



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO



Título del informe

Diseño asistido por computadora en el desarrollo del tren
motriz para vehículos Chrysler

Modalidad de Titulación:

“Experiencia Profesional”

Nombre del alumno: Pablo Aceves Cano

Número de cuenta: 303677828

Carrera: Ingeniería Mecatrónica

Asesor: Vicente Borja Ramírez

Año: 2011

Agradecimientos

A mi madre y tía.

A mis amigos: Carlos, el Chein, Éleri, Gonzalo, Israel, Jorgito, Neto, Polo, Paquirri, Sebas, Talib, los mecatrónicos, entre muchos otros.

A las familias de mis amigos: Ricardo y Patricia, Gonzalo y Lupita, Vicky y Gerardo, Celestino y Amalia, Yola y Beto, Marisa y Beto, entre otros.

A Albania y su familia.

A mis maestros y a la UNAM.

A México.

A la música, al deporte, al baile y muchísimos más.

Tabla de contenido

	Número de página
- Introducción _____	3
- Capítulo 1: Descripción de la empresa _____	4
- Capítulo 2: Conceptos básicos de CAE _____	7
- Capítulo 3: Powertrain _____	9
- Capítulo 4: Descripción del puesto _____	14
- Capítulo 5: Descripción de las actividades desarrolladas en la empresa _____	16
- Capítulo 6: Comentarios finales _____	20
- Bibliografía y Mesografía _____	22

Introducción

En la actualidad, el uso de sistemas *Computer Aided Engineering* (CAE) es prácticamente una necesidad para la industria. Implica muchas ventajas a lo largo de los procesos industriales, desde la concepción de la idea hasta el producto mismo, principalmente en costos y tiempos que son dos factores fundamentales.

Una de las industrias que más utiliza estas herramientas es la automotriz. A través de modelos virtuales se realizan simulaciones para obtener un diseño correcto que economice costos en prototipos y pruebas, además de lograr una mayor eficiencia en las etapas de manufactura.

Una rama fundamental de los sistemas CAE es el CAD (*Computer Aided Design*). De éste parte un primer esbozo del producto y de él derivan una gran cantidad de los costos que involucrará el proceso del producto.

Como resultado de las herramientas CAE, se han desarrollado simuladores que con los años han ido adquiriendo validez y aceptación en las empresas; uno de ellos es *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Concretamente en la industria automotriz tiene un abanico extenso de aplicaciones, generalmente dividido en dos grandes áreas: *Aerothermal* y *Powertrain*.

Aerothermal: Encargado del análisis en el comportamiento del viento a través de todo el vehículo, considerando velocidades, temperaturas, etc.

Powertrain: Encargado del análisis en todo lo que respecta al tren motriz de un vehículo, en cuanto al comportamiento del fluido en relación al componente analizado y sus geometrías específicas, con resultados de velocidad principalmente.

El CAD interviene en los dos casos con el fin de definir las fronteras que estarán en contacto con el fluido, para posteriormente poder mallar volumétrica y superficialmente el componente en cuestión; después se simula el fluido que interviene para finalmente obtener resultados sobre su comportamiento y así poder hacer un análisis de éstos y llegar a conclusiones como cambios en la geometría para un mejor desempeño, es decir, retomar el CAD.

El objetivo de este documento es dar testimonio de las actividades laborales realizadas en Chrysler, además de un marco conceptual general para poder comprender éstas. La estructura está conformada por una breve introducción a los sistemas CAE, seguida por una descripción general del tren motriz; después hablo de mis responsabilidades dentro de la empresa y termino con las conclusiones de esta experiencia. Debido a políticas de confidencialidad con la empresa, imágenes, valores y proyectos serán omitidos en el reporte.

Capítulo 1: Descripción de la empresa

Chrysler fue fundada por Walter Percy Chrysler, reconocido ingeniero en ferrocarriles y automóviles, además de un extraordinario empresario, que en 1921 se interesó por *Maxwell Motor Company* absorbiéndola el 6 de junio de 1925 para dar pie a *Chrysler Corporation*.

Ya en 1924 se había introducido al mercado el automóvil Chrysler B-70, el cual optaba por una tendencia en la revolucionaria incorporación de nuevas características que en la época eran reservadas para vehículos más costosos, pero que en el futuro serían adoptadas por casi toda la industria automotriz. Destacan el filtro de aire en el carburador y el filtro de aceite; 32 000 unidades fueron vendidas en su primer año, una cifra nunca antes vista.

A Walter P. Chrysler y sus colaboradores se les adjudica la invención de las bases de goma para el motor, las cuales reducen las vibraciones a través del automóvil; el acabado en rines que imposibilita que llantas desinfladas se salgan de la rueda; avances en los motores de alta compresión; lubricantes para altas presiones. Fue pionero en el desarrollo y producción en masa de frenos hidráulicos para 4 ruedas.

Líneas como Plymouth y DeSoto fueron creadas y en 1928 Chrysler Corporation absorbió la empresa Dodge Brothers, convirtiéndose de esta forma en una de las tres principales compañías automotrices americanas. Ése mismo año se financia la construcción del edificio Chrysler en Nueva York, el cual es terminado en 1930.

La Segunda Guerra Mundial representó para Chrysler una oportunidad importantísima de desarrollo y crecimiento. Su participación no sólo se enfocó en la investigación y producción de automóviles para la milicia, sino también en la aviación y armas nucleares. Incluso después de la década de 1950, Chrysler continuó contribuyendo en avances de defensa y en la exploración espacial. Esto refleja la reputación que tenía en la época y la confianza del gobierno estadounidense en la empresa.

Chrysler se enfrenta con problemas financieros en la década de 1970 debido a la crisis petrolera orquestada por la OPEP, esto afecta directamente la línea de vehículos grandes y obliga a las empresas automotrices a fabricar automóviles de menor tamaño, para disminuir su consumo de gasolina.

Chrysler acude al congreso estadounidense buscando un plan de rescate, y a principios de 1980 paga sus préstamos federales con la ayuda de dos líneas automotrices: las series-K y las minivans.

