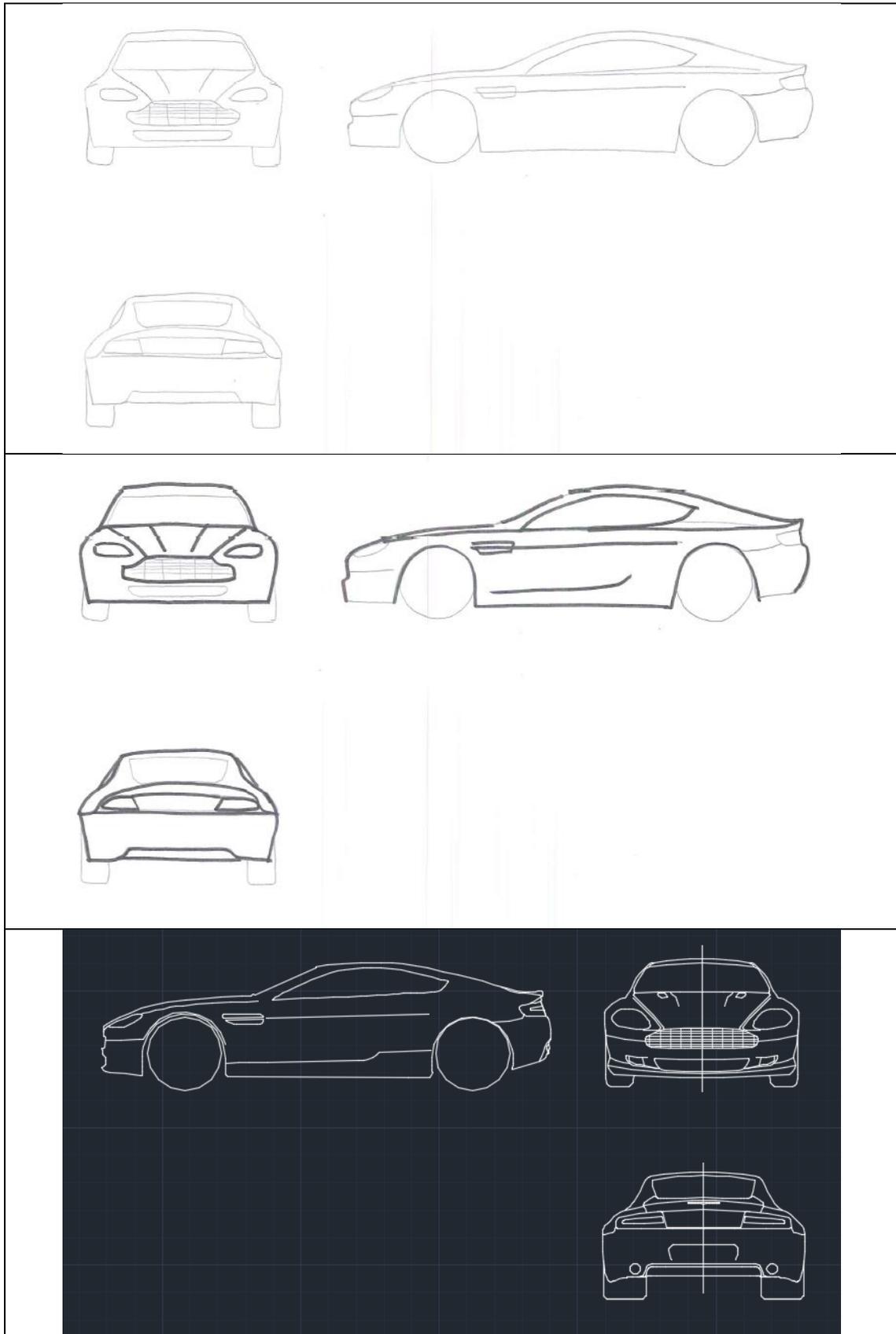


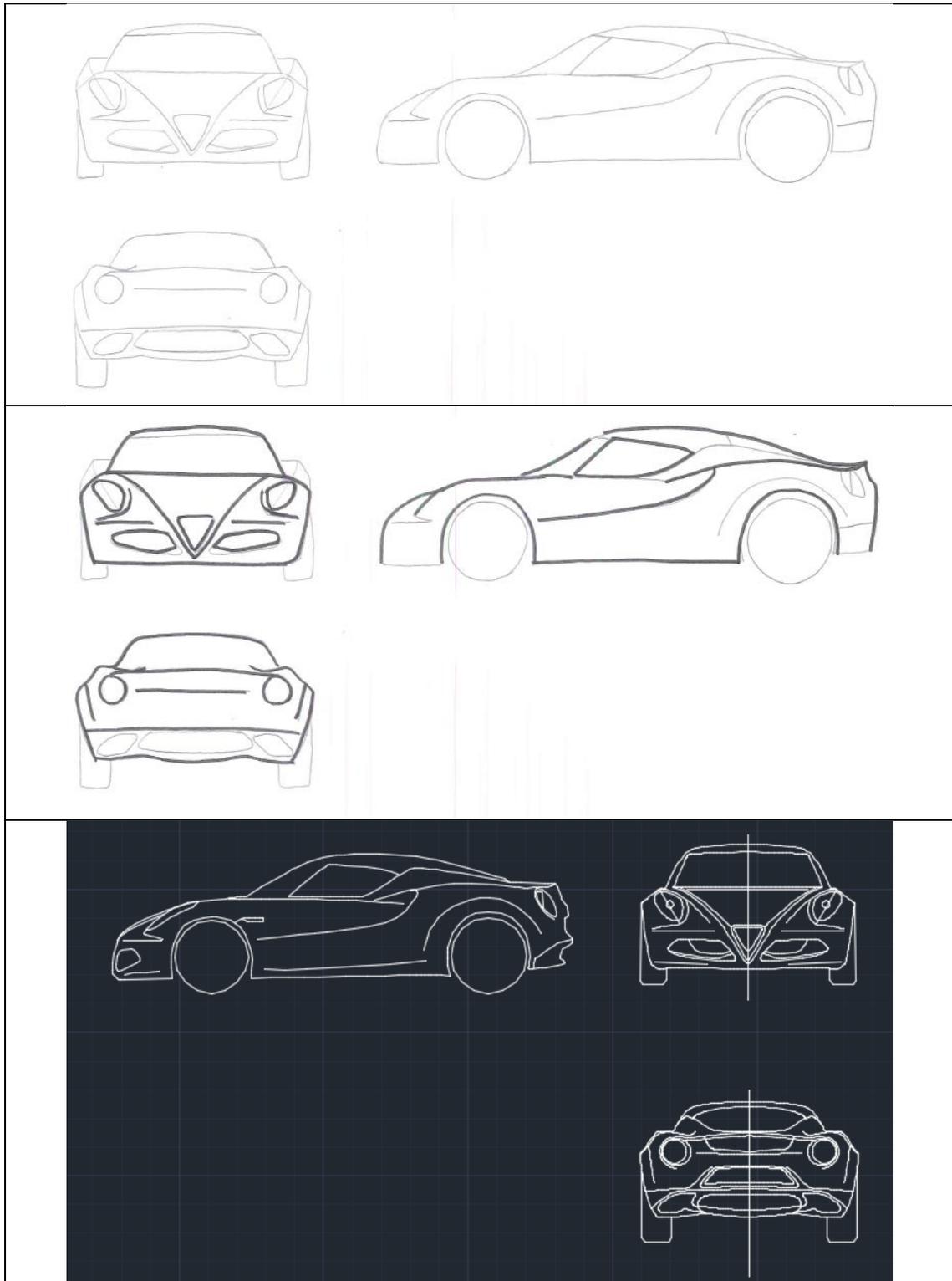


