



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño en 3D de un panel
interior del cofre para la
empresa Ford Motor
Company**

INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecatrónico

P R E S E N T A

Raúl Alejandro Zúñiga Sánchez

ASESOR DE INFORME

MI Mariano García del Gállego



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016

ÍNDICE

1. Introducción	3
2. Objetivo	3
3. Capítulo 1: Descripción de la empresa	4
a. Misión	4
b. Valores	4
c. Principios Guía	5
d. Visión	5
e. Organigrama	6
f. Historia	7
4. Capítulo 2: Descripción del puesto de trabajo	12
5. Capítulo 3: Trabajo Realizado	14
a. ¿Qué es BIW y qué componentes lo conforman?	14
b. ¿Con quién interactúo?	14
c. Inicio del proceso de diseño	15
d. Entrega de superficies por parte de Estudio de Diseño	16
e. Desarrollo de Secciones	18
f. Envíos a CAE, área de estampado y retroalimentación	22
g. Etapas de evaluación y rediseño	26
h. Validación y evaluación de ensamblajes y piezas	27
i. Entregables de una pieza	29
j. Resultados	31
6. Capítulo 4: Conclusiones	33
7. Bibliografía	35

INTRODUCCIÓN

El presente reporte describe las actividades que he realizado para la empresa Ford Motor Company como Ingeniero de diseño en CAD, para el área de Desarrollo del Producto (PD).

Uno de los departamentos que integra PD, es el de Digital Innovation (DI), área encargada del CAD (diseño asistido por computadora) de todo el vehículo. Cada pieza del vehículo es diseñada a escala real y representada dentro de un ensamble en forma digital.

Una de las secciones que integran ésta área es la de Sheet Metal, en la cual llevo en la cual he laborado desde que entré en diciembre de 2013. El área es la especializada en diseñar las piezas de acero o aluminio principalmente y que para su manufactura se requiere de algún tipo de proceso de estampado.

OBJETIVO

El objetivo del presente reporte es explicar brevemente el desarrollo del diseño por computadora (CAD) del ensamble y componentes que conforman el cofre para el vehículo Lincoln MXZ 2017. Teniendo como resultado un archivo con el ensamble con todos los componentes listos para su manufactura y producción.

CAPÍTULO 1: Descripción de la empresa

Misión

Ford Motor Company es líder mundial en productos y servicios automotrices, y financieros. Nuestra Misión es mejorar continuamente nuestros productos y servicios a fin de satisfacer las necesidades de nuestros clientes, lo que nos permite prosperar como negocio y proporcionar utilidades razonables a nuestros accionistas quienes son propietarios de nuestro negocio.

Valores

La manera como cumplimos nuestra misión es tan importante como la misión misma. Los siguientes valores básicos son fundamentales para el éxito de la Compañía.

- **Gente** - Nuestra gente es la fuente de nuestra fuerza. Ellos proporcionan nuestra inteligencia corporativa y determinan nuestra reputación y vitalidad. El involucramiento y el trabajo en equipo son la esencia de nuestros valores humanos.
- **Productos** - Nuestros productos son el resultado final de nuestros esfuerzos, y deben ser los mejores para servir a nuestros clientes en todo el mundo. Así como nuestros productos son vistos, así somos vistos nosotros.
- **Utilidades** - Las utilidades son la medida final de cuán eficientes somos al proveer a nuestros clientes con los mejores productos para satisfacer sus necesidades. Las utilidades son necesarias para sobrevivir y crecer.
- **Los concesionarios y los proveedores son nuestros socios** - La compañía debe mantener relaciones de mutuo beneficio con distribuidores, proveedores y con nuestros demás asociados comerciales.
- **La integridad nunca es comprometida** - La conducta de nuestra compañía alrededor del mundo debe seguirse de una manera que sea socialmente responsable, requiriendo respeto por su integridad y por sus contribuciones

positivas a la sociedad. Nuestras puertas están abiertas para hombres y mujeres de la misma manera sin discriminación y sin considerar origen étnico o creencias personales.

Principios guía

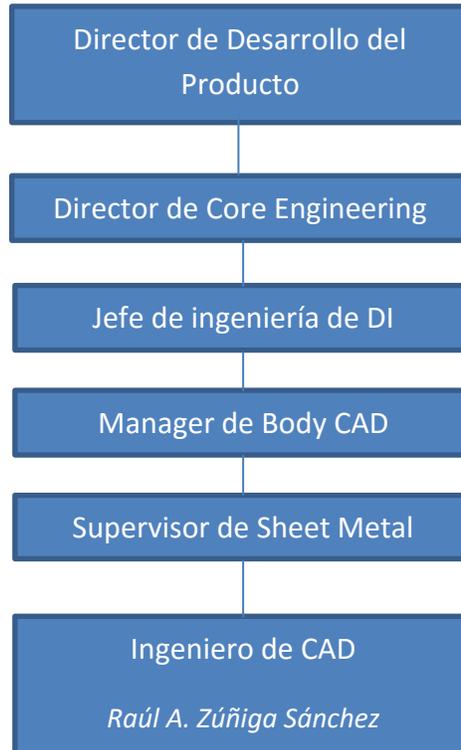
- **La calidad es lo primero** - Para lograr la satisfacción de nuestros clientes, la calidad de nuestros productos y servicios debe ser nuestra prioridad número uno.
- **Los clientes son el centro de todo lo que hacemos** - Nuestro trabajo debe estar hecho pensando en nuestros clientes, proporcionando mejores productos y servicios que nuestra competencia.
- **El mejoramiento continuo es esencial para nuestro éxito** - Debemos esforzarnos por la excelencia en todo lo que hacemos: en nuestros productos, en su seguridad y valor, y en nuestros servicios, nuestras relaciones humanas, nuestra competitividad y nuestra rentabilidad.
- **El involucramiento del personal es nuestra forma de vida** - Somos un equipo. Debemos tratarnos unos a otros con confianza y respeto

VISIÓN

"Una buena compañía ofrece excelentes productos y servicios, una gran empresa además, se preocupa por hacer nuestro mundo un mejor lugar donde vivir"

William Clay Ford JR.

Organigrama



Historia

Antecedentes

- **1896** Henry Ford construye su primer vehículo “el cuadríciclo” un Buggy con 4 ruedas de bicicleta. Dos años más tarde, crea la compañía *Detroit Automobile*, pero 2 años y medio después se disolvió.

