



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Diseño de componentes  
plásticos para asientos en  
Ford Motor Company**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Mecánico**

**P R E S E N T A**

Francisco Javier Villa Mancera

**ASESOR DE INFORME**

Dr. Fernando Velázquez Villegas



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016**

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a su Facultad de Ingeniería por toda la formación brindada dentro y fuera del aula así como por la oportunidad de participar en proyectos internacionales en su representación.

A mi familia quien estuvo junto a mi en todo momento, apoyándome e impulsándome a lo largo de mi formación como persona y como el profesionista que soy. Éste trabajo representa el término de un ciclo y el agradecimiento a mis padres por uno de los regalos mas grandes que me han dado: una educación.

A mis compañeros de equipo en Formula SAE UNAM Motorsports por todos los momentos vividos y las lecciones aprendidas, por la oportunidad de colaborar con cada uno de ustedes. A las empresas patrocinadoras, por depositar su confianza en nosotros y permitirnos aprender de su negocio. Al personal administrativo y profesores de la Facultad de Ingeniería quienes apoyan al proyecto, pues sin ellos no seria posible formar ingenieros de la misma calidad.

A Mariano García y a Fernando Velázquez, pues no solo representan un gran apoyo al impulsar proyectos como Formula SAE, han sido también un gran ejemplo y una guía fundamental en mi formación.

A la empresa Ford Motor Company y a su gente quienes me han brindado la oportunidad de introducirme a la industria automotriz y a continuar desarrollándome con ingeniero y un profesionista exitoso. Gracias a Alejandro Callejas quien me apoyó revisando a detalle éste trabajo y a todas las personas que me apoyaron compartiendo datos importantes para el mismo.

A todas las personas con las que me cruce en mi viaje por la Universidad Nacional Autónoma de México y quienes con sus enseñanzas ayudaron a formar la persona que soy.

*“Unirse es el comienzo; estar juntos es el progreso; trabajar juntos es el éxito.”*

Henry Ford

*“The properties of engineering materials are defined by how they react to extreme forces: ultimate tensile strength, hardness, melting point, etc. I believe people’s characters are also defined by how they react when they are pushed to the limit. On an FSAE team, you get a lot of opportunities to see who people really are; we spent a lot of time stressed out, tired, and broke”*

Matt Brown

# INDICE GENERAL

## AGRADECIMIENTOS

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	2
---------------------------	---

## **CAPÍTULO 1: FORD MOTOR COMPANY**

Ford de México .....	3
Estructura de Ford de México .....	4
Antecedentes .....	4
Estructura actual .....	6
Misión y Visión .....	7
Misión .....	7
Visión .....	8
Pilares del desarrollo de productos .....	8
ONE Ford .....	9
Organigrama de Ford de México .....	10

## **CAPÍTULO 2: INGENIERO DE CAD**

Diseño asistido por computadora .....	11
Ingeniero de CAD en Ford Motor Company .....	12
Jerarquización por niveles de conocimiento y experiencia .....	14

## **CAPÍTULO 3: PARTICIPACIÓN EN FORD MOTOR COMPANY**

Generalidades .....	15
Participación en programas .....	16
Consideraciones de diseño .....	16
Capacidad de manufactura .....	19
Análisis .....	19
Entregables .....	20
Diseño robusto e iterativo .....	22
Propuestas de geometría en fase inicial del programa .....	23

## **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES**

<b>GLOSARIO</b> .....	27
-----------------------	----

<b>REFERENCIAS</b> .....	28
--------------------------	----

## INTRODUCCIÓN

El presente reporte se desarrolló con el fin de describir las actividades realizadas por el alumno como empleado de la compañía Ford Motor Company así como sus responsabilidades y aportaciones como ingeniero de CAD o de diseño virtual dentro del área de desarrollo del producto.

Ford Motor Company es una empresa multinacional dedicada al diseño y manufactura de vehículos para pasajeros y de carga. Fundada en 1903 en Dearborn Michigan, Estados Unidos de América por Henry Ford. Actualmente cuenta con plantas y oficinas en 21 países, más de 187,000 empleados y ventas anuales superiores a los 144 billones de dólares, está considerada en el lugar 41 de las marcas más valiosas a nivel mundial y es la quinta empresa más valiosa del giro automotriz según la revista Forbes.

Después de más de 100 años de experiencia en el desarrollo de vehículos, en la muestra de electrónicos para el cliente (CES por sus siglas en inglés) del 2015, el presidente de Ford Motor Company mostró interés por evolucionar al presentar su plan de movilidad inteligente. Dicho plan pretende promover innovaciones que permitan llegar al próximo nivel en materia de conectividad, movilidad y vehículos autónomos, es por ello que la compañía ha adoptado un giro enfocado a la movilidad como complemento al automotriz, ámbito en el cual se desarrolla actualmente. Esto ha derivado en la generación de conceptos y experimentos que proponen una solución no solo a problemáticas ambientales sino también, al problema de transporte de las grandes ciudades del mundo.

Dado que los clientes de Ford son de múltiples regiones, la compañía proporciona un ambiente de diversidad cultural, lo cual permite maximizar el crecimiento profesional y personal de sus empleados cubriendo las necesidades de sus clientes a nivel mundial, es por ello que el negocio se divide en cinco principales regiones: Sudamérica, Europa Medio-Este, África, Asia-Pacífico y Norteamérica, siendo esta última a la cual pertenece Ford de México.

## 1. FORD MOTOR COMPANY

El presente capítulo tiene como objetivo dar a conocer la misión y visión de Ford Motor Company, exponer cómo surgió el área de desarrollo del producto en México, pues permitirá comprender la importancia del grupo mexicano para la corporación así como las actividades desarrolladas en la región.

### 1.1. Ford de México

Establecida en el año 1926 en Cuautitlán, Estado de México, como la 5ª planta de Ford construida fuera de los Estados Unidos de América, Ford de México es actualmente el cuarto mayor productor de vehículos de la compañía por debajo de Estados Unidos de América, China y Alemania.

Con una población de más de 7,700 empleados, Ford de México cuenta con tres plantas, un corporativo y un centro de diseño e ingeniería, así como dos recientes inversiones: una planta de transmisiones en Irapuato y una nueva planta en San Luis Potosí. Las oficinas centrales se encuentran en Santa Fe, Ciudad de México y las plantas están ubicadas en: Hermosillo, Sonora; Chihuahua, Chihuahua y Cuatitlán, Estado de México.