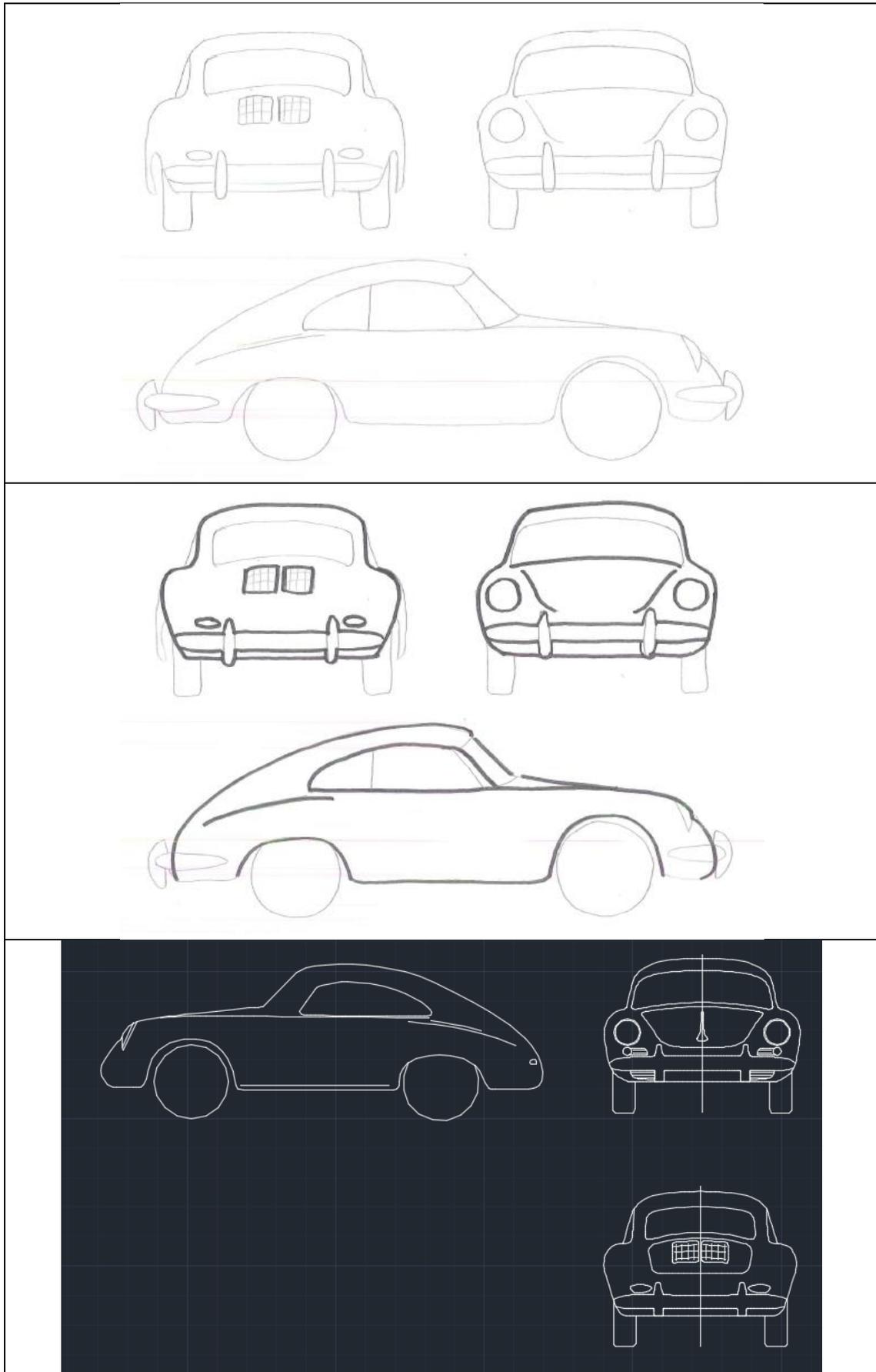


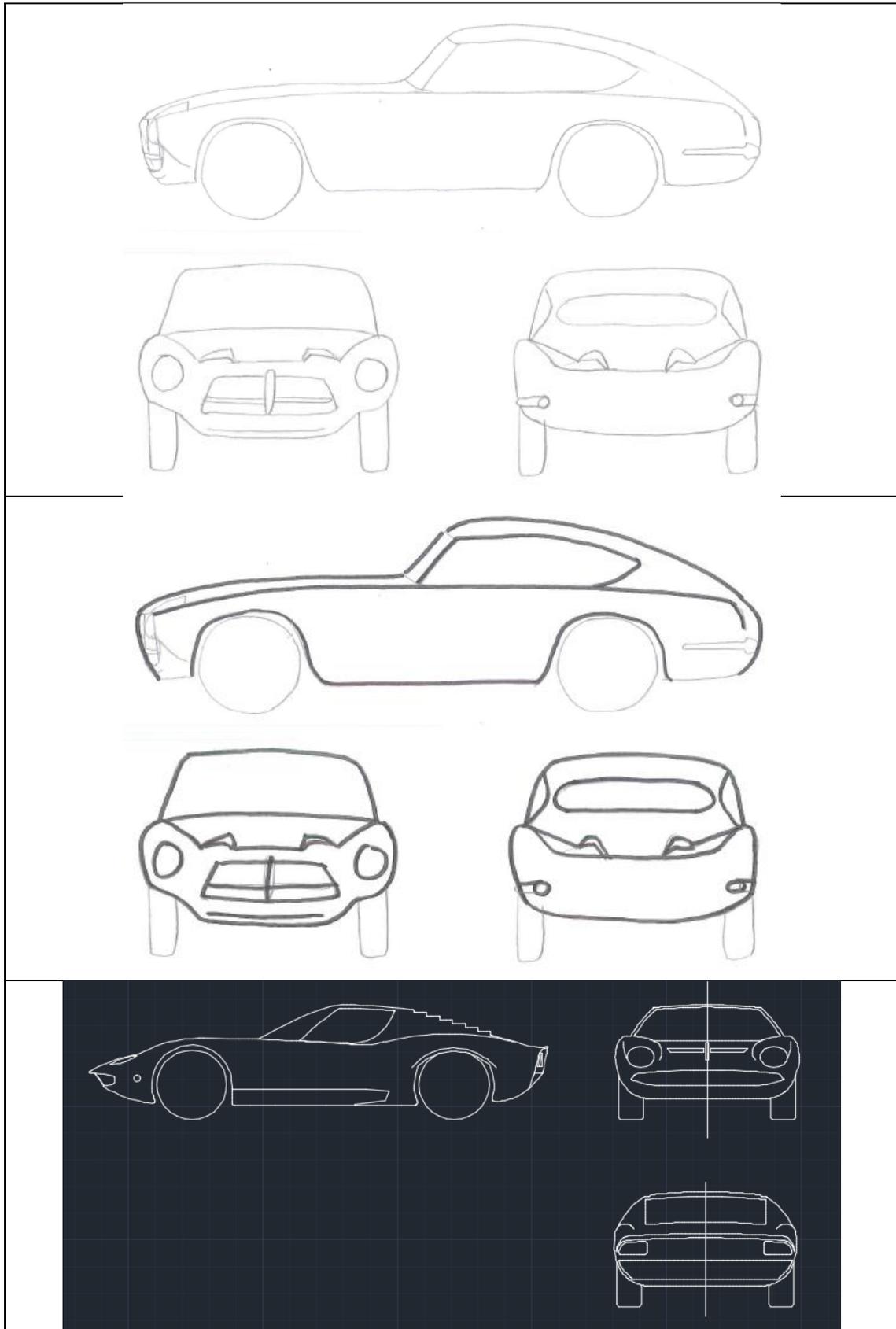