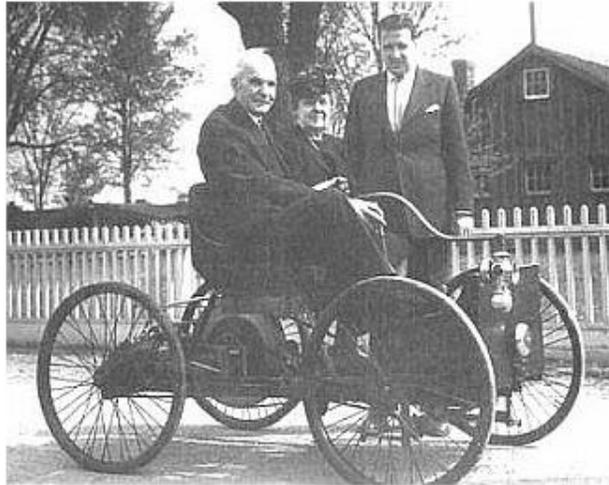


Imagen 1 El cuadríciclo construido por Henry Ford

- **1901** La Compañía “*Henry Ford*” es incorporada, pero discontinuada al año siguiente al ser vigorizada por Henry Leland como la *Cadillac Motor Company*.
- **1902** Ford comenzó con \$ 31,000 USD en efectivo de 12 inversores, como John y Horace Dodge, quienes luego fundaron *Dodge Brothers Motor Vehicle Company*.

Ford Motor Company

Ford Motor Company es una multinacional estadounidense y es la cuarta fábrica automotriz más grande en ventas internacionales. Establecida en Dearborn, Michigan, un suburbio de Detroit, la fábrica fue fundada por Henry Ford el 16 de Junio de 1903.

Henry Ford tenía 40 años cuando fundó *Ford Motor Company*, que luego sería una de las más grandes y rentables compañías del mundo, así como una de las pocas sobrevivientes de la Gran Depresión. También es la compañía

familiar más grande del mundo, habiendo sido dirigida por la familia durante más de 100 años.

Primeros años

- **1904** Ford Motor Company de Canadá es incorporada en Walkerville, Ontario. Ese año, Henry Ford se une a Harvey Firestone de *Firestone Tires*.
- **1903-1907** En sus primeros años, la compañía produjo varios vehículos diseñados, cronológicamente, desde el Ford Modelo A hasta el Modelo K y Modelo S (el último Ford con volante a la derecha). El Modelo K fue el primer modelo de 6 cilindros, conocido como "el roadster de los caballeros"
- **1908** Henry Ford introdujo el Modelo T. Los modelos anteriores eran producidos de a pocos por día en una fábrica alquilada en la avenida Mack en Detroit, Michigan, con grupos de 2 o 3 hombres trabajando en cada auto con componentes pedidos a otras compañías.
- **1909** Ford Motor Company se establece en Inglaterra y 2 años más tarde abre la primera fábrica fuera de Estados Unidos, en Manchester. En su primer año de producción, alrededor de 18,000 autos Modelo T fueron armados.
- **1912** La cantidad en la producción del Modelo T subió a 170,211.
- **1913** Ford introdujo la primera cadena de producción con cinta, lo cual redujo el tiempo de armado de 12 horas y media en Octubre, a 2.6 horas y luego a 1 hora y media. Ford logró producir 202,667 unidades.



Imagen 2 Ford Modelo T 1910

La línea de montaje

- **1919-1920** Ford producía el 50% de los autos de Estados Unidos, y el 40% de los británicos; para 1920, la mitad de los autos de Estados Unidos eran Modelo T. La línea de montaje transformó la industria, pronto, las compañías que no siguieron dicho modelo quebraron. De los 200 fabricantes de autos que había en 1920, sólo 17 quedaron en 1940.
- **1920-1926** Henry Ford dijo: “Cualquier comprador puede tener su auto pintado del color que quiera, siempre y cuando sea negro”. Antes de la línea de montaje, el Modelo T podía ser pedido en varios colores rojo, azul, y verde, pero no en negro. Todo cambió debido a que la pintura había hecho un cuello de botella en la producción, el Negro Japonés era el único color que secaba lo suficientemente rápido, hasta que en 1926 apareció el Duco lacquer, permitiendo otros colores en el Modelo T.

El óvalo azul

El óvalo de Ford como logo fue introducido en 1927. El Modelo A de 1928 fue el primer vehículo en llevar una primer versión del óvalo de Ford. El azul oscuro del fondo del óvalo es conocido por los diseñadores como *Pantone 294C*. La tipografía de la palabra Ford es acreditada a Childe Harold Wills, el primer jefe de ingeniería y diseño de Ford. Él creó la fuente en 1903, basándose en una que había utilizado en sus tarjetas de trabajo. Hoy, el óvalo ha evolucionado en un óvalo perfecto 8:3. El Centennial Oval fue introducido el 17 de Junio de 2003 como parte del 100 aniversario de Ford Motor Company.



Imagen 3 El logo de Ford a lo largo de la historia

Post guerra y actualidad

- **1919-1927** Edsel Ford siguió a su padre como presidente de la compañía, aunque Henry aún seguía en la administración. Aunque los precios seguían siendo bajos con una ingeniería eficiente, la compañía tenía un antiguo personalizado sistema de administración, y descuidaba el pedido del consumidor por mejores vehículos. Por ende, mientras los *Four Wheel brakes* fueron inventados por Arrol-Johnson y usados en el Argyll, estos no estuvieron en un Ford sino hasta el año de 1927. Ford fue perdiendo mercado contra GM y Chrysler, mientras éstos y otros competidores locales y extranjeros comenzaron a ofrecer automóviles más frescos, con más características y opciones lujosas. Ford da a conocer el rediseñado Modelo A y retiró el Modelo T luego de producir 15 millones de unidades.
- **1945** Henry Ford nombró a su nieto mayor, Henry Ford II, Presidente de Ford Motor Company. Henry Ford II fue Presidente desde 1945 hasta 1960, y como Presidente y CEO desde 1960 hasta 1980.
- **1946** Robert McNamara se unió a Ford Motor Company como Jefe de Planificación y analista financiero. Ascendió rápidamente hasta convertirse en el Presidente de Ford Motor Company. Fue el primer Presidente que no pertenecía a la familia Ford y ayudó en la expansión y el éxito de la empresa.

Ernest R. Breech fue contratado en 1946 como Vicepresidente Ejecutivo, y luego se convirtió en el Presidente del consejo de administración (1955).

- **1947** Henry Ford muere el 7 de abril.
- **50's** Ford introdujo el icónico Thunderbird en 1955 y la línea de automóviles Edsel en 1958. Edsel fue cancelada a menos de 27 meses de su lanzamiento en Noviembre de 1960.
- **60's** La corporación se recuperó luego fracaso de Edsel, introduciendo el Ford Falcon en 1960 y el Mustang en 1964. Para el año 1967 Ford era una empresa consolidada en Europa.
- **2001** El bisnieto de Henry, William Clay Ford Jr., es el actual Presidente del consejo de administración y fue CEO hasta el 5 de Septiembre de 2006.
- **2006** Alan Mulally de Boeing es nombrado como sucesor de William Clay Ford Jr. La familia Ford es dueña del 5% de las acciones y controla cerca del 40% del poder de votación. Ford anuncia que hipotecaría todas las instalaciones, incluyendo fábricas, equipamiento, oficinas, propiedad intelectual como patentes y marcas y los intereses de la compañía, juntado más de 23 mil millones de dólares en efectivo. La línea de crédito asegurada se espera que financie el desarrollo de productos durante la reestructuración de 2009, así como la compañía espera gastar alrededor de 17 mil millones de dólares antes de obtener ganancias. Es la primera vez que se realiza esto en 103 años de historia de la compañía.
- **2007** Son lanzados la Ford Edge y el Lincoln MKX. El Lincoln Zephyr es reemplazado con el Lincoln MKZ. Una rediseñada Ford Expedition y Lincoln Navigator son presentadas. Ford desarrolla los "concept car" Ford Interceptor y el Lincoln MKR, y una preproducción del Lincoln MKS. El Ford Five Hundred, Ford Freestyle y Mercury Montego son retirados y reemplazados con los nombres Taurus, Ford Taurus X y Mercury Sable.