La planta de Hermosillo, desde el año 2005, se encarga del ensamble y la exportación a todo el continente Americano del modelo Ford Fusion, un vehículo de pasajeros tipo sedan y el modelo Lincoln MKZ, una versión similar al Fusion pero perteneciente a la línea de lujo.



Imagen 1.1. Ford Fusion [1].

En la planta de Chihuahua se maquinan y ensamblan motores diesel de 6.7 litros V8 cuya producción es principalmente exportada a los Estados Unidos de America y el motor diesel 4.4 para el mercado europeo.

En el complejo industrial Ford Cuautitlán, se estampa y ensambla el modelo Ford Fiesta en sus versiones sedan y *hatchbak*, cuatro y cinco puertas respectivamente, del cual se realizan operaciones de exportación a Canadá, Estados Unidos, Colombia, Argentina y Brasil.



Imagen 1.2. Ford Fiesta [2].

Aunado a estas plantas, la compañía cuenta con dos centros de diseño e ingeniería ubicados en Santa Fe, Ciudad de México y Cuautitlán, Estado de México.

La producción de vehículos no es la única tarea realizada por Ford Motor Company en México. La ingeniería y el diseño de productos comenzó en 1964.

## 1.2. Estructura de Ford de México

### 1.2.1. Antecedentes

Ford de México comenzó como un centro de manufactura y ensamble satélite de la planta de Kentucky, Estados Unidos, la cual se encargaba de la producción de camionetas *pickup* y camiones de la serie F. Ser un centro de manufactura satélite para Ford de México significó encargarse de la producción del excedente requerido por el mercado y el cual sobrepasaba la capacidad de la planta principal en Kentucky. Por la naturaleza de una línea de producción y ensamble, en la cual los errores de manufactura, diseño y/o planeación se hacen presentes, y dado que se requiere proponer soluciones de manera pronta y eficaz para no generar mayores gastos, se genera un grupo de ingeniería del producto enfocado a la solución de dichos problemas

denominado Equipo de la Planta de vehículos (PVT por sus siglas en inglés). Iniciando con ello la ingeniería del producto en México, enfocado a productos ya existentes y en fase de producción.

Gracias a la calidad de los vehículos producidos, Ford de México comenzó a llamar la atención de la corporación, la cual le permitió iniciar exportaciones de las F-Series (*Pickup* y camiones) producidas para Venezuela, logrando con ello incrementar los ingresos de Ford de México.

Derivado de las soluciones exitosas propuestas por el equipo de PVT, Ford Motor Company autorizó la formación de un grupo de diseño asistido por computadora (CAD por sus siglas en inglés) en México. En un comienzo, el grupo continuó enfocado en generar soluciones a problemas de manufactura, fue más adelante y producto de los buenos resultados, que Ford de México comenzó a participar también en diseños en fases previas a la manufactura. Dicho grupo recibió entrenamiento por parte de la compañía en sus instalaciones en Estados Unidos.

En el año 2000 Marcos Pérez, director de desarrollo del producto de Ford de México, fundó dicha área con aproximadamente 100 empleados y comprendida por dos principales grupos, CAD e Ingeniería Asistida por Computadora (CAE por sus siglas en inglés).

En el 2005 las áreas de CAD y CAE se separaron, permitiendo el surgimiento del grupo de *Digital Innovation*, integrado exclusivamente por el área de diseño virtual o CAD, la cual inició con dos gerencias y tres supervisiones hasta el año 2009.

El software utilizado para el desarrollo de productos incluía: Sistema de diseño gráfico de productos (PDGS, por sus siglas en inglés), dicho software fue empleado para el modelado 3D de componentes; *Data Collectors* para la administración de archivos; I-DEAS para el diseño asistido por computadora, que posteriormente fue fusionado con Unigraphics dando origen a NX; *Metaphase*, un producto para la gestión y administración de archivos de CAD conocido actualmente como *Teamcenter* el cual pertenece a la marca SIEMENS y *Vismockup* en el que se podían visualizar modelos 3D generados desde I-DEAS o CATIA.

En un inicio se realizaban ajustes de diseño a componentes que estaban ya en proceso de producción. La asignación de pequeñas tareas y proyectos, enfocados a la modificación de estos diseños permitió al grupo mexicano entregar resultados exitosos, logrando con ello atraer mayor cantidad de asignaciones para Ford de México.

Se comenzaron a desarrollar proyectos de *underbody* y conversiones de diseños con transmisiones automáticas a manual, pues el mercado mexicano así lo demandaba. Se desarrollaban empaquetamientos para alternadores, análisis de partes “sobre diseñadas” (estrategias de reducción de costos) y adaptación de camiones para uso policiaco. Se brindaba apoyo para algunas áreas que

requerían dibujos impresos, búsquedas de proveedores nacionales para la fabricación de componentes y conversiones de camiones de gasolina a gas LP. A la par se logró que la planta de México se convirtiera líder mundial en el área de calidad.

El primer programa en el que se trabajaron geometrías visibles por el cliente y propuestas de diseño para productos que aún no se encontraban en línea de producción fue el modelo Ford IKON, vehículo subcompacto de pasajeros. Para el mercado mexicano se trabajó en las parrillas de las *pickup* Lobo 2006 y Lincoln Mark LT. Sin embargo el gran disparador de tareas de programa para México fue la asignación del primer programa de interacción global con Brasil y Estados Unidos para el diseño del sedan Fiesta Automático versión sedan y la camioneta EcoSport.

### 1.2.2. Estructura actual

Ford de México cuenta con 15 departamentos, entre los cuales destacan: Desarrollo del producto, control interno, programación y distribución, tecnologías de información, servicio al cliente entre otros. Dentro del departamento de desarrollo del producto se encuentra el grupo de *Digital Innovation*, el cual cuenta con dos gerencias y quince supervisiones.

Actualmente existen grupos de *Digital Innovation* en Estados Unidos de América, México, Europa, Turquía, Australia, China, Brasil e India.

En México se cuenta con dos grupos de trabajo dentro de esta área denominados “centro de foco” y éstos se encargan del diseño de fascias y de partes plásticas de los asientos, dichos grupos reciben esta categoría pues son exclusivos de la región, es decir, en Ford Norteamérica solo existe un grupo de diseño de fascias y un grupo de diseño de partes plásticas de asiento, ambos localizados en México. Contar con un grupo de foco centraliza el diseño de ciertos componentes, garantizando una mayor calidad en los entregables, pues implica que una región cuenta con áreas de CAD, CAE, ingeniería y pruebas, lo cual permite la participación de un área asignada al desarrollo de un sistema del vehículo en un mayor número de etapas del diseño.