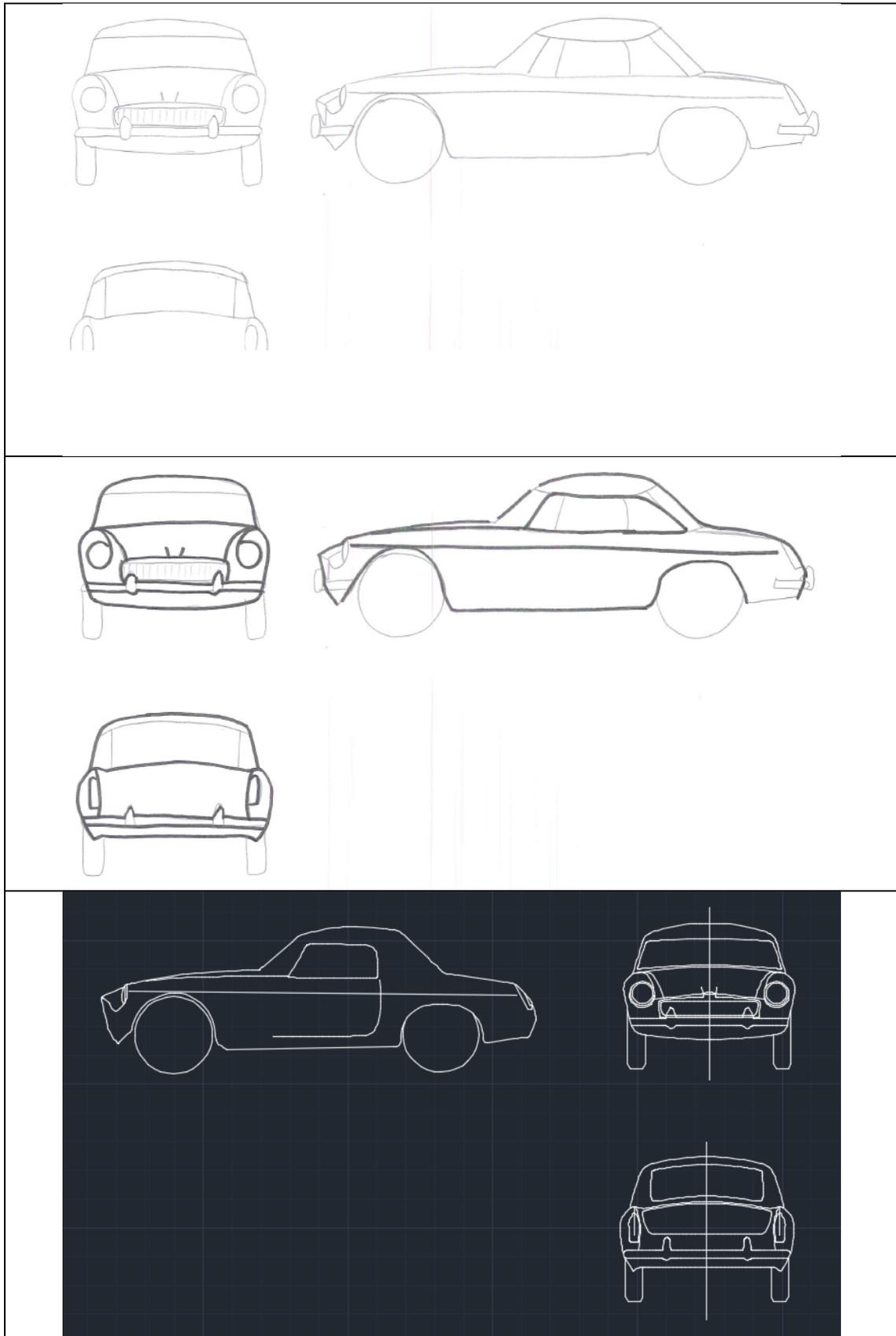


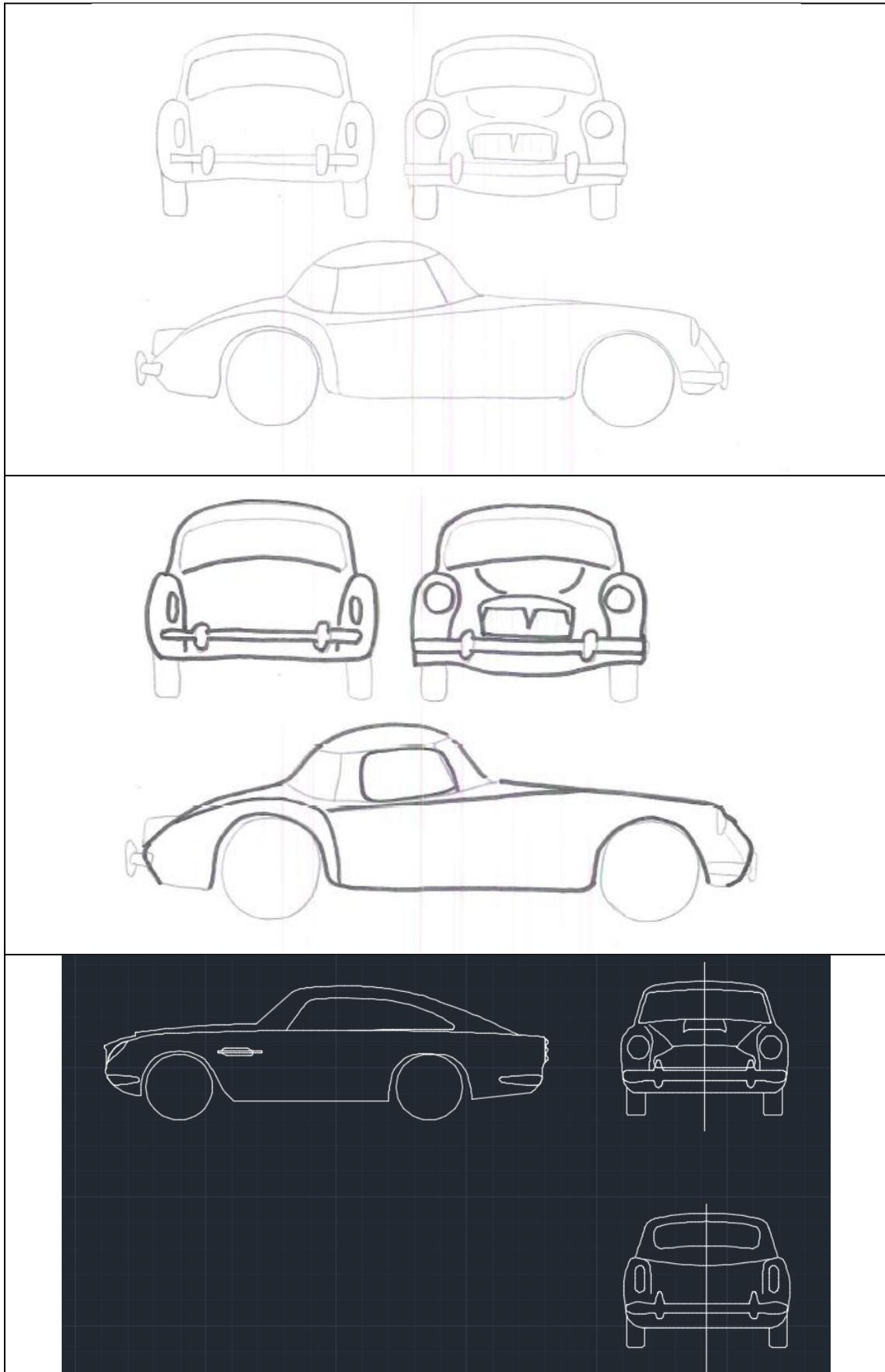