CAPÍTULO 2: Descripción del puesto de trabajo

Descripción del puesto de trabajo como Ingeniero de diseño en CAD

- ❖ Desarrollar geometrías por medio de CAD (Diseño Asistido por Computadora) en 3D y 2D utilizando Catia V5 para desarrollar en el tiempo establecido cada una de las etapas en el calendario del programa de apegándose a la normatividad, los clientes y requisitos empresariales para los programas globales y locales
- ❖ Compartir y mantener actualizados los archivos digitales
- ❖ Llevar a cabo evaluaciones de compatibilidad para los sub-ensambles Digitales, colaborar con los Ingenieros de Diseño y Liberación (D&R) para desarrollar nuevos componentes aplicando habilidades técnicas
- ❖ Llevar a cabo los entregables (geometría, GD&T) de los programas designados, asegurar la factibilidad de manufactura de las piezas , desarrollo de estudios en paralelo para evaluar otras alternativas para la compatibilidad del diseño de ingeniería ayudando a alcanzar las metas del programa
- ❖ Crear representaciones de diseño de Ford y manejar la información como lo indican los procesos corporativos
- ❖ Mantener la geometría actualizada y a disposición de todos los involucrados en las determinadas etapas ya predefinidas del programa
- ❖ Asegurar que la información representada en los archivos de CAD corresponda en geometría y posición a la información digital del ensamble vehicular y tener alineación entre los archivos digitales y el Pre-BOM (Bill of Materials)
- ❖ Llevar a cabo la compatibilidad de evaluaciones para los sub-ensambles para soportar las fechas de entrega de los programas
- ❖ Cumplir en tiempo con los archivos en 3D y 2D que correspondan a las fechas de entrega de los programas, asegurando la calidad de los componentes e

incluyendo las notas de tolerancias y especificaciones así como las notas generales para P-Release

- ❖ Asegurar el intercambio de información entre Ford y sus proveedores de la información, la factibilidad de manufactura de las piezas y las habilidades técnicas como diseñador

CAPÍTULO 3: Trabajo Realizado

¿Qué es BIW y que componentes lo conforman?

El área de Body in White (BIW) lo conforman piezas que a excepción del chasis, le dan la estructura y rigidez al vehículo y conforman la carrocería del mismo.

Las piezas diseñadas para la carrocería como salpicaderas, bastidores, cofre, etc., son componentes por lo que estos no se desarrollan en el área de BIW. El departamento encargado de dichas piezas es llamado *Estudio de Diseño* y son denominadas como superficies Clase A. Todas aquellas piezas que integran el interior de la carrocería, son las que le dan el soporte a los paneles exteriores así como la rigidez a la estructura del automóvil, son diseñadas en esta área con características y geometrías determinadas.

Para el diseño de las piezas de BIW utilizo principalmente el módulo de Catia V5 llamado *Generative Shape Design* (GSD). Este módulo se especializa en el diseño de superficies. En el área se pueden desarrollar piezas con una complejidad baja como lo son brackets y placas para refuerzos hasta piezas cuyo nivel de complejidad es mayor como los paneles interiores del cofre, bastidores y paneles de la cajuela.

Al tratarse de un área con gran número de piezas a su cargo, el departamento de BIW divide el vehículo en secciones de acuerdo a su función. El área de BIW de México, a la que pertenezco, es la encargada de llevar los componentes del cofre, salpicaderas, cajuela, bastidores y la parte frontal y estructural del vehículo.

¿Con qué áreas interactúo?

Al ser un área en la cual se da la apariencia y la estructura al vehículo, el grupo de Sheet metal tiene interacción con todas las áreas de diseño. Para el grupo de BIW de México, las principales áreas de interacción son: fascias,

plásticos interiores y exteriores, mecanismos, estructuras de asientos, chasis, tren motriz, refrigeración y calefacción, entre otros.

En distintas etapas del desarrollo del producto, me involucro con otras áreas externas a DI y muy específicas para el grupo al que pertenezco. Estas áreas son:

- *Área de Estudio de Diseño*: Es el área dentro de la compañía encargada de desarrollar los conceptos de los temas para el desarrollo de un vehículo. Posteriormente estos bocetos los lleva a modelos de arcilla para finalmente generar superficies por computadora. Estas superficies me son entregadas por medio de un archivo y a partir de ellas se comienzan a generar los paneles exteriores del auto.
- *D&R (Design and Release)*: Es el área con la cual tengo relación e interacción a lo largo de todo el diseño de la pieza. Se encarga de evaluar la pieza, evaluar el costo, cotizar los herramentales, hablar con el proveedor y estar al pendiente de la manufactura de la misma.
- *Área de CAE (Ingeniería Asistida por computadora)*: Son los encargados de realizar los diferentes tipos de estudios a las piezas para probar que las fuerzas ejercidas en las mismas y en los ensambles sean adecuados para la seguridad del vehículo. Con ellos tengo una interacción muy cercana en cada cierre de etapa del diseño.
- *Área de Estampado*: Es el área de la cual recibo la retroalimentación de la factibilidad de estampado de mi diseño. Son los encargados de simular los procesos de estampado sobre las piezas bajo mi responsabilidad. Así como el equipo CAE, trabajo desde muy de cerca al final de cada etapa de diseño hasta la liberación de la pieza.

Inicio del proceso de diseño

En los más de dos que llevo laborando en esta compañía, he trabajado a lo largo de un ciclo completo de diseño de un vehículo, también denominado *programa* en la etapa de diseño, es decir, estar involucrado en todas las fases

del diseño digital en las que el área de Digital Innovation y BIW están involucradas.

En este tiempo se me asignaron distintos tipos de componentes y refuerzos. Sin embargo, para efectos de este trabajo y explicar de una forma clara el proceso de diseño, me enfocaré únicamente a los paneles del cofre.