En 1987 adquirió la American Motors, pero no es suficiente y de nuevo entró en crisis financiera que obligó a una reestructuración de la empresa.

En la década de 1990 hay un renacimiento de la empresa debido al éxito de los vehículos deportivos como el potente Dodge Viper, la línea de Jeep y el Neón, que replantea el mercado de los compactos.

En 1998 se firma la unión entre Chrysler Corporation y Daimler-Benz AG, conformándose la alianza Daimler Chrysler, permaneciendo juntos por 8 años. Pero los objetivos no fueron alcanzados y Daimler termina sus relaciones vendiendo la compañía el 14 de mayo del 2007 a Cerberus Capital Management. Chrysler se dividiría en Chrysler LLC y Chrysler Financial Services LLC, esta última se encargaría de todas las finanzas de la empresa. Pero la recesión afectaría a toda la industria automotriz y Chrysler estaría al borde de la bancarrota.

En 2009 se volvieron a crear dos divisiones: Chrysler Group LLC y Carco Group LLC que absorbió los nuevos problemas financieros de la empresa. En junio del 2009 Fiat firmó un contrato anunciando una alianza con Chrysler.

Chrysler de México

Chrysler de México fue establecida en 1938 y actualmente cuenta con seis plantas: 2 plantas de ensamblado y estampado en Toluca, Edo. de México y 4 plantas de ensamblados, estampados y motores en Saltillo, Coah.

En México se produce la Dodge Journey; se ensamblan la RAM 1500, la Megacab y la 400, entre otros modelos, y a partir de diciembre del año pasado comenzó el ensamblaje del Fiat 500. Además se fabrican motores 2.4L de 4 cilindros, 5.6L y 6.1L de 8 cilindros.

En Santa Fe, en la Ciudad de México se encuentra desde el 2005 el Centro de Investigación, Desarrollo y Pruebas de Ingeniería Automotriz. En este lugar se verifica que los vehículos cumplan con requerimientos gubernamentales como reducción en emisiones, también se realizan estudios de materias primas amigables con el medio ambiente, combustibles alternos, etc. Cuenta con diferentes departamentos, por ejemplo: Pruebas vehiculares y los Laboratorios de Ingeniería de Materiales y Metrología.

En el Centro de Investigación se encuentra el departamento de Ingeniería del Producto a cargo de Edward Vondell (organigrama figura 1), dentro de éste se localiza el departamento de Análisis Virtual, que está a cargo del Senior Manager, Juan Manuel Santiago Benítez, donde trabajé poco más de seis meses en el área de CFD. Mi jefe directo fue el ingeniero Rodrigo Zermeño como coordinador de *Powertrain* dentro de CFD. Mis responsabilidades eran preparar las geometrías del tren motriz para un posterior procesamiento con malladores y el respectivo análisis.



Chrysler de Mexico

Managing Direction

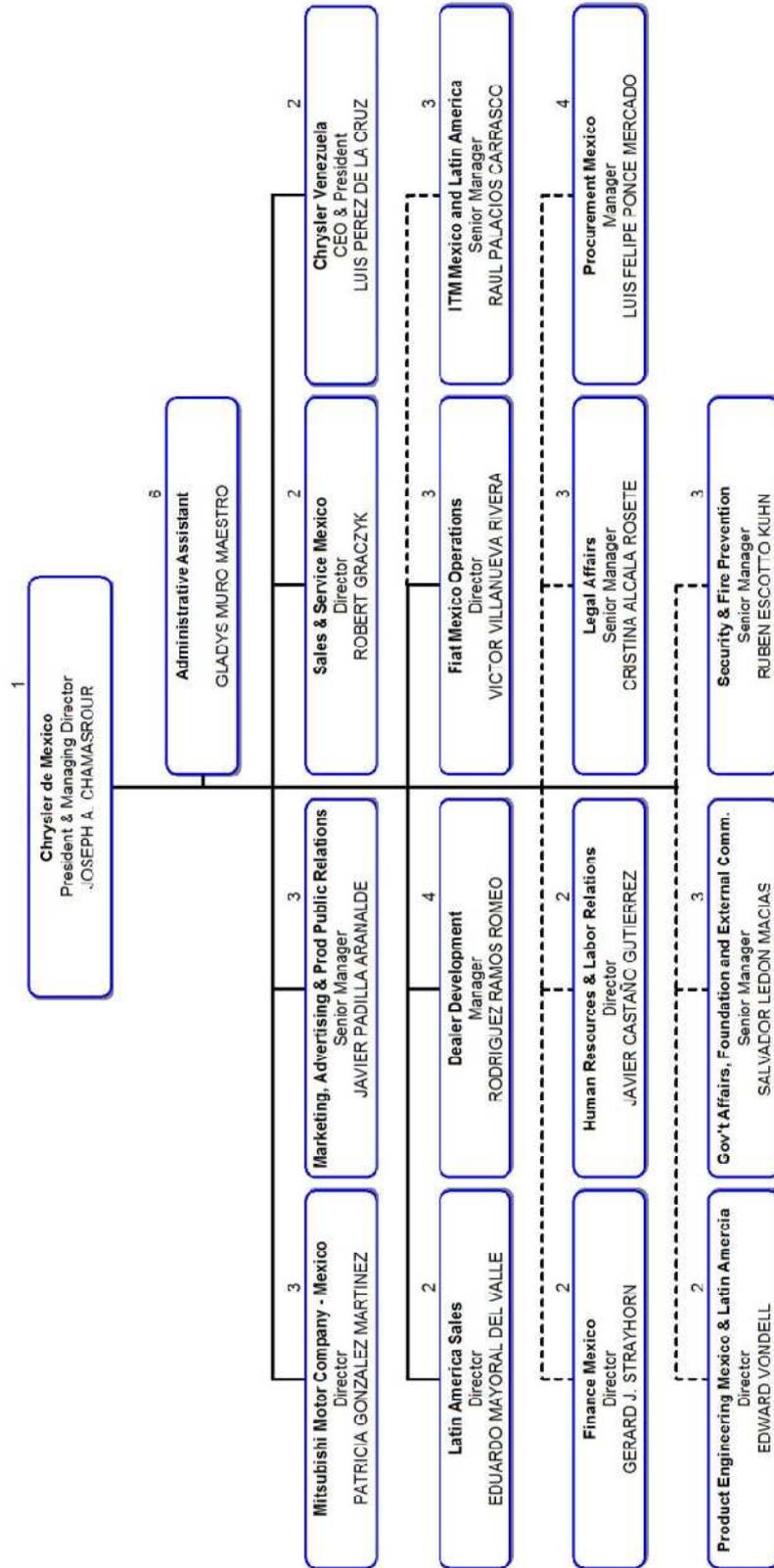


Figura 1. Organigrama Chrysler de México, Recursos Humanos Chrysler de México

Capítulo 2: Conceptos básicos de CAE

Podemos entender CAE como:

Cualquier uso de software computarizado con el objetivo de resolver problemas de ingeniería. Con la mejora en visualización de gráficos, estaciones de trabajo de ingeniería (*workstations*) y estándares gráficos, el CAE ha significado la solución de problemas en ingeniería con la asistencia de gráficos interactivos computarizados.¹

Podemos observar que CAE es un campo muy extenso, por lo tanto estableceremos una propuesta sobre sus divisiones:

- CAD , *computer aided design*
- CAA, *computer aided analysis*
- CIM, *computer integrated manufacturing*
- CAM, *computer aided manufacturing*
- MRP, *material requirements planning*
- CAP, *computer aided planning*

El software de CAE es utilizado en varios tipos de computadoras tales como computadoras centrales (*mainframes*); *superminis*, computadoras basadas en red (*grid-based*); estaciones de trabajo y hasta computadoras personales. La tendencia actual es hacia el uso de estaciones de trabajo de ingeniería.

Los ingenieros diseñadores usan una variedad de herramientas CAE, que incluyen programas comerciales de propósito general y también muchos programas especializados escritos en casa o en algún otro lugar en la industria. La solución a un solo problema de ingeniería generalmente requiere la aplicación de varias herramientas CAE.

Un programa CAE típico está hecho de un número de modelos matemáticos codificados por algoritmos escritos en lenguaje de programación. El fenómeno natural a analizarse es representado por un modelo de ingeniería. La configuración física es descrita por un modelo geométrico. Los resultados, junto con la geometría, son representados ante el usuario a través de una interfaz en el dispositivo de muestra y el modelo fabricado (imagen gráfica).

CAE permite muchas más iteraciones del ciclo análisis-diseño que las posibles calculadas manualmente, especialmente cuando el CAE es acoplado con sistemas de optimización que guiarán el ciclo automáticamente. Los beneficios son traducidos en mejoras en la productividad y en diseño de calidad.

¹ McGraw-Hill, Concise Encyclopedia of Engineering. © 2002 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Las herramientas CAE son ampliamente utilizadas en la industria automotriz. De hecho, su uso ha permitido a los fabricantes de autos reducir costos en el desarrollo del producto así como tiempo, mientras a la par se ha mejorado la seguridad, confort y durabilidad de los vehículos que ellos producen. La capacidad predictiva de las herramientas CAE ha progresado al punto donde mucho de las verificaciones de diseño es ahora hecho usando simulaciones computarizadas, en lugar de pruebas físicas con prototipos.

Aún cuando se han presentado notables avances en las herramientas CAE y es ampliamente utilizado en los campos de la ingeniería, las pruebas físicas permanecen como una confirmación final de subsistemas, dado el hecho que CAE no puede predecir todas las variables en sistemas complejos.

Las áreas cubiertas por CAE son:

- Análisis de esfuerzos en componentes y ensambles utilizando Análisis por Elemento Finito (FEA).
- Flujo térmico y análisis de líquidos utilizando CFD.
- Cinemática.
- Sistemas de ejecución de manufactura (MES).
- Herramientas de análisis para simulaciones de procesos en operaciones como fundición, moldeo, entre otros.
- Optimización del producto o procesos.

En toda tarea CAE podríamos hablar de un ciclo y éste puede dividirse en tres fases:

- Pre-procesamiento – Definición del modelo y los factores ambientales que se aplican a él. Generalmente modelo por elemento finito.
- Procesamiento – *Analysis solver*.
- Post-procesamiento – Utilización de herramientas visualizadoras y análisis de resultados.

Este ciclo es iterativo, con frecuencia repetido, algunas ocasiones manualmente o con el uso de software comercial de optimización.

Capítulo 3: Powertrain

Podemos definir el *powertrain* o tren motriz como:

Aquel conjunto de dispositivos encargados de convertir toda la energía en movimiento, ya sea para trasladar a la máquina o para que esta misma desarrolle una acción.²

Los componentes incluyen al motor, transmisión, ejes de transmisión, diferenciales y la transmisión final, como ruedas, hélices.

Como se mencionó antes, CFD en Chrysler se divide en dos áreas y una de ellas es *Powertrain*. El tiempo que laboré para la empresa trabajamos solamente con el sistema de admisión de aire, el de escape, el de enfriamiento, el convertidor de par y la cámara de combustión. Pasando por el ciclo de trabajo CAE, analizábamos los resultados y proponíamos alternativas en el diseño de los diferentes componentes del tren motriz. A continuación desglosaré los componentes de cada sistema y daré una breve explicación de su funcionamiento.

Sistema de admisión de aire:

Está conformado por (figura 2):

- Tuberías de aire limpio y ambiente.
- Caja limpiadora de aire.
- Filtro.
- Múltiple de admisión.
- Resonador.