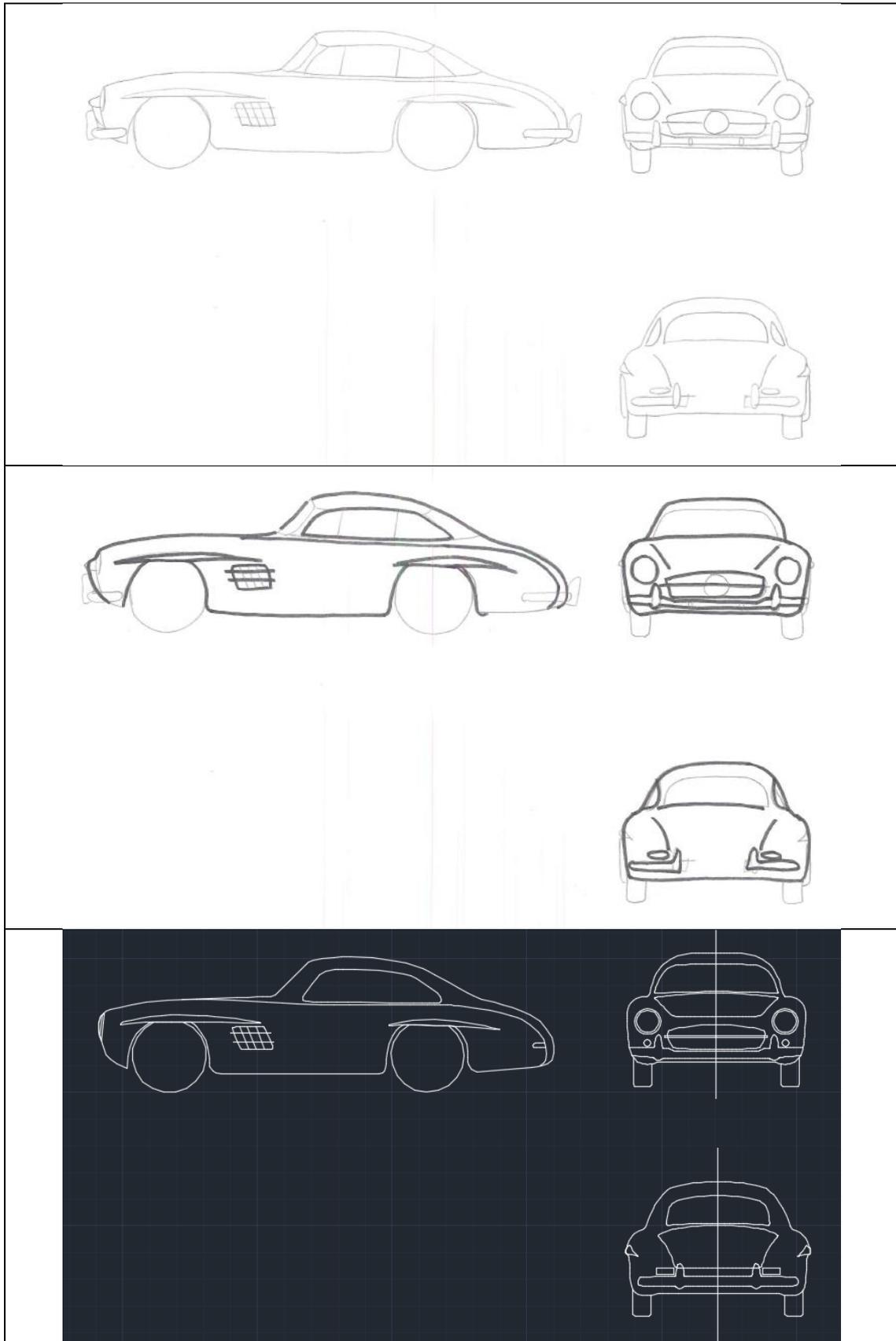


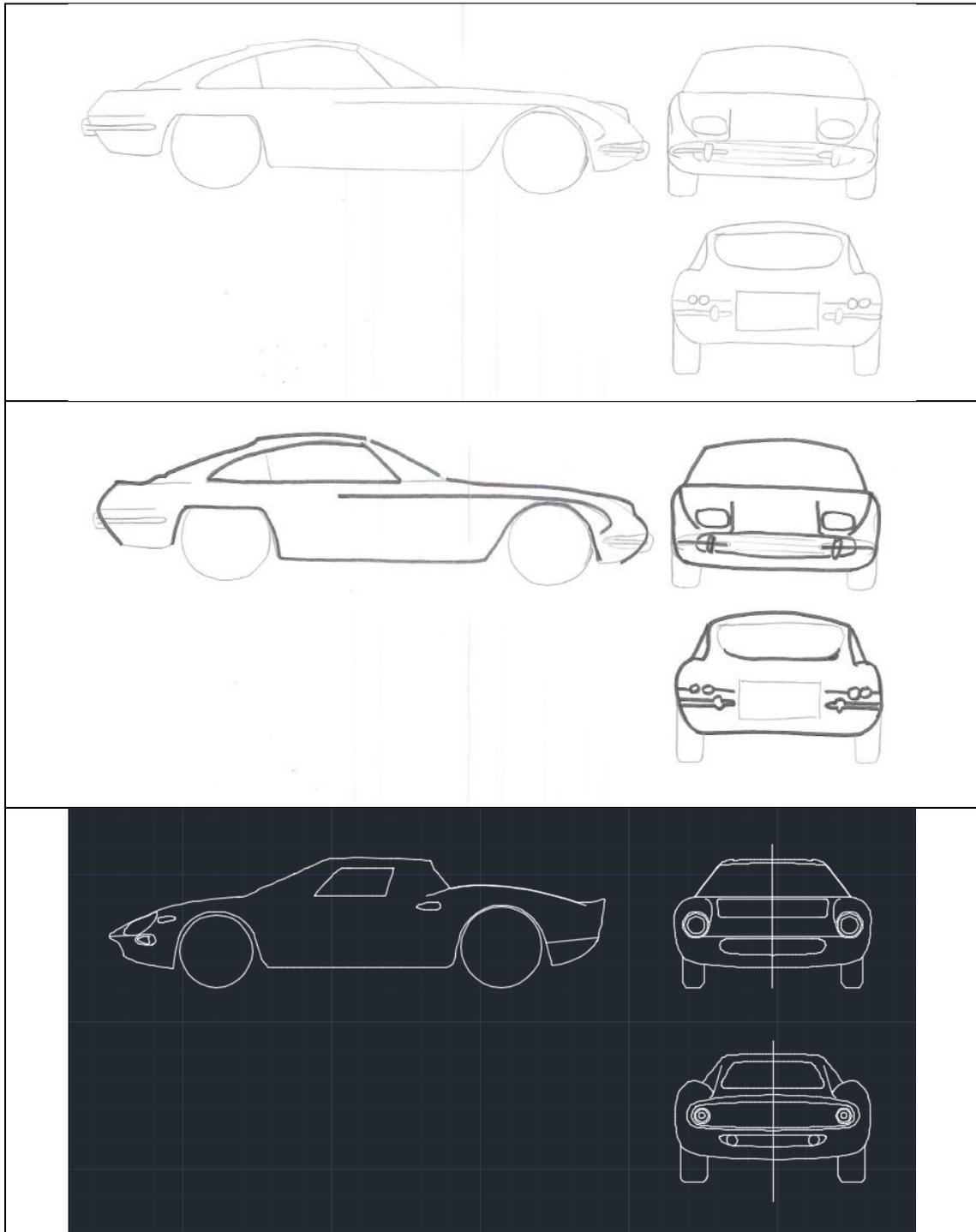