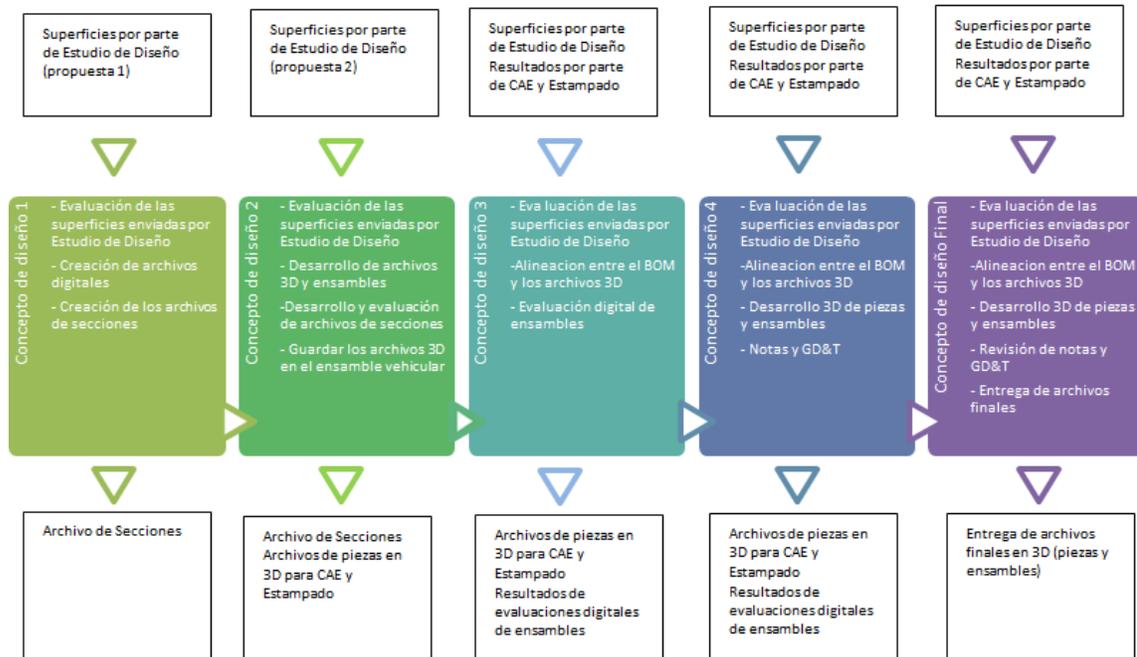


Imagen 4 Etapas de un programa para área de DI

La etapa de diseño comienza una vez que ya se tiene aprobado uno o varios temas de diseño. El área de Estudio manda una primer propuesta al departamento de Digital Innovation (DI). Mi departamento se encarga de comenzar a desarrollar los paneles exteriores e interiores del cofre.

Son varias las iteraciones que se tienen en el diseño de las piezas. En cada etapa, las propuestas mejorarán, tanto por parte de estudio, como de la mía. Se elaboran las piezas principales y se van incorporando y diseñando los refuerzos, brackets y se van realizando los ensamblajes. Al término del desarrollo del diseño, tendré piezas 100% factibles de estampar y ensamblar en planta.

Entrega de superficies por parte de *Estudio de Diseño*

Una de las principales áreas con las que BIW tiene interacción es *Diseño de Estudio*, encargada de diseñar todas aquellas superficies denominadas clase A. Las superficies Clase A son todas aquellas que el cliente verá a primera vista. Como primera etapa de diseño, *Estudio de Diseño* nos entrega las superficies preliminares clase A. Estos paneles son entregados en varias superficies y dependiendo de la madurez que tenga el programa, se pueden presentar errores en su geometría como discontinuidades.

Mi primer trabajo como diseñador es reconstruir estas superficies en el software, usar las operaciones disponibles del banco de trabajo de Generative Shape Design (GSD) y crear las superficies que sean tangentes y continuas entre ellas. Para llevar a cabo este trabajo, se revisa sección por sección del archivo para asegurar que no existan traslapes de superficies o separaciones entre ellas. Es importante revisar el borde de la superficie y ver que no se tengan errores de tangencia.

Se tienen varios métodos para poder arreglar este tipo de discontinuidades. Sin embargo, como diseñador puedo utilizar cualquier método de operaciones para obtener la superficie final. Para este tipo de superficies es importante no modificar severamente la geometría de la clase A, ya que al ser lo primero que ve el cliente y por ser desarrollado por otra área ésta superficie no debe cambiar.

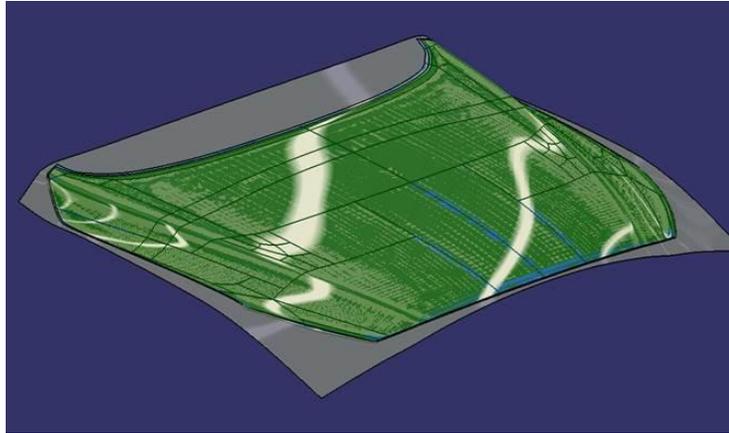


Imagen 5 Superficies para el cofre

Al finalizar la etapa de diseño del programa, se tendrá una superficie completa, como se aprecia en la imagen 5, continua y tangente en todos sus puntos. En esta primera superficie generada es de donde se toman todas las referencias para construir gran parte de los componentes del vehículo.

Para las primeras etapas del diseño y las primeras entregas por parte del área de *Estudio*, las consideraciones de tolerancias con las superficies pueden ser de 0.1 mm. Conforme avanza el programa, estas tolerancias van disminuyendo. Para un programa, se pueden tener un mínimo de cinco entregas por parte del área de *Estudio*. Con cada entrega, la calidad de la superficie va mejorando, las tolerancias disminuyen y mi trabajo en esta parte del programa disminuye. Así, para la última entrega mi trabajo en arreglar el panel será nulo y únicamente me enfocaré al trabajo de las piezas estructurales y de soporte del vehículo dependiendo de la sección en la cual me encuentre trabajando.

Desarrollo de secciones

El cofre es uno de los paneles más grandes del vehículo, cuya función es proteger del medio ambiente el motor y los componentes en su interior, al encontrarse en el extremo delantero del automóvil, es necesario tomar varias consideraciones al momento de diseñarlo junto con todos los refuerzos que lo conforman como ensamble.