Como actividades esenciales, el grupo de *Digital Innovation* desarrolla diseños denominados de “programa”, es decir, componentes de un vehículo en específico, patentes, proyectos de eficiencia y entrenamientos internos sobre herramientas de trabajo, cuestiones técnicas de ingeniería, gestión, entre otros.

En cuanto a la participación en programas, actualmente se cuenta con diez, los cuales son categorizados por escalabilidad. La escalabilidad se refiere al porcentaje de diseños nuevos dentro del desarrollo del programa, lo cual conlleva un mayor grado de complejidad.



Los programas manejados actualmente por Ford de México están categorizados de acuerdo a la siguiente gráfica:

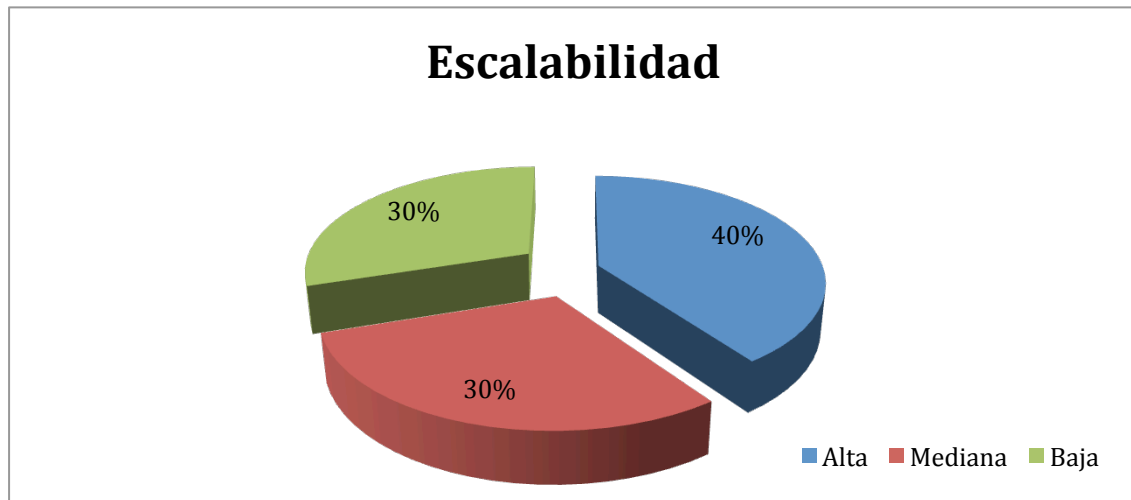


Imagen 1.2.2: Complejidad de los vehículos diseñados anualmente en Ford de México.

Por otro lado existen los proyectos de eficiencia que van enfocados a la reducción de tiempo para el cumplimiento de asignaciones de programa. Son generalmente programaciones en CATIA de elementos de sujeción repetidos en múltiples diseños, programas que garantizan la correcta entrega de acuerdo a los estándares de calidad sugeridos por la compañía, entre otras.

México es una opción atractiva para la corporación ya que geográficamente se encuentra cercano a la matriz de la compañía, cuenta con ingenieros ocupando posiciones que en otras regiones son asignadas a técnicos, lo cual se ha traducido en una mejor calidad de entrega y mayor capacidad para resolver problemas, aunado a la realidad de ser un país con un bajo costo de operaciones respecto a Estados Unidos de América.

Todo esto le ha permitido a Ford de México liderar programas denominados *Top Hat*, es decir, programas con una participación de todos los sistemas diseñados por Ford de México, excepto tren motriz y chasis.

### 1.3. Misión y Visión

#### 1.3.1. Misión

Ford Motor Company es líder mundial en productos y servicios automotrices y financieros. Su Misión es mejorar continuamente sus productos y servicios a fin de satisfacer las necesidades de

sus clientes, lo que le permite prosperar como negocio y proporcionar utilidades razonables a sus accionistas quienes son propietarios del negocio.

### 1.3.2. Visión

Como visión global, Ford Motor Company es una compañía enfocada en mejorar la vida de las personas mediante el liderazgo automotriz y de movilidad. Buscando siempre desarrollar productos sobresalientes, un negocio sólido y un mejor mundo.

### 1.4. Pilares del desarrollo de productos

En cuanto al desarrollo de productos, Ford Motor Company se guía a nivel global bajo cuatro pilares fundamentales: Calidad, seguridad, ecología e innovación.

Calidad: conscientes de que la calidad es la prioridad en el día a día, Ford diseña y manufactura con el fin de incrementar la satisfacción del cliente. Esto es gracias a que sus empleados se adhieren de forma disciplinada a procesos estandarizados que permiten la mejora continua de la calidad [3].



Seguridad: Ford estandariza nuevas tecnologías de seguridad como parte del compromiso por desarrollar e implementar soluciones que garanticen la seguridad de sus clientes y familiares a través de sus vehículos [3].

Ecología: a través de estrategias que reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> como parte integral del negocio para con ello reducir el impacto al medio ambiente [3].



Innovación: Uso de tecnologías inteligentes que conviertan la experiencia de manejo y acompañamiento en algo más fácil y placentero [3].

## 1.5. ONE Ford

Ante la crisis económica de 2008 y como parte del plan de acciones para mantener estable a la compañía dada la situación financiera a nivel mundial, el entonces presidente de Ford Motor Company, Alan Mulally, introdujo el plan *One Ford*, el cual forma un conjunto de principios enfocados a promover la excelencia dentro de la organización, la entrega de resultados y el trabajo en equipo. Dichos principios son considerados actualmente la clave del éxito del negocio a nivel mundial pues proporcionan a todos sus empleados una única definición de éxito.

El enfoque de trabajo en equipo ha sido probado con el tiempo y ha demostrado un papel protagónico en tiempos de producción, a pesar de condiciones en el negocio extremadamente difíciles.

La filosofía *One Ford* integrada a los empleados, provee de una definición de lo que se debe entregar para alcanzar el éxito a nivel global, logrando con ello alinear todos los esfuerzos a un mismo objetivo. Los principios *One Ford* son utilizados como la base para el desarrollo profesional de los empleados, así como el de la compañía [4].

En los últimos años, la aplicación del plan *One Ford* ha significado enfocar las estrategias y personas en cuatro objetivos principales: la creación de un gran lugar de trabajo; el desarrollo de una fuerza de trabajo capaz y eficaz; alineando la estructura organizativa de negocios a nivel global; y proporcionando los procesos para apoyar la fuerza de trabajo [4].