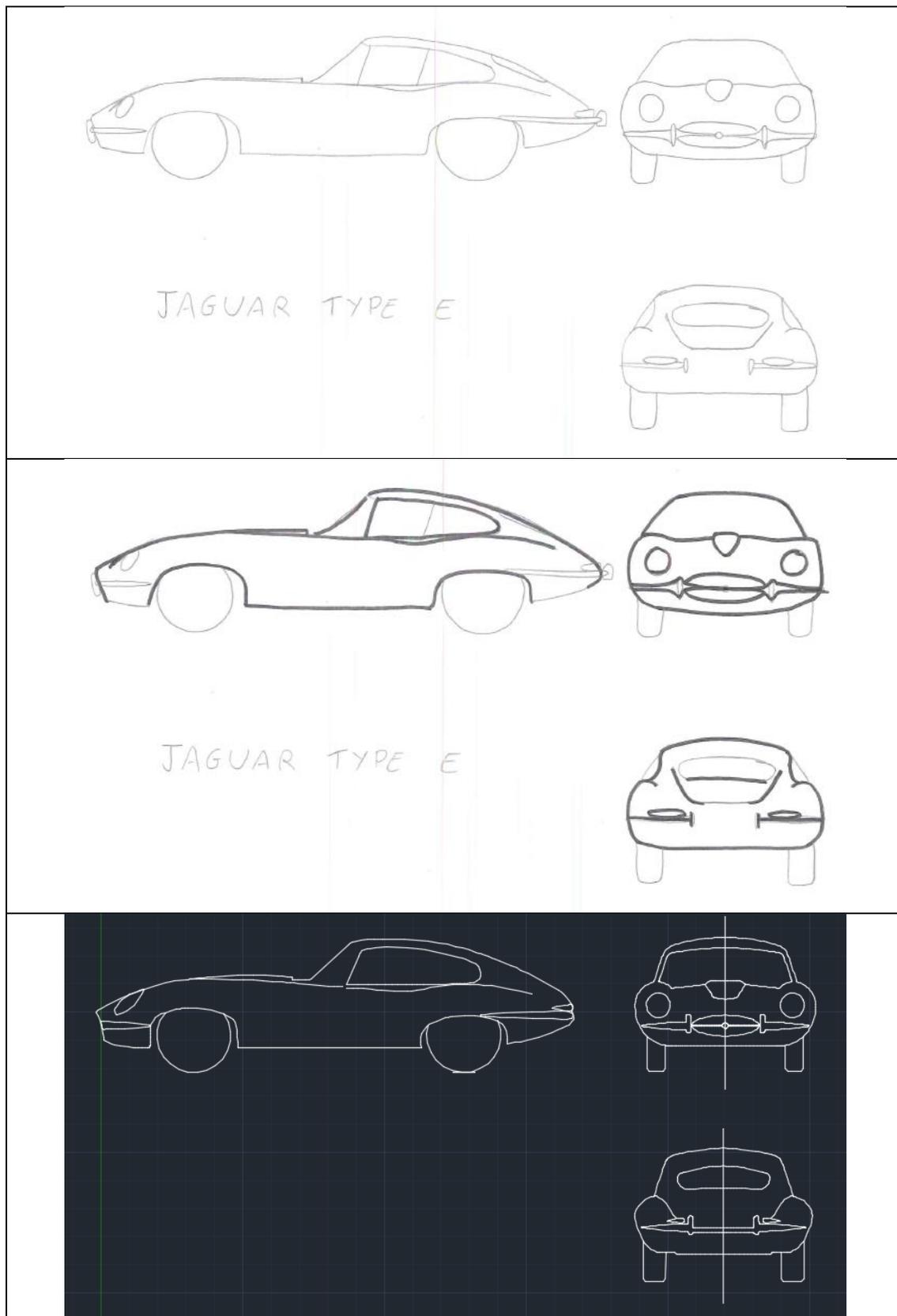


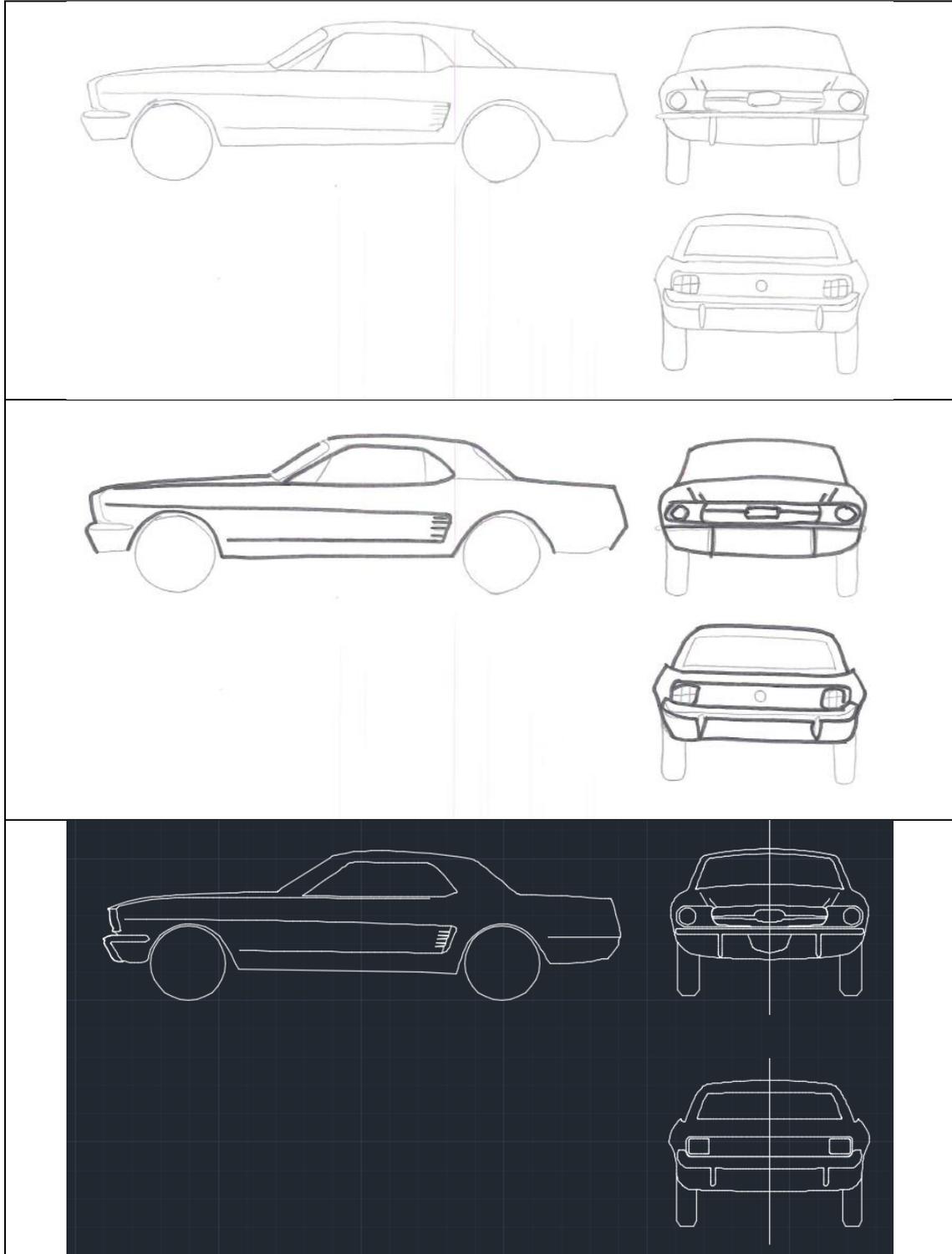