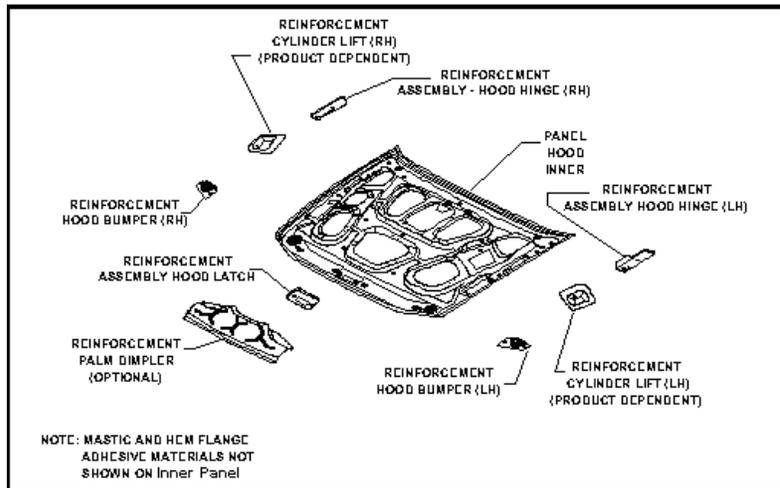


Imagen 6 Componentes principales del ensamble del cofre

Como es uno de los ensambles que queda expuesto en la parte frontal del auto, se debe tomar en cuenta la probabilidad de tener algún tipo de accidente o colisión contra un peatón, objetos inmóviles u otro vehículo. Es por ello que para su diseño se deben tomar en cuenta diversos factores de seguridad. Entre ellos están los rangos de visión que debe tener el conductor, las zonas de seguridad y protección para el peatón, los movimientos de las piezas, su adecuado empaquetamiento y un diseño que en caso de que se requiera, el ensamble se colapse de una manera predeterminada y controlada.

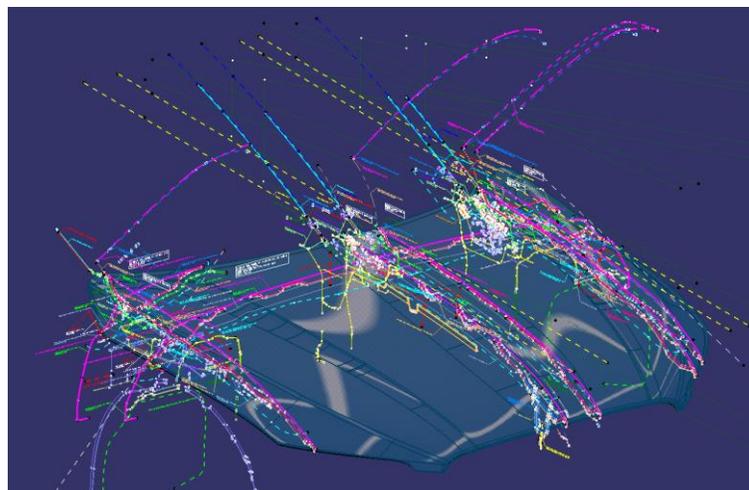


Imagen 7 Secciones para el cofre y salpicadera

Para ello se cuenta con el desarrollo de secciones como se puede apreciar en la imagen superior, cuyo propósito es brindar a los diseñadores e ingenieros una perspectiva en dos dimensiones de todos los elementos que deben tomar en cuenta para el adecuado empaquetamiento de los componentes de un área determinada del auto. Las secciones se realizan de acuerdo a las zonas críticas del vehículo. Estos planos ya se encuentran preestablecidos dependiendo el modelo de vehículo que se esté trabajando. Las secciones son posicionadas en diferentes coordenadas para así poder ver si hay algún tipo de interferencia entre componentes y que el ensamble digital contenga los parámetros requeridos para su análisis.

Una función importante para el desarrollo de las secciones del cofre, es proporcionar las líneas de visión, áreas en las que el conductor y los pasajeros se moverían de forma natural dentro del vehículo. Las líneas de visión se utilizan para que debajo o sobre de ellas no se localice ningún tipo de elemento que pueda bloquear la vista de los pasajeros.

Un ensamble que cuenta con varias secciones es el cofre. En él se realizan varios cortes a lo largo y ancho para analizar sus movimientos, grados de apertura, las líneas de visión bien delimitadas para no obstruir la vista del conductor, el correcto posicionamiento de los componentes, las zonas de seguridad en caso de colisión y los espacios entre paneles exteriores.

En el cofre se analizan los movimientos que este puede realizar, se indican los movimientos de apertura y cierre. Esta simulación se hace mediante el software y los grados de apertura permitidos. De esta forma podemos tener representados los movimientos críticos (apertura y cierre máximo), imagen 7, en la sección. Una función clave del desarrollar una sección es ver este tipo de movimientos particulares en la estructura de vehículo para realizar el empaquetamiento y ensambles necesarios para contener dichas particularidades.

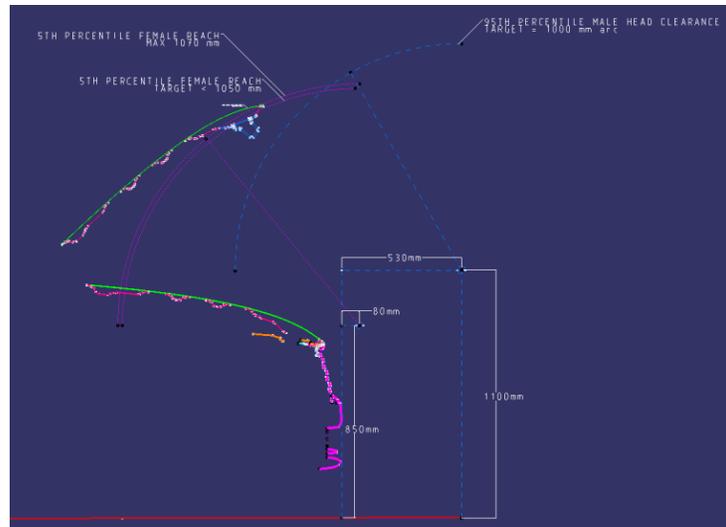


Imagen 8 Apertura Máxima y cierre del cofre

Por otro lado se toma en cuenta la seguridad del peatón y es por ello que al momento de diseñar el ensamble del cofre se considera una zona denominada “protección al peatón” (Pedestrian Protection) para el ensamble del cofre. Esto quiere decir que después de realizar pruebas y estudios, se dibuja una zona imaginaria en la cual no se deben colocar componentes y se pueda crear un colchón de aire en el ensamble para que en caso de una colisión frontal, el cofre pueda absorber la fuerza de la colisión durante el impacto y ayudar a amortiguar el golpe del peatón tratando de prevenir una lesión grave para en él.

El desarrollo de una sección permite ver la geometría que debe llevar el panel. Ya que al verla en dos dimensiones me proporciona una clara visión de las transiciones que se tienen a lo largo y ancho de este. En esta etapa de diseño, se comienzan a hacer bocetos en 2D a lo largo de las secciones que posteriormente me servirán para realizar la pieza en 3 dimensiones.

Los bocetos o Sketches en el software sirven para diseñar el panel de manera que este pueda ser manufacturado y que su proceso de estampado sea el adecuado tanto estructuralmente como visual. En los bocetos se dibujan las transiciones, los radios de curvatura, se establecen las alturas y profundidades máximas del panel para que al final se pasen a una pieza en tres dimensiones.