² <http://es.scribd.com/doc/24059331/unidad1-Maquinaria-pesada>

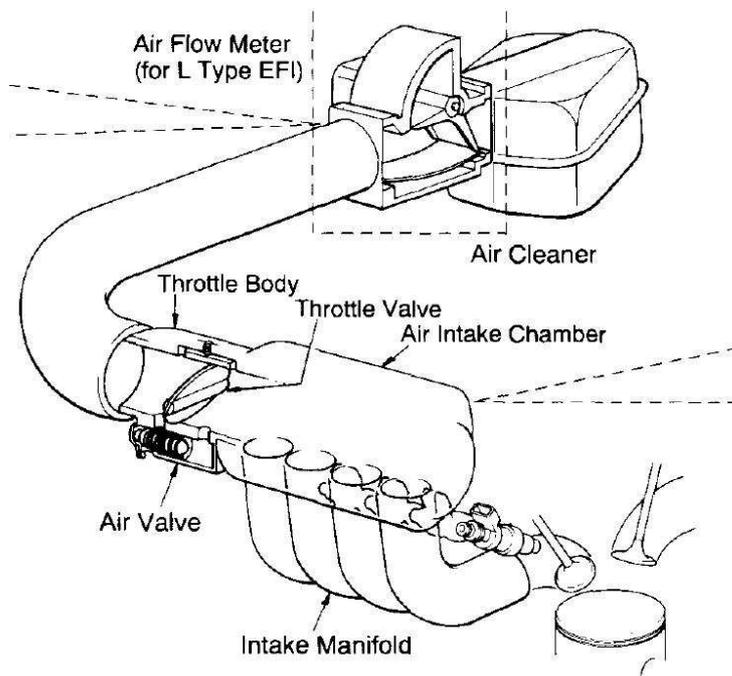


Figura 2. Sistema de admisión de aire, Auto shop101.

El funcionamiento de este sistema se encarga de captar el aire del ambiente que pasará por las tuberías. Si hay resonador, éste se encargara de eliminar el ruido, llegará a la caja con filtro, será limpiado y posteriormente llegará al múltiple de admisión donde dirigirá el aire hacia las cámaras de combustión del motor.

Sistema de escape:

Normalmente está compuesto por (figura 3):

- Múltiple de escape.
- Silenciador.
- Catalizadores, opcional.
- Tuberías.

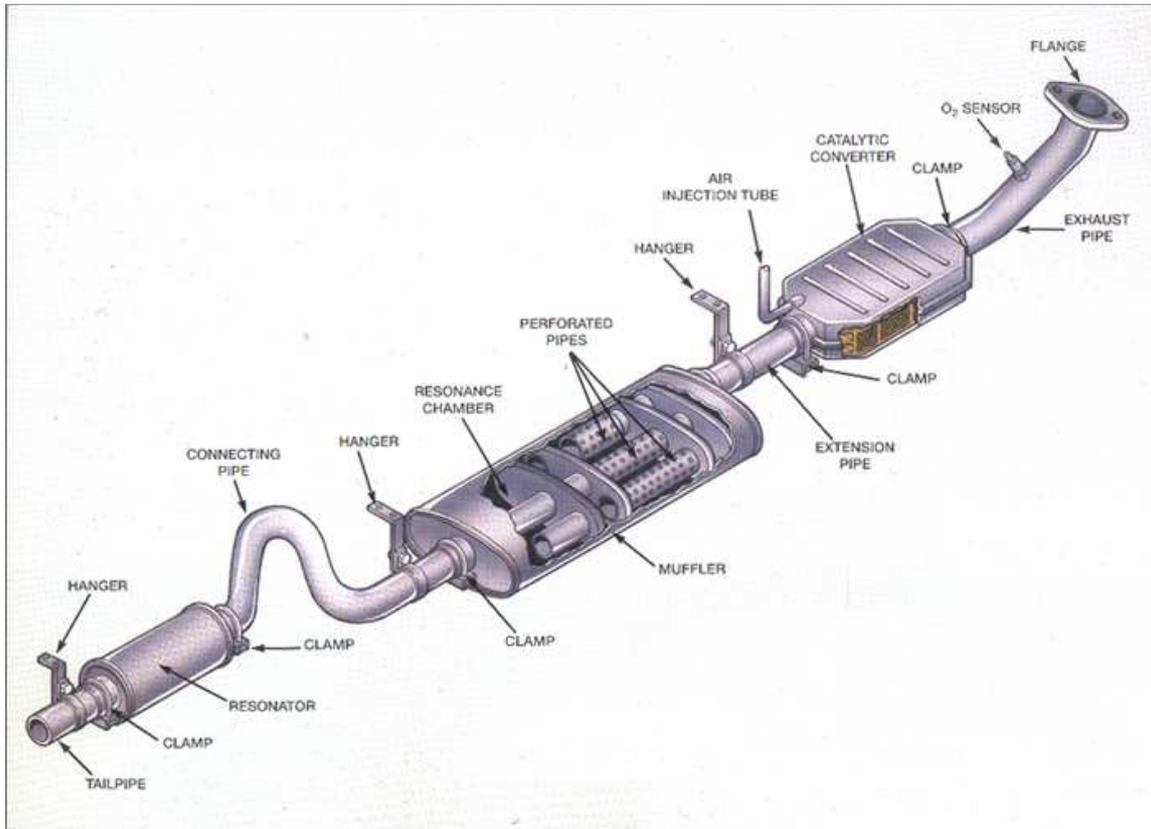


Figura 3. Sistema de escape, Sun devil auto.

El múltiple de escape recibirá los gases producto de la combustión en los cilindros del motor, éste los dirigirá por medio de tuberías al silenciador que se encargará de eliminar el ruido y el catalizador se encargará de convertir los gases en agua, bióxido de carbono y otros compuestos inofensivos.

Sistema de enfriamiento:

Principalmente está conformado por (figura 4):

- Camisa de agua.
- Tubería.
- Radiador.
- Termostato.