## 1.6. Organigrama de Ford de México

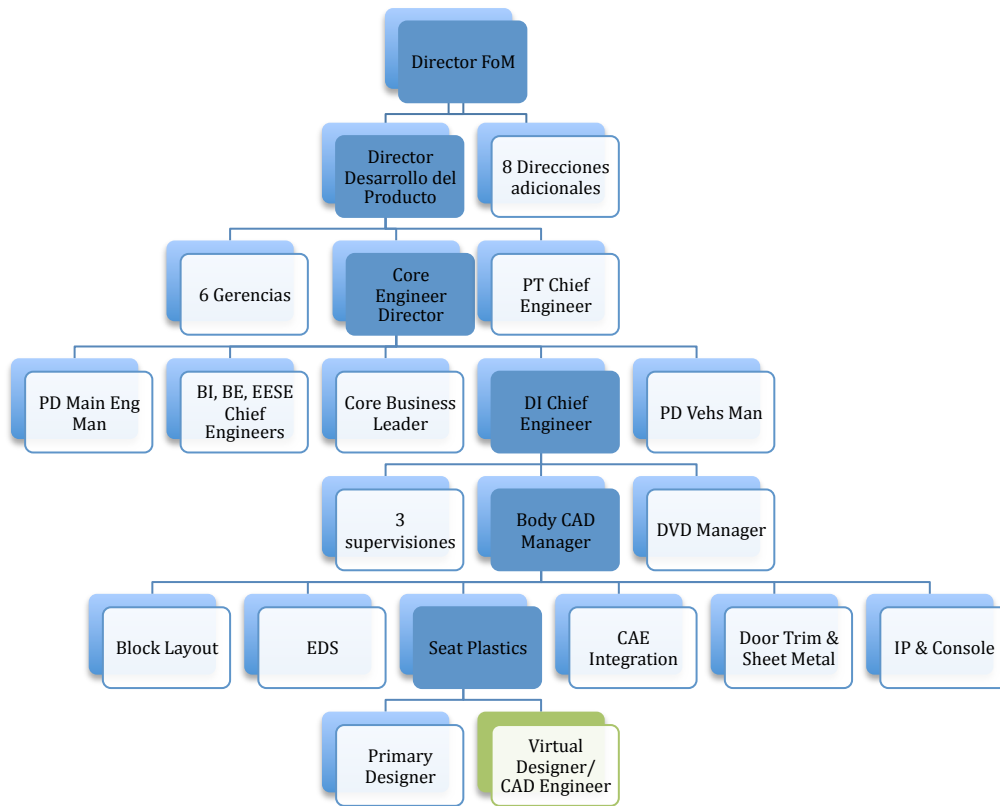


Imagen 1.6 Extracto del organigrama de Ford de México.

## 2. INGENIERO DE CAD

El presente capítulo conducirá a través de las labores realizadas por un ingeniero de CAD en general, así como en Ford Motor Company enfocado al proceso de diseño y a su importancia en la industria automotriz.

### 2.1. Diseño asistido por computadora

El diseño asistido por computadora, CAD por sus siglas en inglés, es una herramienta, generalmente empleada por ingenieros, diseñadores y arquitectos, que permite el modelado de componentes y productos en dos y tres dimensiones mediante manejo de modelos de alambre, superficies y sólidos en software especializado.

El CAD es una técnica de dibujo y análisis, una manera de crear un producto y modelar su comportamiento antes de ser construido.

El diseño asistido por computadora generalmente forma parte de la etapa de diseño conceptual del producto permitiendo realizar análisis dinámicos, de empaquetamiento, ensambles, análisis de manufactura, entre otros. Dado que esta es una herramienta virtual, permite reducir los costos de diseño de productos de forma considerable ya que evita la construcción de modelos físicos. El uso de herramientas virtuales también permite mejorar la calidad de entrega en el diseño de productos, pues gracias a su uso es posible visualizar modelos completos en tres dimensiones, pudiendo variar las vistas y evaluar los componentes en diversos entornos, además de reducir el tiempo en el cual se pueden realizar propuestas. En el caso particular de la industria automotriz, ha permitido disminuir considerablemente el tiempo de diseño de un vehículo.

Dadas las características del diseño asistido por computadora, es posible, dentro del diseño, realizar un gran número de iteraciones con distintos objetivos y es por ello que ante tal cantidad de información es casi un requisito indispensable para el ingeniero de CAD conocer y manejar programas que permitan administrar bases de datos con los diseños virtuales que facilitan la labor de diseño pues no solo son repositorios que almacenan una gran cantidad de iteraciones, son también una fuente de experiencia que facilita labores futuras permitiendo reutilizar componentes de forma parcial o total en diseños posteriores.

Los software de CAD pueden ser utilizados de dos formas principales, mediante lenguaje de programación o por paquetería gráfica. El desarrollo mediante lenguaje de programación se realiza generalmente en Java y Visual Basic.

Existen software de CAD para diversas aplicaciones, en algunos casos muy específicos y algunos otros de uso general. Entre los programas empleados actualmente se encuentran *Soldworks*, *Solidedge*, *CATIA*, *NX* e *Inventor*.

## 2.2. Ingeniero de CAD en Ford Motor Company

Dentro de Ford Motor Company el trabajo se desarrolla en equipos multidisciplinarios. Para la parte de diseño virtual de un componente, el grupo se forma principalmente por personas de CAD, CAE y Diseño y Liberación (D&R por sus siglas en inglés), las personas denominadas “D&R” o del grupo de ingeniería, son responsables del diseño, desarrollo, validación y liberación de componentes asignados a cierto programa, así como de la búsqueda de métodos para incrementar la calidad, reducir los costos y el peso de los componentes. De igual forma son los encargados de (mediante herramientas de administración y planeación) conceptualizar el diseño.

Dicho grupo funge como un mediador entre áreas funcionales pues se encarga de validar la capacidad de un componente para ser manufacturado, localizar proveedores, analizar resultados de pruebas físicas y virtuales, conceptualizar cambios al modelo 3D para el cumplimiento de ciertos requerimientos. Dichos cambios son realizados por los ingenieros de CAD.

El ingeniero de CAD trabaja estrechamente con el grupo de ingeniería y se encarga del desarrollo de geometría mediante herramientas de diseño por computadora como CATIA V5 con el fin de completar entregas de acuerdo a regulaciones, clientes, requerimientos de programas globales y locales, entre otros.