Al concluir el periodo de secciones, estas son liberadas mediante un proceso que junta a todas las áreas involucradas con el desarrollo de los ensambles que son representados en las secciones. Para ello se debe llegar a distintos tipos de acuerdos entre el área de ingeniería, diseño y manufactura. Una vez que éstas son aprobadas, se declaran liberadas. En caso de que una o más secciones no cumplan con los acuerdos y requerimientos de todas las áreas, será necesario discutir los requerimientos o condiciones de las piezas involucradas. En mayoría de las ocasiones en que esto ocurre es por interferencias entre dos o más componentes o que algún margen de distancia mínima no se esté cumpliendo. Estos factores hacen que mi trabajo como diseñador de CAD continúe, mostrando las distancias entre componentes, realizando bocetos y proponiendo nuevas geometrías o agregando más piezas a la sección para que ésta quede de forma clara para todas las áreas.

Este proceso se lleva a cabo con un mínimo de dos iteraciones. Todo esto depende de las superficies clase A. Si la superficie cambia, se deberá hacer una nueva sección para mostrar que las distancias mínimas y máximas permitidas sean las correctas. Las superficies clase A pueden cambiar por dos razones: que el departamento encargado de la clase A por razones de mercado y evaluaciones crea que el producto a desarrollar no llame la atención del cliente o que los paneles no sea posible su estampado debido a la geometría que presentan.

Envíos a CAE, estampado y retroalimentación

A lo largo de un programa, se tiene alrededor de unas cinco etapas de diseño. Con el inicio de cada etapa, las piezas y ensambles a mi cargo irán evolucionando tanto su geometría como toda la información que se deba agregar para su exitosa manufactura y ensamble.

El cofre al ser un ensamble que el cliente ve y se puede tener un impacto, se deben correr distintos análisis para registrar su comportamiento ante distintas cargas externas. Dos semanas antes de la conclusión de cada etapa de

diseño, las piezas y ensambles se deben enviar a CAE. Esta área se encarga de evaluar las piezas y correr los varios estudios al cofre, tanto a las piezas como el ensamble. Dependiendo la función que cumpla la pieza, CAE analizará el comportamiento de la pieza frente a una carga, o correrá un análisis de fatiga para ver el comportamiento de la misma y asegurar una vida útil funcional para el ensamble.

Los requisitos indispensables para cada una de las pruebas son los materiales propuestos y los espesores de las piezas. A partir de estos datos, se simularán por medio de un software los distintos comportamientos del ensamble bajo cierto tipo de fuerzas a la que será sometido.

Al mismo tiempo que el ensamble del cofre se envía al área de CAE, se hace lo mismo con el área de estampado. Esta área realizará una simulación del proceso de estampado mediante otro tipo de software y generará un reporte que posteriormente será enviado a las personas encargadas de los componentes.

Con los datos obtenidos de este reporte, se podrá pronosticar el comportamiento que va a tener el material al momento de ser deformado por parte de una prensa. Es por ello que la información entregada por parte del área de estampado es de gran importancia en las primeras etapas del diseño. Se analizan las piezas y se puede ver donde se van a tener posibles imperfecciones en la geometría y a partir de todo ello, se comenzará a modificar la geometría en el CAD para corregir las imperfecciones de las piezas.

Los reportes de estampado, al igual que los del área de CAE, son enviados a cada uno de los ingenieros de diseño responsables de la pieza, y los ingenieros de diseño y liberación. Cuando el reporte de estampado me es entregado, el panel exterior del cofre viene con todas las características y resultados del estudio, sin embargo, al ser la superficie clase A, una superficie que no está a mi cargo, yo no seré el responsable por modificarla.

Por otra parte, el reporte servirá para ver la simulación del comportamiento al momento de ser estampados el panel interior y los refuerzos. Nuevamente se tendrán reuniones con el ingeniero de diseño y liberación para continuar el proceso del diseño del panel interior del cofre y sus refuerzos. Con los datos obtenidos de las distintas simulaciones se comienzan a realizar los cambios en las zonas más críticas. Todo ello se realiza para garantizar una geometría 100% de factible al momento de realizar el estampado y para que durante el proceso de manufactura no se vean o tengan imperfecciones en el acabado de la pieza y las tolerancias de espesor sean las permitidas.



Imagen 9 Simulación del proceso de estampado del panel del cofre interior

Para el caso del panel interior del cofre, una vez que se tuvo la primera propuesta, y esta se mandó a las áreas de CAE y Estampado. Por parte del área de estampado tuvimos un reporte inicial adecuado. Se encontró en la pieza la existencia de donde las posibilidades de tener adelgazamientos, concentración de material o riesgo de fractura una vez que la pieza fuera estampada, eran altas. Por lo que para esas zonas se debían cambiar las transiciones de profundidad así como incrementar los radios para hacer la geometría mucho más suave.

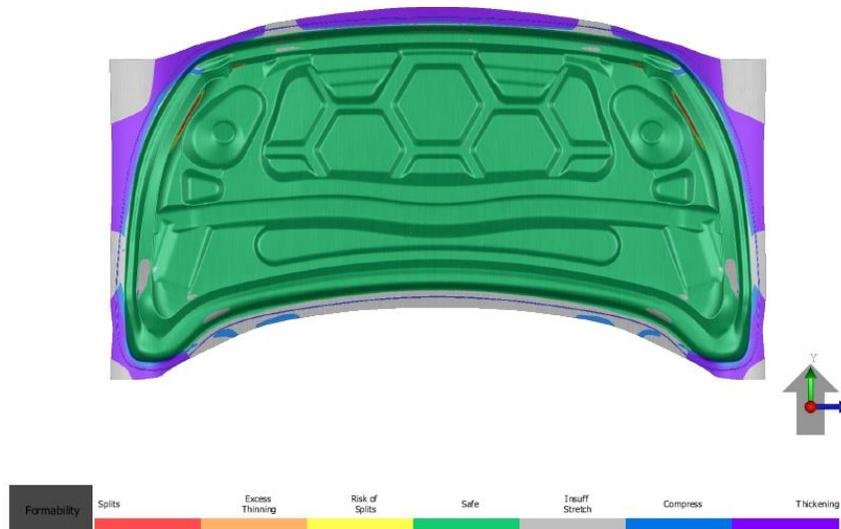


Imagen 10 Estudio de conformabilidad del panel interior del cofre

Otro estudio que se lleva a cabo es el de la evaluación de posibles formaciones de arrugas en el panel al momento de ser estampada. Esta clase de imperfecciones pueden ser permitidas en un determinado porcentaje dependiendo de la función que tiene la pieza. El panel interior del cofre, al ser un elemento visible para el usuario, es importante evitar la formación de este tipo de imperfecciones al momento manufacturar la pieza. Es por ello que se debe evaluar la geometría en la siguiente etapa del diseño para mejorar las transiciones y los radios de curvatura.



Imagen 11 Evaluación de formación de arrugas para el panel interior

Etapas de evaluación y rediseño

Una vez que se tuvo la retroalimentación de los estudios realizadas en el panel interior del cofre, se plantean modificaciones al diseño para así obtener al final una pieza para un proceso de estampado factible y con el mínimo de imperfecciones permitidas.