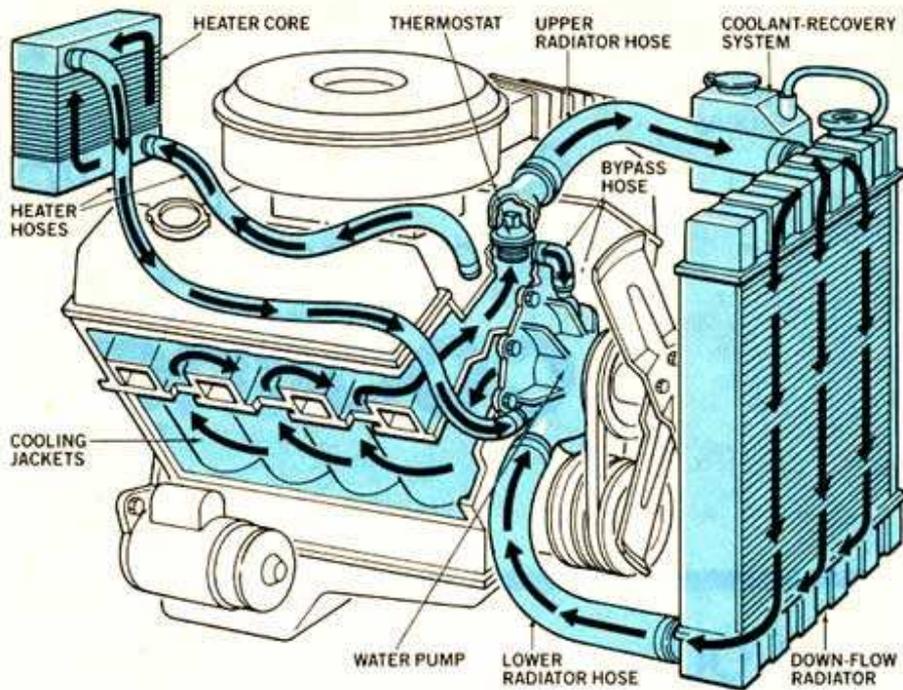


Figura 4. Sistema de enfriamiento, Cooling tower design.

Las temperaturas alcanzadas por la combustión en los cilindros es muy alta, por lo que es necesario ayudar al motor a enfriarse, lo cual se logra con el paso de algún fluido, puede ser el anticongelante, que recoge el calor de la cámara y lo libera a través del radiador.

Existe un termostato el cual identificará si la temperatura del anticongelante amerita su paso hacia el radiador, de lo contrario éste continuará circulando a través de la camisa de agua del motor hasta que la temperatura se eleve. El anticongelante también puede circular por otros elementos.

Convertidor de par:

Está compuesto por tres elementos (figura 5):

- Bomba.
- Turbina.
- Estator.

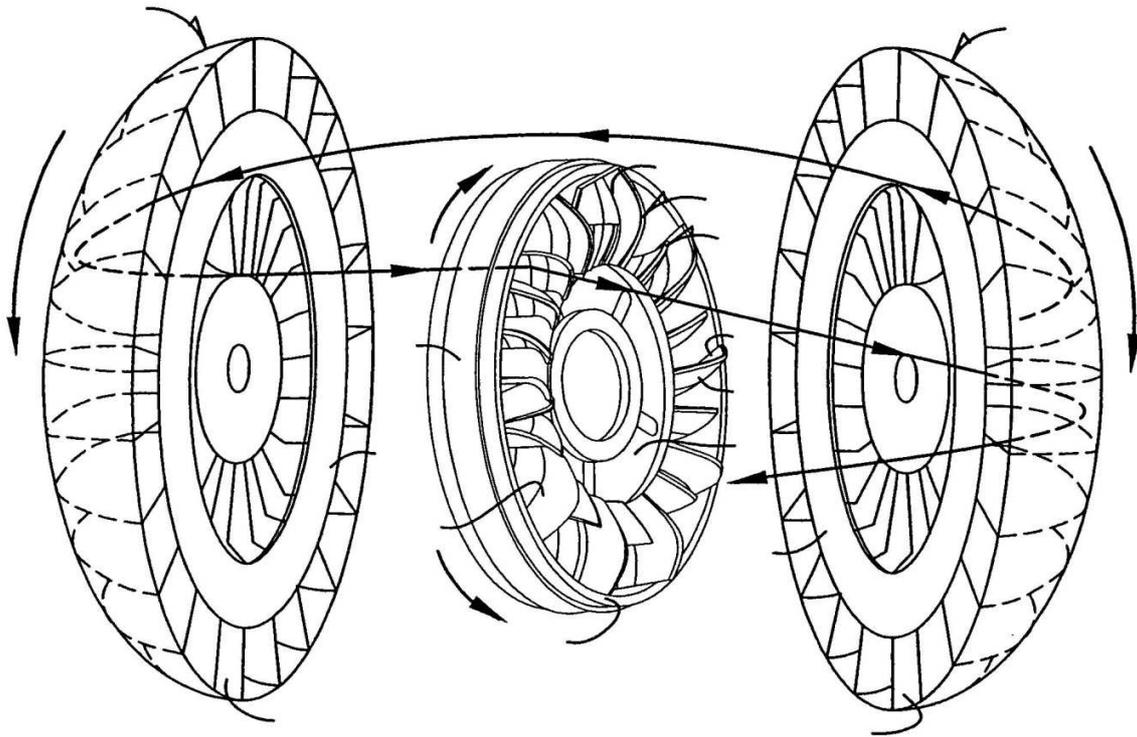


Figura 5. Convertidor de par, Free patents online.

Hace las veces de embrague para cambios automáticos y transmite el par entre el motor y el cambio a través de un aceite diseñado para transmisiones automáticas. En cuanto se enciende el vehículo, la bomba comienza a girar pues está conectada directamente al cigüeñal; si hay carga, la turbina no se moverá pues está conectada a la transmisión. Entre estos dos elementos se encuentra el estator el cual sólo puede girar en una dirección, a bajas revoluciones permanece inmóvil, produciendo un par, a veces de hasta tres a uno. Cuando se han alcanzado las revoluciones máximas el estator gira junto con la bomba y la turbina, teniendo una relación de 1 a 1.

Capítulo 4: Descripción del puesto

Como vimos en capítulos anteriores, una rama de las herramientas CAE es el CAD. Además hice una breve mención sobre las fases que intervienen en un ciclo CAE (pre-procesamiento, procesamiento y post-procesamiento).

Dentro del área CFD, las responsabilidades del puesto se enfocan a la primera fase del ciclo, es decir, el pre-procesamiento. El objetivo es preparar algún componente del tren motriz extrayendo las superficies que están en contacto con el fluido para que posteriormente sea mallado.