Mediante el uso de habilidades técnicas, entre el grupo de ingeniería y el de CAD, se desarrollan nuevos componentes, garantizando la concordancia entre el diseño, el ensamble del vehículo, la compatibilidad de los componentes y sus ensambles, logrando con ello empaquetar características mecánicas y de ocupantes designadas a cada producto en específico. Dichos componentes son evaluados por el grupo de CAE y de acuerdo a los resultados se proponen nuevas geometrías como parte del proceso iterativo del diseño.

Para el desarrollo de sus funciones, es necesario que el ingeniero de CAD tenga habilidades de comunicación en negociaciones ganar-ganar entre áreas funcionales que le permitan sugerir cambios encaminados al buen funcionamiento del componente. Habilidades que le permitan revisar propuestas de geometrías, sugerir modificaciones, entender el contexto en el cual se desempeñará el componente a diseñar y garantizar el cumplimiento de reglas de diseño sin comprometer en ningún momento la capacidad de manufactura ni la calidad de los entregables de

acuerdo a los estándares de la compañía. De igual forma, deberá contar con conocimiento sobre procesos de manufactura, tolerancias, modelado en 3D y el entendimiento y función de componentes y sistemas relacionados con el producto a diseñar.

Además de las asignaciones relacionadas a la generación de conceptos dentro del diseño de partes de un vehículo, el ingeniero de CAD en Ford de México realiza tareas como desarrollo de patentes y proyectos de eficiencia, en estos últimos se busca crear herramientas que faciliten el trabajo cotidiano, por ejemplo: programaciones en Visual Basic para crear fácilmente la geometría de elementos de sujeción, aplicaciones para verificar el cumplimiento de los estándares de calidad internos, programaciones para ejecutar una serie de comandos sucesivos de CAD, estructurar el orden de construcción, entre otras.

El desarrollo y la documentación de metodologías que permitan unificar características del diseño o formas de trabajo del área de *Digital Innovation* de México es también tarea del ingeniero de CAD, para el caso en el que dichas metodologías estén enfocadas a su trabajo cotidiano, dichos métodos le permiten a Ford de México, y a la compañía a nivel mundial, elevar los estándares de calidad de sus entregables así como reducir el tiempo de diseño.

Para el almacenamiento de diseños e iteraciones de los mismos, en Ford Motor Company se ocupa una base de datos llamada “Teamcenter” perteneciente a SIEMENS, gracias a las características de este software, es posible compartir archivos y alojarlos de forma segura así como otorgar permisos para la visualización y edición de cada archivo de forma adecuada dependiendo de la función de la persona dentro de la compañía.

Considero que la Facultad de Ingeniería mediante los proyectos y exposiciones en cada asignatura me permitió desarrollar habilidades relacionadas al trabajo en equipo y la comunicación con mis compañeros, mismas que son de gran utilidad en el campo laboral. De igual forma me permitió entender la importancia de las fechas de entrega y del cumplimiento de los requisitos relacionados a dichas fechas. Encuentro como un área de oportunidad para la facultad el fomentar el desarrollo de habilidades relacionadas a la gestión de grupos de trabajo así como de proyectos individuales con el fin de inculcar en los alumnos hábitos de administración de tareas y recursos como el tiempo.

De las materias cursadas en la Facultad de Ingeniería enfocadas al diseño, pude adquirir las bases de cada una de las etapas que forman el desarrollo de un producto, desde su conceptualización hasta la manufactura del mismo, lo cual actualmente me permite comprender cual es mi papel como ingeniero de CAD dentro del proceso de diseño, así como el impacto de cada una de mis decisiones, de igual manera me es posible proponer soluciones con mas consideraciones y encontrar áreas de oportunidad dentro de los procesos de la compañía.

### 2.3. Jerarquización por niveles de conocimiento y experiencia

Mediante *check list* anuales, los cuales describen las competencias, nivel de conocimientos requeridos, experiencia desarrollada dentro de la empresa y habilidades técnicas solicitadas para cada una de las vacantes de la compañía y los niveles de las mismas, se clasifica a los empleados en cuatro grupos.

#### *Build*

Es aquel que aprende de los procesos establecidos y los puede identificar o explicar. Establece una rutina básica de tareas y necesita ayuda para desarrollar tareas no cotidianas o situaciones complejas, sabiendo también a quién acudir en búsqueda de ayuda. Es capaz de completar tareas o una porción de ellas, incluso de proyectos.

#### *Apply*

Incrementa sus habilidades técnicas. Maneja actividades no rutinarias y complejas de forma independiente. Trabaja de forma independiente procesos predefinidos con resultados objetivos. Completa proyectos y asignaciones largas de forma independiente. Identifica con quien ir para que las tarea se pueda realizar. Implementa recomendaciones y cambios aprobados en su área.

#### *Leverage*

Realiza un trabajo complejo que abarca una amplia variedad de situaciones, incluyendo novedosas y únicas. Resuelve problemas complejos. Determina el impacto de las decisiones e involucra a las partes necesarias. Contribuye al desarrollo de estándares y a su implementación. Hace recomendaciones para su mejora. Utiliza expertos en la materia para hacer las cosas y reconoce cuando es necesaria su participación.

#### *Master*

Sirve como un mentor funcional y técnico en el área de competencia. Lleva a cabo las tareas más complejas, desarrolla e implementa soluciones innovadoras e intervenciones para abordar problemas complejos, novedosos o situaciones únicas. Mantiene una experiencia en el área de competencia y emplea ideas y conocimientos nuevos. Desarrolla estándares y modelos para el área de competencia. Investiga y analiza las tendencias internas y externas. Influye en la organización mediante la evaluación de las tendencias externas y sus repercusiones dentro de la organización.



### 3. PARTICIPACIÓN EN FORD MOTOR COMPANY

El presente capítulo ilustra las actividades realizadas como empleado de Ford Motor Company en el diseño asistido por computadora de componentes plásticos para asientos automotrices.

#### 3.1. Generalidades

Dentro de Ford Motor Company de México participo como ingeniero de CAD en el sistema de plásticos para asientos, perteneciente al grupo de *Digital Innovation* dentro del área de desarrollo del producto.

Como parte de mis funciones principales se encuentra el desarrollo de conceptos en dos y tres dimensiones haciendo uso del software CATIA V5, los cuales son administrados en la base de datos llamada “Teamcenter”.

Los diseñadores virtuales o ingenieros de CAD en Ford Motor Company, participan en aproximadamente cinco de diez etapas dentro del proceso de diseño establecido por la compañía, en cada una de dichas etapas se desarrollan los modelos desde conceptos iniciales, en los cuales se busca establecer geometrías básicas que cumplan ciertas funciones, hasta componentes con geometrías finales las cuales posteriormente son enviadas a producción.