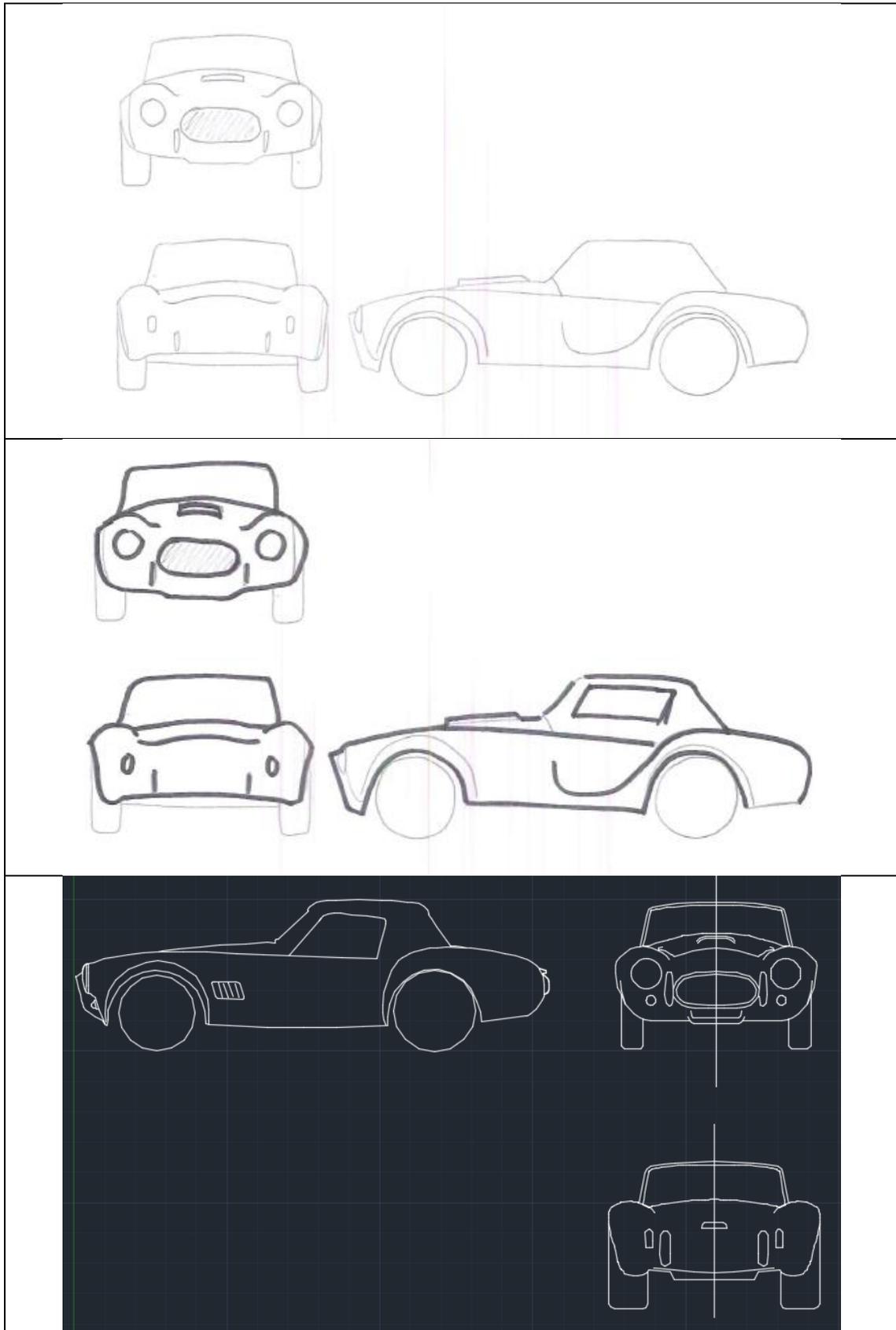