No hay que perder de vista que todas estas actividades se desarrollan con el objetivo de mallar tanto volumétrica como superficialmente la parte o componente. Por esta razón ciertas condiciones de trabajo se definen con base en la malla. Nombraré algunas:

- No deben existir huecos en la superficie. Se trabaja con una precisión de 0.001 [mm].
- No deben presentarse transiciones bruscas.

Se utiliza el software CATIA V5 (*Computer Aided Three-dimensional Interactive Application*), el cual es una herramienta CAD concebida para la industria aeronáutica y que actualmente es utilizada en muchos sectores industriales, entre ellos, el automotriz. CATIA tiene un robusto programa en modelación de superficies, es por esto que se utiliza en el área de CFD.

Las partes del *powertrain* se mandan a través de un servidor de CATIA enfocado a las necesidades de Chrysler, llamado ENOVIA. En este programa es posible descargar un gran número de partes vehiculares, y en muchos casos el vehículo completo. Estas partes son sólidos diseñados para manufactura, por lo tanto hay que modificarlos para posteriores etapas.

Una vez descargada la parte, lo primero es reconocerla y la clase de análisis a realizar. Con esto se identifican las superficies de la parte que están en contacto con algún fluido sea agua, aire, aceite, gases de escape y aire - gasolina. Lo siguiente es extraer las superficies de interés, que en última instancia serán las originales. El trabajo se realiza en el *Workbench de Generative Shape Design* de CATIA, el cual tiene todas las herramientas necesarias para trabajar con superficies.

Se arreglan las transiciones bruscas, los huecos y los ángulos pequeños entre superficies considerando las geometrías que los rodean. Por ejemplo, un cilindro con un agujero en la pared no se cierra con una superficie plana, ésta debe continuar con la tendencia de la

curvatura del cilindro. Se aplica la misma metodología en huecos largos o partes faltantes. Cuando se presentan espacios o ángulos pequeños entre superficies existen muchos problemas en el mallado porque el menor tamaño para la malla es de 0.5 [mm]. Cuando el espacio comprendido entre superficies es inferior a este rango, el programa encargado de generar la malla establece figuras geométricas no regulares alrededor del espacio y esto resulta en una malla de baja calidad lo cual se podría traducir en problemas con el *solver*. Por lo tanto se analizan las superficies y se decide de qué forma arreglarlas.

Hay regiones de las partes en donde es muy importante respetar las tendencias en las geometrías. En estas partes prevalecen en mayor medida las superficies originales, es decir, las extraídas directamente del componente; en cambio, en otras donde el análisis no es tan importante, podemos darnos más libertades en sus modificaciones.

Como ya se ha dicho, el software utilizado es CATIA V5. Dentro de este software hay árboles de trabajo para la división de operaciones. Siempre se trabaja intentando dejar claro las operaciones que se hacen y dónde se encuentran, esto se hace con ayuda de los *Geometrical Sets*.

Otro punto importante es la diferenciación de colores entre superficies. Para posteriores procesamientos es muy útil tener diferenciadas las superficies por colores. Esto se debe a que cuando exportamos el archivo al mallador, por ejemplo archivo.model (la cual es terminación de CATIA 4), la información enviada comprende: las superficies, los colores de estas, líneas y puntos, además de otras geometrías como planos, siendo las primeras las más importantes. Cuando el archivo es abierto en alguno de los malladores, ya sea ICEM o ANSA, la diferencia entre colores permite trabajar con las superficies más rápido y poder asignar valores de malla sin contratiempos. Esto es porque en las regiones de interés, como antes se comentó, es importante hacer un análisis más detallado del comportamiento del fluido, por lo tanto las dimensiones de la malla deben ser menores.

Por último, se tienen que delinear con curvas las transiciones bruscas en las superficies, pero estas consideraciones dependen de la parte.

La persona en éste puesto es responsable del trabajo realizado únicamente en el área de *powertrain* y puede ser apoyado por otros empleados en caso de una sobrecarga de trabajo, dividiendo las partes automotrices para su desarrollo desde el principio y hasta el final. Las personas que apoyan no tienen todo el conocimiento del trabajo a realizarse así que normalmente acuden con el responsable del puesto para orientación.

No cuenta con personas que estén a su cargo.

Capítulo 5: Descripción de las actividades desarrolladas en la empresa

A continuación describiré el trabajo realizado en diferentes componentes:

Manifolds o múltiples de admisión:

Comenzábamos extrayendo las superficies que estuvieran en contacto con aire. Verificábamos que no hubieran hoyos ni ángulos agudos, y en caso de un análisis EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) respetábamos la entrada de gases al *manifold*. Una vez resuelto esto, creábamos superficies planas a la entrada y a la salida del múltiple de admisión, éstas serían los *inlets* y *outlets* de trabajo para la simulación con FLUENT. Posteriormente generábamos una línea normal al *inlet* de 304 [mm], así como a la salida establecíamos tantas líneas de 100 [mm] fueran necesarias, en relación al número de direcciones que tuvieran los *runners*.

Resuelta esta parte, simplificábamos el *throttle*, éste es el acelerador, en él intervienen dos geometrías principalmente: la pared del *throttle* y el *blade* o mariposa. Eran sólidos de manufactura, tenían tornillos y geometrías despreciables, así que extraíamos la pared interna del acelerador y la mariposa pero eliminábamos los tornillos. Hecho esto, debíamos considerar que las geometrías en donde se conectan la pared y la mariposa generan un ángulo agudo, esto se corregía mediante un pequeño escalón de 3 [mm] que eliminaba el estrecho espacio y posibilitaba el mallado. Al final debíamos colocar puntos en las esquinas de la mariposa y las líneas correspondientes que lo definían.

También debíamos considerar la apertura de la mariposa ya que había estudios donde se requería que ésta tuviera un ángulo de apertura definido para estudios concretos.

Por último, separábamos en colores las partes, por un lado los *runners*, por otro las entradas de los *runners*, en otro la tapa del múltiple de admisión, aparte la base de éste, la pared del acelerador y la mariposa.

Air Induction System:

No trabajamos con ellos pero sí limpié una geometría como parte del entrenamiento.

De nuevo había que tener consideraciones en transiciones bruscas cambiándolas a suaves. Cerrábamos huecos y diferenciábamos las partes con ayuda de colores.