Es por ello que en las etapas posteriores a las secciones, me concentro en el diseño en 3 dimensiones. Las secciones me servirán como referencia para realizar el modelo en 3D y determinar ciertos contornos, radios y depresiones del panel para mantener los claros y distancias requeridos que se pudieron observar en las etapas anteriores.

Es en esta etapa, cuando el ensamble y piezas llevadas a mi cargo, comienzan a tomar forma definitiva. Debo tomar en cuenta todas las reglas de diseño, los claros que debe cumplir respecto a otras piezas, saber si debe estar o no en contacto con una o varias piezas. Comienzo a detallar la pieza, se le agrega el espesor, los logos de la empresa y los recuadros donde serán colocadas las etiquetas de información, identificación o normas de seguridad para el conocimiento del usuario.

Para la construcción del panel interior del cofre se realiza la geometría para que esta tenga transiciones suaves a lo largo y ancho poniendo especial atención en las áreas críticas que se detectaron en las simulaciones de estampado. Se agregan todo tipo de barrenos los cuales sujetaran otros componentes del ensamble. Se detalla donde deberá llevar los sellos, pegamentos y la soldadura.

Esta etapa puede llegar a tomar hasta de tres a seis meses, dependiendo de la escalabilidad del vehículo. A lo largo de estos meses, en el diseño estuve en contacto con el área de ingeniería para tener retroalimentación sobre los parámetros de diseño y las especificaciones para el proceso de manufactura que se tendría. Así que la pieza puede pasar por varios cambios una y otra vez.

Es aquí donde también se empiezan a crear los ensamblés. Una vez que el panel y las piezas a mi cargo van tomando forma, se crean los archivos que contendrán las piezas finales. Estos archivos únicamente contienen la superficie final de la pieza sin ningún tipo de operación. Esto se hace por dos razones, la primera es para mantener como confidencial toda la metodología que se desarrolla y debe aplicar en la empresa al momento de diseñar una pieza de forma digital y la segunda es para hacer el archivo con la menor cantidad de información para que se pueda cargar de una forma mucho más rápida en la computadora.

En esta etapa al archivo final se le comienzan a agregar las notas, especificaciones y tolerancias necesarias para que una vez que sea liberado el panel, el proveedor pueda desarrollar el herramental para su manufactura.

Validación y evaluación de ensamblés y piezas

Durante las últimas etapas, es importante tener en cuenta todos aquellos parámetros y reglas de diseño para el panel y sus componentes interiores. Para ello se cuentan con distintas evaluaciones tanto de las piezas como del ensamble del cofre, como todos aquellos ensamblés que tienen algún tipo de interacción con el cofre. Estos ensamblés pueden ser de la misma área de Sheet Metal o de otras áreas pero son ensamblés que están en contacto con las piezas a mi cargo o componentes muy cercanos y que se necesita tener cuidado en cuanto al claro que hay entre ellos.

Las revisiones son llevadas a cabo en un periodo de no más de dos semanas, detallando si existe algún problema con uno o más componentes ya sea que estén a mi cargo o sean de otras áreas. Al igual que en las secciones, en esta paso del diseño, se mantienen reuniones con las áreas involucradas para tener discusiones sobre el problema que se llegue a presentar, desde el incumplimiento de una distancia hasta la interferencia de entre componentes.

Un ejemplo de evaluación es el que hay entre el ensamble del cofre y el motor. Ya que al ser la protección de éste, el cofre debe estar lo suficientemente

cerca para protegerlo y a la vez lo más alejado posible para evitar contacto entre piezas y que ello no produzca vibraciones y ruidos innecesarios en el vehículo como para que distraigan e incluso molesten al conductor y pasajeros. Para esta evaluación, se llevan a cabo dos mediciones. La primera en estado estático y la segunda en estado dinámico. En estado dinámico se simula la vibración que produce el motor. Para que la evaluación sea aprobatoria, la distancia mínima entre el ensamble del cofre y el motor debe de ser mayor igual a 25 milímetros.

Una vez que se tienen las evaluaciones hechas, la evidencia del problema y la documentación pertinente, las reuniones con los ingenieros de liberación y CAD se discuten la o las propuestas para llevar a cabo los cambios. Al tener responsabilidad en las piezas del cofre, las evaluaciones se realizan entre mi área y las áreas encargadas del parabrisas, fascias, faros delanteros, motor, conductos de fluidos, y guardafangos.

La mayoría de las veces, los costos de cambio de herramental o proceso de manufactura, son los que dictan que pieza es la que debe o no cambiar. En caso de que ambos componentes sean iguales, se llega a un acuerdo dependiendo de la geometría de estos y las condiciones o especificaciones que cuenta cada una. Las juntas y reevaluaciones pueden ser de un periodo de no más de dos semanas o si los cambios son muy complejos, este paso puede tomarse un más de un mes. Una vez que todas las áreas estén de acuerdo con el resultado, se aprobará la evaluación y con ello los ensambles.

Como parte de la metodología interna de la empresa, en determinadas etapas del diseño digital del vehículo, también debo realizar evaluaciones de la geometría de las piezas a mi cargo así como de sus ensambles.

En ellas se deben revisar que las piezas cumplan con los radios mínimos para estampado, la superficie de ésta sea tangente y continua, el claro de tolerancia para un barreno sea la permitida dentro de la empresa, el árbol de operaciones de Catia esté debidamente poblado. Cerciorarme que todas las reglas de

diseño para el estampado se cumplan. Por otra parte se revisa que el nombre y código de la pieza cumplan con los estándares de la compañía. Reviso que el material y las metodologías de diseño como el dar espesor a una pieza o realizar un barreno sea la última versión aprobada.

Todas estas precauciones y evaluaciones se realizan para mantener un control y cierto estándar de diseño dentro de la empresa, ya que es común que se llegue a cambiar de programa, o simplemente para que la empresa se asegure de que cualquiera de los ingenieros de diseño de CAD puede tomar de un momento a otro uno o varios componentes en caso de ser necesario.

Para los ensambles evalúo rubros como la lista de materiales (BOM) que cumpla con todas las piezas incluyendo tuercas y tornillos de ser necesarios, no existan interferencias y las caras de las piezas que deban estar en contacto, se verifique que así lo sea. También se inspecciona de forma digital que las tuercas y tornillos estén colocados concéntricamente en los barrenos adecuados de la pieza y se encuentren de forma concéntrica.

Entregables de una pieza

Una vez que la pieza pasa las distintas evaluaciones, se concluye el archivo con los entregables. Los entregables son todas aquellas notas e indicaciones que se deben colocar en el archivo de Catia para que el proveedor o quien tenga que manufacturar la pieza pueda saber hacer referencia y rectificar cada uno de los requerimientos necesarios como lo son: las dimensiones, requerimientos, tolerancias, material, material alternativo, acabado, restricciones de manufactura, procedimientos que se pueden llevar a cabo, indicaciones de los localizadores para restringir los grados de libertad de la pieza, áreas de contacto con otras piezas o etiquetas.