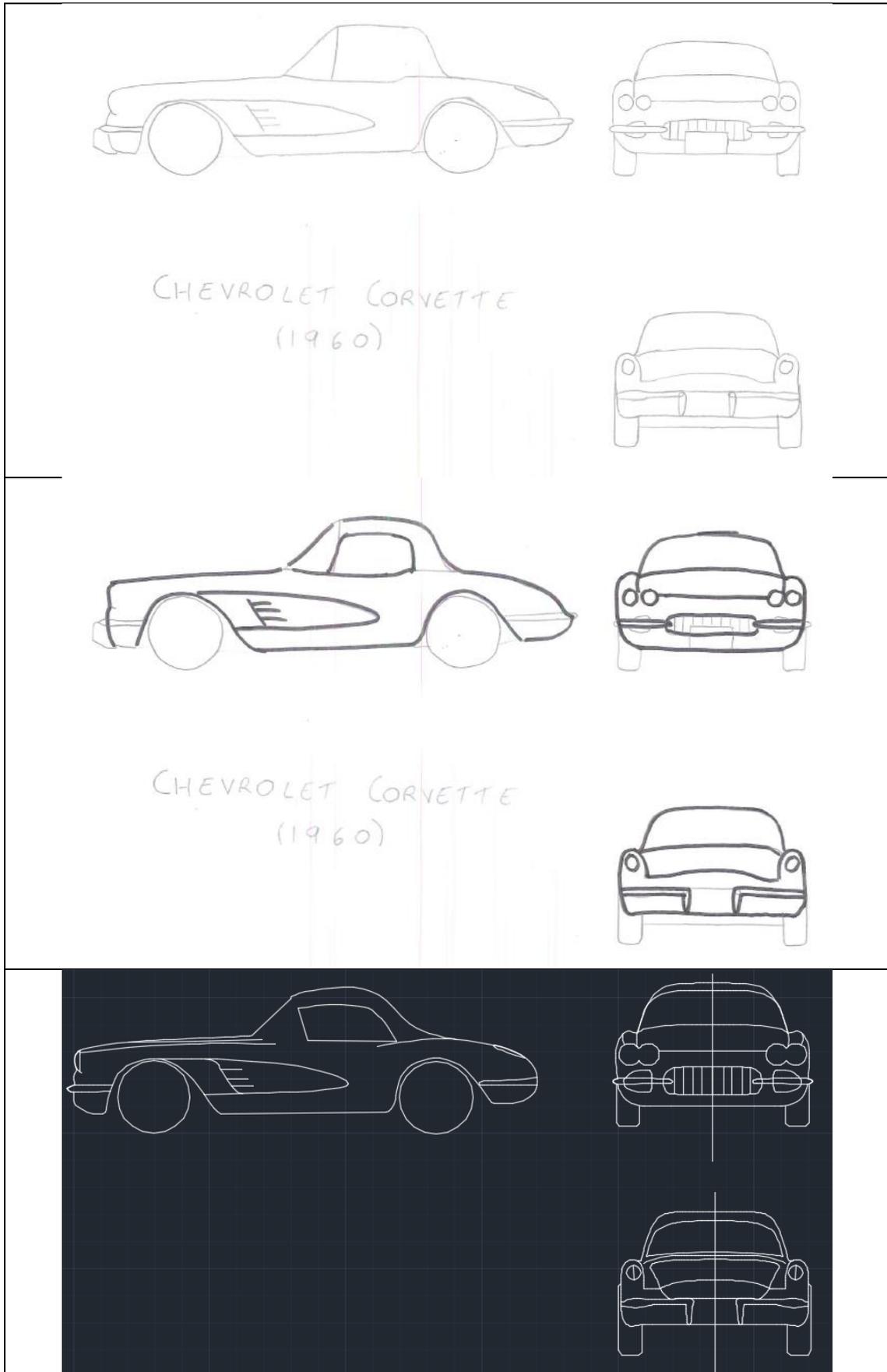












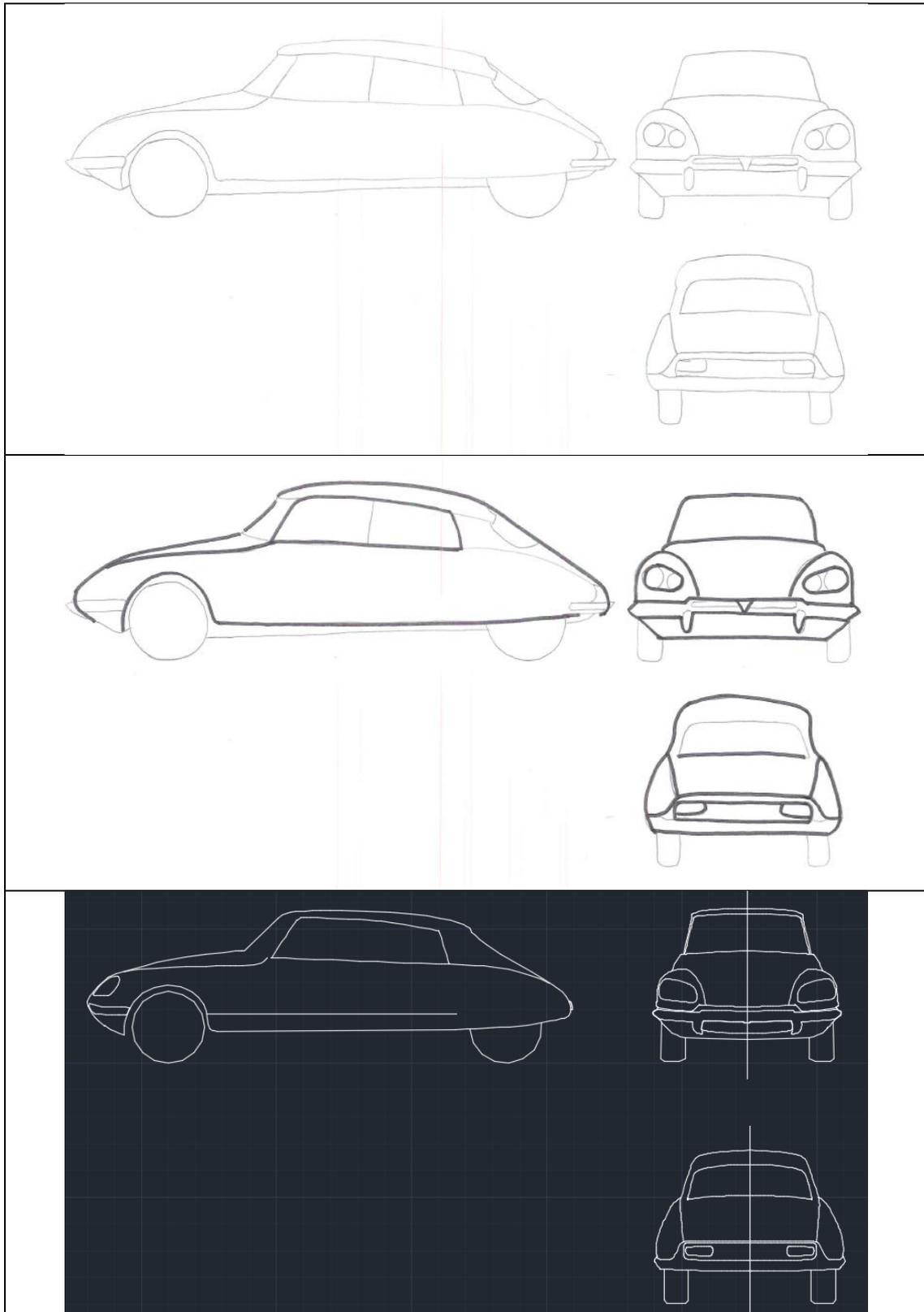


Tabla 1: Pasos de la creación del vocabulario de forma de todos los modelos usados.