Dentro de la caja limpiadora de aire se encontraba el filtro, éste debía ser mallado especialmente. La tapa superior e inferior tenían costillas o *ribs*, las cuales debían ser definidas con curvas y con diferentes colores al igual que las tapas. Por último, generábamos los *inlets* y *outlets*.

Escapes:

Al igual que el *air induction system* sólo limpié una geometría para el entrenamiento, pero es importante destacar que como en las otras partes, había que hacer una división de *geometrical sets* o colores para diferenciar los componentes de los escapes, entre los que se encuentran las tuberías y filtros.

Para poder realizar un correcto mallado corregíamos transiciones bruscas por suaves y definíamos curvas en cambios de dirección de las tuberías.

Cooling system:

El sistema de enfriamiento es uno de los más complejos ya que está compuesto por:

- Cabeza del motor.
- Bloque del motor.
- Juntas o *Gaskets*.
- Tuberías.
- Termostato.
- Radiador.
- Otros elementos.

Normalmente las partes eran mandadas por separado. Lo primero que había que hacer era descargarlas del VPM-ENOVIA y analizarlas; muchas veces las geometrías estaban defectuosas, ya fuera porque no era el modelo final para manufactura o porque hacían falta partes. Una vez completo el sistema de enfriamiento había que juntarlos en un archivo, por ejemplo *archivo.product*. A partir de este archivo elegíamos la opción de generar un *archivo.CATPart* y con este nuevo archivo podíamos trabajar con todos los elementos ensamblados y en posición. Muchas veces las partes no estaban colocadas correctamente, por lo tanto aprovechábamos las ventajas del *Work bench - product* para colocar en posición las partes y generar el *archivo.CATPart*.

Un *archivo.product* está conformado por los *archivos.CATPart* que lo constituyan, por lo tanto, los cambios que sufran éstos modificarán a aquél de manera directa al actualizarlo; es por esto que muchas veces era más conveniente en términos de tiempo extraer las

superficies útiles de las partes y al haberlo hecho, generar el archivo.CATPart, teniendo en mente y observando que las partes efectivamente estuvieran en posición.

Por un lado había que extraer toda la camisa de agua, *water jacket*, de la cabeza y del bloque; posteriormente, utilizando el *gasket*, delimitábamos el paso del fluido de la cabeza hacia el bloque, que normalmente son círculos de paso.

Posteriormente extraíamos las superficies internas de las tuberías y de nuevo si tenían transiciones bruscas las modificábamos por suaves y si estaban desconectadas las uníamos y cerrábamos los huecos.

El radiador se simplificaba a modo de tubería, como con todo lo anterior se diferenciaba de los demás componentes por su color. Esta tubería al ser mallada se hacía bajo condiciones específicas.

De la misma forma hacíamos con otros elementos, los simplificábamos por tuberías y éstas eran malladas con valores especiales para tener una aproximación a los que se presentan en la realidad.

Por otro lado, había que trabajar con el termostato, extraíamos las superficies que estaban en contacto con el fluido y dependiendo del análisis se cerraba o se abría una cantidad en pulgadas para después poder realizar el mallado.

A continuación limpiábamos el *impeller* de la bomba simplificándolo, cerrando huecos y eliminando geometrías innecesarias. Posteriormente creábamos una caja donde colocábamos el *impeller*. Era definida por el espacio que existía entre el *impeller* y la camisa de agua, ubicándose justo entre estas dos. Colocábamos el *impeller* junto con la caja dentro de la camisa de agua.

Para terminar, y como se ha hecho en los otros casos definíamos todos los cambios de geometría abruptos o cambios de parte, además de geometrías importantes como el *impeller*, el *gasket* y el termostato.

Convertidor de par:

El proyecto consistió en simular iteraciones de convertidores de par, la diferencia era el diseño de las aspas en cada uno de los elementos antes mencionados: estator, bomba y turbina.

Lo primero que hicimos fue establecer los *inlets*, *outlets* y fronteras que aplicarían para todas las iteraciones. Posteriormente se adaptaba cada una de las aspas con su respectiva frontera. Es importante destacar que en CATIA sólo trabajamos con una muestra de cada arreglo de aspas, esto quiere decir que en total arreglábamos 3 aspas.

Había una línea de convertidores de par en la cual las aspas formaban un espacio muy estrecho entre la pared posterior del *blade* y el *torus ring* (se podría decir que es la pared central del convertidor). Esta falta de espacio se corregía creando una superficie que siguiera la tendencia del *blade* que tuviera una menor inclinación.

Generalmente los *blades* no tocaban con las fronteras respectivas así que extendíamos las superficies para que se cortaran entre ellas ya que no debían quedar huecos.

Como en casos anteriores se establecían líneas en los cambios de parte y en transiciones bruscas.

Puerto:

Primero extraíamos las superficies de la cabeza a través de las cuales circula el aire que viene del múltiple de admisión. Como en otros casos simplificábamos geometrías innecesarias como entradas de tornillos. A continuación extraíamos las superficies de las válvulas que están en contacto con el fluido y las recortábamos con respecto a la superficie del puerto. Si hacía falta una válvula trasladábamos la primera a la posición de la segunda y cortábamos de igual forma. Normalmente había que desplazar las válvulas una distancia determinada en el sentido de apertura.

Todos los análisis que realizamos fueron *intakes*, por lo tanto el paso hacia el múltiple de escape se simplificaba. En el límite del puerto se generaba una cámara con forma de cilindro que era una aproximación de la cámara de combustión. Este cilindro debía tener dos terceras partes del volumen total de la cámara para fines del mallado.

Por último, establecíamos los *inlets* y *outlets* además de las líneas entre las partes, en los cambios de geometría bruscos y además, como en otros casos, dibujábamos una línea normal al *outlet* del cilindro con una distancia de cinco veces su diámetro.

Si con anterioridad habíamos realizado el múltiple de admisión correspondiente a este estudio, se debía tener cuidado en el posicionamiento de las partes, pues el puerto debe ser continuación exacta en el espacio de algún *runner* del *manifold* correspondiente.