Imagen 3.1. En círculos rojos: Ejemplo de componentes de plástico en el asiento de un Ford Explorer [5].

### 3.2. Participación en programas

En el tiempo de experiencia profesional que llevo dentro de la compañía he participado en el diseño de componentes para cuatro camionetas: una camioneta tipo pick up; una camioneta de pasajeros con tres filas de asientos en versiones Ford y Lincoln; y un modelo para pasajeros, con tres filas de asientos y en la cual participo en el diseño de la segunda fila. Para las tres últimas camionetas los diseños realizados han sido propuestas totalmente nuevas.

Para la primera camioneta en la cual participé, brindé soporte en el diseño de dos componentes. Dentro de las actividades realizadas posicioné un módulo electrónico dentro de un compartimiento de almacenaje, para lo cual fue necesario desarrollar una geometría tipo *pokayoke*, es decir, a prueba de errores o que únicamente puede ser ensamblada en una posición. Esto permite la reducción de tiempo dentro de una línea de producción y garantiza el correcto ensamble y orientación de las partes. El segundo componente fue un módulo electrónico, del cual realicé una propuesta geométrica.

Para la segunda y tercer camioneta, participe en aproximadamente el 50% del proceso de diseño en el cual se involucra a un ingeniero de CAD en Ford Motor Company y estuve a cargo del diseño de una cubierta del respaldo para la tercer fila de asientos, componente presente en dos asientos de dicha fila y en tres posiciones vehiculares por camioneta.

### 3.3. Consideraciones de diseño

Para la generación de conceptos se comenzó por definir el problema. En el caso del sistema en el cual participo, la función primordial o el problema a resolver generalmente es cubrir estructuras metálicas y mecanismos con piezas plásticas de mejor estética para el cliente. En etapas posteriores dentro del diseño se emplean como parámetros resultados de validaciones en CAE, retroalimentación por parte del proveedor respecto a la capacidad de manufactura de los componentes, reglas de diseño, de estética, entre otros.

Dado que los productos diseñados son de uso comercial, la estética es uno de los parámetros de mayor importancia junto con la funcionalidad del componente y el cumplimiento de estándares de seguridad.

Como ingeniero de CAD trabajé directamente con el grupo de *Design Studio*, dicho grupo entrega al ingeniero de CAD la apariencia de todos los componentes visibles por el cliente final.

Considero que materias como Diseño y manufactura asistidos por computadora y análisis por elementos finitos me permitieron entender e interpretar de forma correcta los requerimientos para el diseño, con lo cual me fue posible plantear soluciones de ingeniería dentro del diseño.

*Design Studio* entregó un conjunto de superficies o modelos de tipo cascarón. Dichos modelos fueron el punto de partida para el desarrollo del diseño, del cual evalué la calidad de la superficie en cuanto a la continuidad por punto, tangencia y curvatura, entre otros parámetros para posteriormente convertir los arreglos de superficies en componentes denominados sólidos, es decir, con espesor de geometría.

A partir de los componentes sólidos se ideó una estrategia de sujeciones a la estructura metálica del asiento. Dicha estrategia se desarrolló en modelos de tres dimensiones y se evaluó en ensambles. Dado que los asientos de tercera fila cuentan con mecanismos que le permiten cambiar la inclinación del asiento o incluso abatirlo, la evaluación del componente se realizó durante todas las etapas del diseño en ensambles estáticos y dinámicos, en los cuales, se evaluó la interacción del asiento en movimiento y en sus diversas posiciones.

Para la determinación de ciertas geometrías del componente fue necesario conocer el tipo de material en el cual se manufacturará dicha parte, ya que de ello depende el ángulo de desmolde y el espesor de las características de la cara no visible por el cliente. Para el caso particular de la cubierta del respaldo se trabajó con dos plásticos: “Santoprene”, el cual es un termoplástico vulcanizado y Olefina termoplástica (TPO), el cual es una mezcla de resinas, (Polietileno, Polipropileno) y cauchos termoestables. Para lograr el uso de ambos materiales en un mismo componente, será necesario en la manufactura, dos inyecciones dentro del molde mismo molde, una por material.

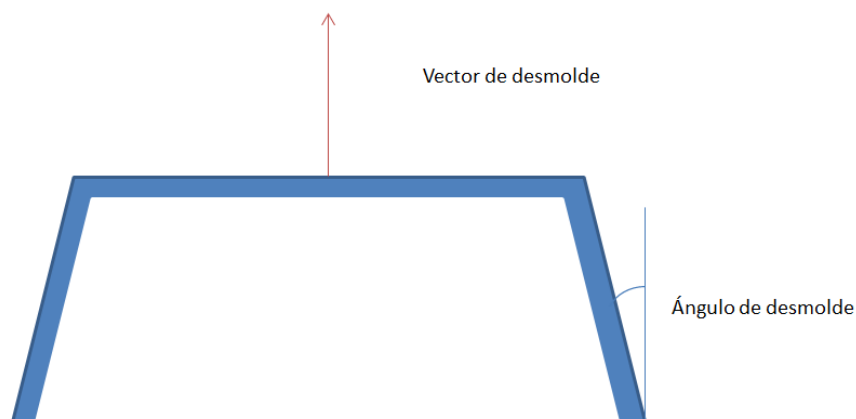


Imagen 3.3. Ejemplo de Vector y ángulo de desmolde en una parte de plástico

El uso de dos plásticos para la cubierta del respaldo obedeció principalmente a una razón estética en la cual se buscó cubrir el mecanismo de pivote del respaldo a la vista del cliente. Dado que el asiento es un componente dinámico, es decir, que la posición angular del mismo puede ser variada por el cliente para comodidad suya o para incrementar la capacidad de carga en la cajuela, el “Santoprene” planteó una solución al diseño ya que es un polímetro flexible que puede ser adherido a uno rígido, lo cual permite tener una distancia menor entre componentes dentro del ensamble pues la colisión de un componente flexible contra uno rígido es menos dañina que entre dos rígidos.

Paralelo al desarrollo de la estrategia de sujeción de la cubierta del respaldo a la estructura se realizaron modificaciones de la geometría buscando claros o distancias estáticas y dinámicas entre componentes predefinidos. La definición de dichos claros se establece de acuerdo a la apariencia deseada por la compañía en sus ensambles y la funcionalidad de los componentes. Algunas de estas modificaciones incluyeron la relocalización de un elemento de sujeción mecánica, el cual se buscó ocultar de la vista del cliente final, la modificación de radios, curvaturas y planos para el cumplimiento de reglas de diseño entre otros.