Con el workbench de Catia “Tolerancy and annotation” se etiqueta cada uno de los barrenos diseñados en las piezas o paneles, se agregan la dimensiones (longitud, radio o diámetro) y una descripción de su función. Los datos para los barrenos de restricción de movimiento (2 vías y 4 vías) se les agregan las

etiquetas con las dimensiones y con una letra para identificarlos. Los datos para los localizadores primarios se les deberá poner un recuadro en donde estén localizados y se deberán numerar. A estos datos también se les agregarán las dimensiones.

Otro entregable son las áreas donde la pieza tiene contacto con otras. Para ello se crea una intersección entre ambas y se delimita con una línea punteada de color verde y se escribe el código de las piezas que entran en contacto.

Para tener un mejor control de la producción, también se agrega la etiqueta del código y el logo de la marca al que la pieza corresponde. Las etiquetas se representan con cuadrados de líneas punteadas blancas. El logo, ya sea Ford, Lincoln o ambas, el cual se representa con las siglas de FOMOCO (Ford Motor Company) se representan en el archivo CAD con líneas Blancas una orientación y tamaños establecidos por normas de la empresa.

Finalmente agrego y reviso el block de título, notas generales y el block de revisión. El Block del título contiene los datos de la pieza como nombre, diseñador, servidor donde se encuentra, programa en el cual se realizó, región en el cual fue diseñado, parámetros que deban ser controlados y la descripción de a quién pertenece la pieza. Las notas generales contienen el material, el espesor de la pieza, el recubrimiento de la pieza y todas aquellas notas que sean importantes para la manufactura y tolerancia de las piezas que el proveedor debe de tomar en cuenta para llevar a cabo la fabricación. Y por último el block de revisión en el cual se anotan los datos de las personas encargadas de su diseño, dueño de la pieza y aprobador de material. Se escribe el código con el cual será liberada por parte del área de Diseño por CAD y la fecha en la que se lleve a cabo.

Resultados

Una vez que se generó toda la geometría en 3D y se revisaron las notas, material, espesor se tiene una última junta con todos los involucrados en el diseño de los componentes y ensambles para finalmente aprobar de forma digital los archivos que posteriormente serán manufacturados.

Para el panel del cofre interior del vehículo MKZ, se tuvo un proceso de diseño de aproximadamente diez meses. Durante este tiempo se tuvieron algunos retrasos del proceso de diseño, principalmente con el área de Estudio de Diseño ya que en más de una ocasión los archivos de las superficies clase A que entregaron, no cumplían con las características mínimas para que fueran aceptados. Esto generó que se tuvieran retrasos y tiempos más justos de entrega. Lo que significó trabajar con mayor presión, redistribuir el trabajo para cada uno de los componentes y en alguna ocasión trabajar tiempo extra para tener la entrega en la fecha acordada.

A lo largo de cada una de las etapas de diseño del programa, fue indispensable tener una buena comunicación con las áreas de CAE, estampado y los encargados de los componentes cercanos al ensamble del cofre. De esta forma se tuvo presente cada una de las interferencias que se tenían con otros componentes, los cambios en la geometría para que en porcentaje en las simulaciones de estampado fueran las requeridas del programa y todos los cambios por parte del área de CAE, para que el ensamble cumpliera con las normas requeridas.

En el desarrollo del cofre, surgió un problema a finales de la etapa de diseño de este. El cofre al ser un ensamble tan grande, y tener el movimiento de apertura, y componentes que ejercen una fuerza sobre él, se deben generar dos archivos, uno de manufactura y otro nominal, únicamente para la representación digital.

El archivo de manufactura contiene desplazamientos en el eje Z como resultado de las simulaciones de las fuerzas ejercidas en el ensamble una vez

que se encuentra instalado. Sin embargo, estos resultados los recibimos a una semana de la fecha para la aprobación final. Por lo que requirió tiempo extra y gran trabajo en la parte de la geometría debido a que los resultados por parte de CAE daban una geometría asimétrica del panel exterior e interior.

Todas las juntas y cambios contribuyeron a tener una entrega satisfactoria del ensamble de cofre para empresa y con los estándares de seguridad, manufactura y calidad requeridos internamente.



Imagen 12 Lincoln MKZ 2017

CAPÍTULO 4: Conclusiones

El trabajo que he realizado por poco más de dos años en la empresa de Ford Motor Company, me ha brindado muchísimas oportunidades para crecer de una forma íntegra como profesional y personal.

A lo largo de este tiempo mis habilidades de comunicación tanto verbal como escrita han mejorado en gran medida. Ya que para poder brindar un soporte como el de diseño en CAD me es importante poder transmitir de forma clara y sencilla el o los problemas que se me presenten, así como cualquier tipo de duda que tenga.

Por otra parte, el estar en el área de diseño por computadora me ha dado un panorama mucho más claro de cómo es el planteamiento de un diseño de una escala tan grande como lo es el desarrollo de un vehículo. El trabajar en esta empresa me ha dado una visión del cómo se transforma una idea desde el papel hasta la computadora y posteriormente de la computadora en algo físico.

En la empresa Ford Motor Company, he trabajado con gente de distintas universidades y diversas edades. Me ha brindado un panorama muy amplio de lo que es una empresa con estrategias y productos globales. Como se deben desarrollar esto y cómo es la planeación para que se puedan llevar a cabo cada una de las etapas de diseño y manufactura.

He puesto en práctica mis habilidades de trabajo en equipo, en un ambiente local e internacional. Dentro de los programas en los que he participado, así como los proyectos, me ha tocado trabajar con gente de EUA, Alemania, India y Australia, adaptándome a los diversos horarios y acentos para tener distintos tipos de negociaciones y discusiones para llegar a un resultado satisfactorio.

Para poder tener este tipo de desarrollo y aprendizaje dentro de ésta compañía, la Facultad de Ingeniería me ha brindado las bases teóricas necesarias para poder dialogar, proponer y argumentar al momento de presentar un problema dentro de mi área.

Las materias que tomé a lo largo de cinco años de carrera me han servido para tener un criterio más detallado, un razonamiento lógico-matemático y una capacidad de análisis espacial muy desarrolladas. Ya que al tratarse de diseñar piezas y modelos en 3D, es importante tener una clara visión a los detalles que el cliente me pide. Aunque la mayoría del tiempo, mi interacción ha sido con ingenieros, también he tratado con otras áreas dentro y fuera de la empresa, y los requerimientos que me han pedido, no siempre han sido bien fundamentados o claros, por lo que la capacidad de plantear y diseñar cada uno de los problemas que se me han presentado ha sido gracias al gran trabajo realizado en la carrera, en todas las herramientas que aprendí y las horas invertidas en clase.

Bibliografía

- <http://www.chevrolet.com.ar/> (18/10/2016)
- http://www.conceptcarz.com/view/makehistory/50,0/Ford_History.aspx
(18/10/2016)