Capítulo 6: Comentarios finales

Las materias que me dieron las herramientas para poder enfrentarme a este trabajo fueron Dibujo Mecánico, CAD/CAM y Mecánica de Fluidos. Dibujo, porque fue la primera materia en la carrera que me acercó al uso de software CAD con *SolidEdge*, generando sólidos y *sketches* en el espacio. CAD/CAM porque aprendí a hacer uso de uno de los programas más robustos en el mercado actualmente en lo que se refiere a CAD, *Unigraphics NX6*. Por otro lado, la materia Mecánica de Fluidos me familiarizó con el comportamiento de los fluidos, por ejemplo en el caso de la capa límite. En realidad podría decir que todas las materias que llevé, unas en mayor medida que otras, contribuyeron a formarme un pensamiento lógico-espacial-matemático, si es que tal cosa existe, gracias al cual he podido enfrentarme a este trabajo.

El programa que se utiliza en Chrysler es CATIA, las similitudes con NX son muchas, aunque su interfaz es diferente. Tuve que aprender a manejar superficies que nunca vi en la carrera y que tengo entendido no es común que se utilice en la industria. Aunque éstas no difieren demasiado de los sólidos, en general comparten algunos métodos de trabajo y herramientas.

Por otro lado, como en cualquier plataforma computacional, me encontré con una serie de problemas que me dificultaron realizar mi trabajo. Enlistaré algunos de ellos:

- No es tan amigable con el usuario en comparación a NX.
- Es confuso el zoom.
- En un producto es difícil ensamblar las partes sin generar sobre restricciones; hay restricciones que no respeta el programa; generar un *catpart* a partir de un producto; salvar correctamente con el *save management* para conservar las modificaciones.
- Cuando hemos realizado una unión con precisión de milésima de milímetro no nos permite hacer cortes entre intersecciones que no cumplan con esta tolerancia.
- Muchas veces los espacios que se mostraban desde CATIA no correspondían a los visualizados en ICEM.
- Toda la paleta de colores de CATIA V5 se reduce cuando es exportado a CATIA 4 pues este tiene menos colores.
- Algunas operaciones que podrían ser útiles no existen como generar *sketches* con respecto a referencias en el espacio independientes al *sketch*.
- A veces el programa se cerraba inesperadamente.

- La operación de unir ocultaba superficies útiles y posteriormente era difícil identificar cuáles eran ya que a veces trabajaba con cientos de superficies con números por nombres.
- La operación de desensamblar no ocultaba las superficies no útiles y si no nos percatábamos de esto trabajábamos con las dos superficies al mismo tiempo.
- Cuando muchas cosas estaban escondidas era difícil poder identificar unas de otras, a pesar de que CATIA nos enlista todas las posibilidades de selección en función de la localización del mouse.

Tuve muchos otros problemas, lo cual suele suceder cuando aprendemos a utilizar un programa, pero lo importante fue entender algunos y memorizar otros, para que al final pudiera realizar mi trabajo de una manera eficiente en el entendido de que estaba utilizando una de las mejoras herramientas de trabajo en cuanto al CAD se refiere, y así satisfacer las demandas que la empresa me exigía.

En Chrysler existe el proyecto para que a finales de 2011 se haya migrado de CATIA a NX. Personalmente creo que en superficies CATIA es superior, pero en términos generales los dos son muy poderosos y en ese sentido sólo habrá que familiarizarse con NX para conseguir trabajar con las superficies como se hace actualmente con CATIA.

Debido a políticas de confidencialidad me fue imposible utilizar información de los proyectos que realicé en Chrysler, desde imágenes hasta medidas. A pesar de no poder mostrar en el reporte el trabajo que realicé durante 7 meses, intenté tener acceso a proyectos parecidos al mío que se hubieran hecho en el pasado, pero de igual forma me lo negaron. Aún así he intentado dar un testimonio aproximado de las actividades que realicé en la empresa.

Haber trabajado en la industria resultó en un gran aprendizaje. Mis actividades tenían un impacto significativo en los desarrollos posteriores del área, exigiendo así un compromiso general del equipo con cada una de las tareas. Algunos descuidos de mi trabajo podían ser resueltos en etapas siguientes, otros imposibilitaban el trabajo hasta que yo los corrigiera y otros más podían modificar el resultado final del análisis.

Éste resultado entonces se veía afectado en mayor o menor medida por mi trabajo, traduciéndose en presión que a diferencia de la escuela conlleva a grandes pérdidas de dinero para la empresa ya que los resultados van más allá de una simple experimentación; además todo tenía que realizarse contra reloj y en periodos de tiempo cortos; casi siempre los demás integrantes del equipo no podían trabajar, es decir mallar las partes y simularlas, hasta que yo terminara con mis tareas, y por supuesto el lidiar con un jefe fue una importantísima nueva experiencia.

Bibliografía y Mesografía

McGraw-Hill, (2002). Concise Encyclopedia of Engineering. The McGraw-Hill Companies, Inc.

P. M. Heldt, (1953). Convertidores de par o transmisiones. Editorial Aguilar

Ibrahim Zeid, (1991). CAD/CAM theory and practice. McGraw-Hill Series in Mechanical Engineering.

Chris McMahon, Jimmie Browne. (1993). CADCAM from principles to practice. Addison–Wesley Publishers.

José Font Mezquita, Juan F. Dols Ruiz, (2001). Tratado sobre automóviles. Universidad Politécnica de Valencia. Alfaomega Grupo Editor.

http://www.autopartscorner.com/intake_manifold/dodge_intake_manifold.html

<http://www.nytimes.com/2009/05/01/business/01history.html>

<http://www.chrysler.es/conocenos/historia/1920.html>

<http://www.chryslerdemexicoonline.com/company/index/index.htm>

<http://www.wikipedia.org/>

<http://www.autoshop101.com/forms/h21.pdf>

<http://www.sundevilauto.com/images/diagrams/exhaust-system.jpg>

<http://coolingtower-design.com/wp-content/uploads/2011/03/radiator-cooling-system.jpg>

<http://www.freepatentsonline.com/6996978.html>