Otro de los parámetros de diseño empleados fueron los resultados entregados por el grupo de CAE, el cual realizó pruebas de funcionalidad evaluando la resistencia de los componentes por el uso común del cliente, por ejemplo, condiciones en las cuales la parte pueda ser accidentalmente golpeada, jalada, entre otras, esto aunado a las pruebas de seguridad realizadas al ensamble del asiento.

Producto de los resultados de CAE, realicé propuestas de refuerzos enfocadas a la mejora de los resultados de dichas pruebas y que no alteraron las superficies diseñadas por *Design Studio*. De la interpretación de los análisis por elementos finitos se buscó el correcto manejo de deformaciones y la disipación y distribución de esfuerzos.

En partes producidas con materiales poliméricos, los refuerzos son generalmente arreglos de costillas. Para su diseño consideré reglas enfocadas a la manufactura con la retroalimentación del proveedor encargado del diseño de herramental y la producción del componente. Esto me permitió entregar una contrapropuesta de diseño para ser reevaluada por el grupo de CAE y el proveedor.

### 3.4. Capacidad de manufactura

El proveedor en su retroalimentación, se enfocó principalmente en la factibilidad del desarrollo del herramental, en garantizar que el proceso de inyección permita generar la geometría diseñada en su totalidad, en que el componente se pueda desmoldar del herramental y en proponer soluciones para la generación de geometría que difícilmente se forma con las dos partes principales del molde: corazón y cavidad. Dicha solución se planteó mediante el uso de acciones, para las cuales fue necesario considerar claros entre el componente y las partes móviles a través de las cuales se desplazará la acción dentro del molde.

En la materia de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora tuve la oportunidad de diseñar un molde de aluminio para la inyección de una figura de plástico, este fue mi primer acercamiento al diseño de un molde, el análisis de llenado del mismo como parte del proceso de inyección y las consideraciones necesarias para dicho proceso, de igual manera en la asignatura de Materiales no Metálicos, adquirí conocimientos sobre el proceso de inyección de plástico, lo cual me ayudo a sentar las bases en el proceso empleado para los componentes que actualmente diseño. Considero que profundizar en las consideraciones geométricas de diseño de una parte que será inyectada en un molde, tales como ángulos de desmolde, radios mínimos, espesores de la parte, distancias entre elementos, entre otros, es un área de oportunidad para la materia de Diseño.

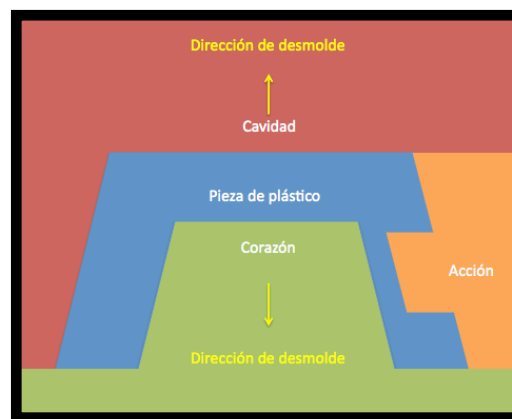


Imagen 3.4. Ejemplo de cavidad, acción y corazón dentro de un molde de inyección.

### 3.5. Análisis

Como parte de los análisis realizados, ocupé una herramienta de CATIA que permite analizar la factibilidad de desmolde del componente, para la cual es necesario definir previamente los vectores de desmolde. Como resultado de dicho análisis, el software altera gráficamente la

visualización del componente, coloreándolo de acuerdo a una escala predefinida y asociada a ángulos de desmolde.

Con los resultados obtenidos, evalué la capacidad de desmolde de la geometría entregada por *Design Studio*, realicé propuestas para corregir dicha geometría en algunas regiones en las cuales se podrían llegar a presentar problemas de manufactura y realicé la misma evaluación en la cara no visible por el cliente, región en la cual los refuerzos y elementos de sujeción se alteraron con el mismo fin.

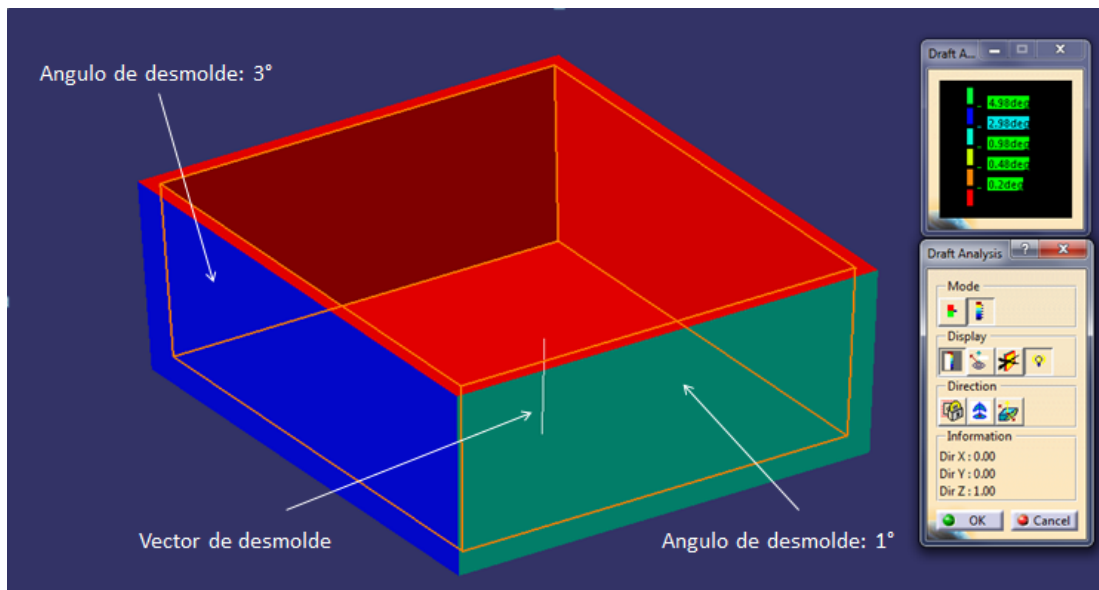


Imagen 3.5. Ejemplo de herramienta de análisis de desmolde en CATIA V5.

### 3.6. Entregables

Como parte de los estándares de calidad en entregables de Ford para el proveedor del componente, se encuentra el planteamiento de la línea de partición dentro del modelo 3D. Dicha línea es resultado de la unión entre las partes del molde y genera una línea visible sobre el componente final. El planteamiento de la línea de partición en los modelos 3D no solo es un requerimiento por parte de la compañía, fue también un elemento que me permitió, como diseñador virtual, cuidar la apariencia del componente, al ajustar dicha línea de partición al término de un radio, de forma tal que fue posible disimularla, logrando con ello una mejor estética.



Imagen 3.6. Ejemplo de línea de partición en una pieza plástica.

Otro de los entregables requeridos a los ingenieros de CAD son planos o dibujos de partes y ensambles de acuerdo a FECDS (Ford Motor Company Engineering CAD and Drafting Standards ©) y dimensionamiento geométrico y tolerancias (GD&T por sus siglas en inglés), siendo este último una herramienta que permite garantizar la calidad de las partes producidas por algún proveedor externo y aceptadas por Ford. FECDS es una interpretación de las normas ASME realizada por la compañía en la cual se anexan algunos requerimientos que Ford desea mostrar como parte de los dibujos entregados a sus proveedores.

Como parte del desarrollo de planos o dibujos, se debe de plantear la estrategia de localización, para lo cual se trabaja mediante negociaciones ganar-ganar en conjunto con un experto en GD&T para asientos dentro de la compañía, el grupo de ingeniería y el proveedor. Estas áreas se evalúan de acuerdo a los intereses propios y definen dimensiones, *datums*, *datum targets*, tolerancias de forma y de perfil.

Dado que FECADS es una interpretación de las normas de ASME, me fue posible entender fácilmente los estándares de la compañía para los dibujos 2D pues durante mi formación en la Facultad de Ingeniería, pude aprender las bases de las normas ASME en materias como Dibujo Mecánico e Industrial, de igual forma, esta materia me permitió conocer las bases para el desarrollo de un dibujo, entender las dimensiones y tolerancias asociadas a un diseño para así poder relacionarlas con GD&T y entregar conforme a los requisitos de la compañía. Considero que un área de oportunidad para la facultad el enseñar a sus alumnos a elaborar no solo dibujos técnicos de manufactura, sino también de validación y calidad de los componentes pues actualmente en la industria, los dibujos de manufactura están siendo remplazados por los modelos 3D.

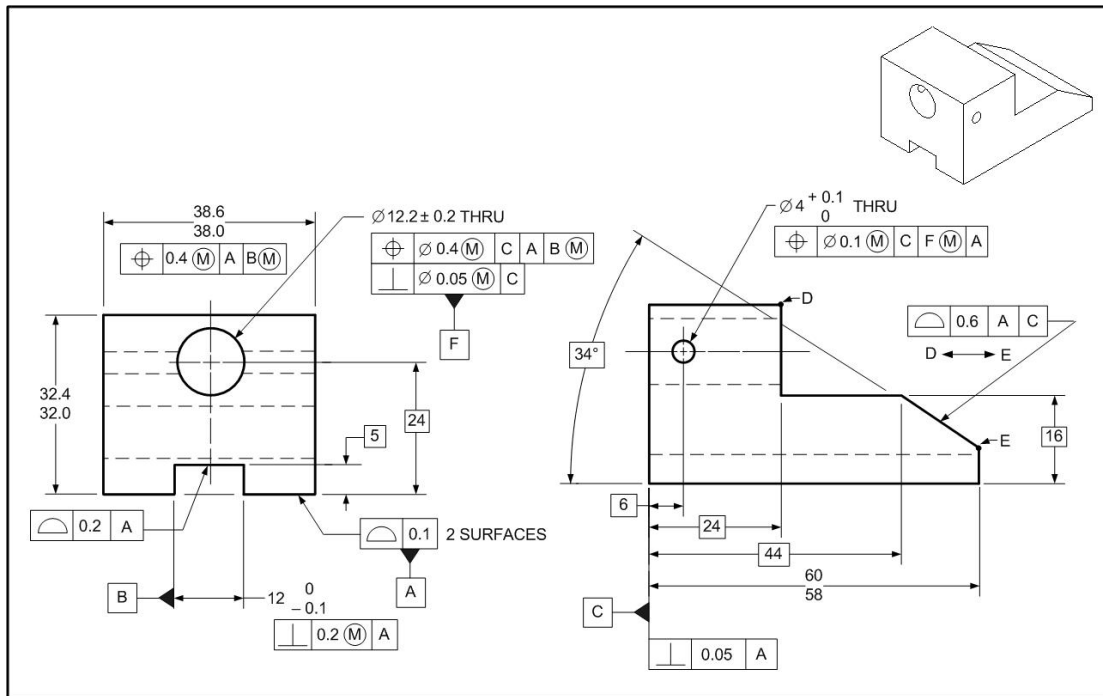


Imagen 3.7. Ejemplo de GD&T en un dibujo [6].

### 3.7. Diseño robusto e iterativo

Como todo proceso de diseño se trabajó de forma iterativa e interactiva ya que se buscó el equilibrio entre los distintos sistemas y componentes para alcanzar los objetivos del programa. Se sostuvieron juntas y negociaciones, enfocadas a la solución de problemas y al cumplimiento de parámetros de diseño particulares de cada componente.

Dado que el diseño se realizó como parte de un proceso iterativo, resulta de vital importancia en el desarrollo de modelos en tres dimensiones, la implementación de técnicas de diseño robusto que permitan variar parámetros geométricos de los componentes, tales como: radios, distancias entre caras, espesor de la parte, posición de elementos de sujeción, entre otros. Dichas técnicas robustas de diseño son producto del estudio por parte de los ingenieros de CAD, sobre la forma en la cual la herramienta de trabajo (CATIA) opera; y comprenden la estructura y el orden de operaciones realizadas, el trabajo mediante operaciones booleanas, el uso y la interacción de distintos archivos.

Al ser Ford Motor Company una compañía global, en la cual empleados de distintas regiones modifican los mismos archivos en diversas etapas del diseño, se hace presente la necesidad de estandarizar en cierta medida la metodología de construcción de modelos. De igual forma es necesario que el diseñador virtual organice su construcción de forma tal que pueda ser interpretada



fácilmente por una persona que desee realizar una modificación al diseño. Esto es posible gracias al desarrollo de métodos los cuales son distribuidos en cada región y a nivel global.

### 3.8. Propuestas de geometría en fase inicial del programa

Como parte de las actividades más recientes, se comenzó con el diseño de partes para los asientos de la segunda fila de una camioneta. Dado que dicho programa se encuentra en fases iniciales, se inició realizando una evaluación de la estructura de soporte del asiento y su ensamble con elementos como la espuma, mecanismos, etc.

Producto de los análisis antes mencionados, se realizaron propuestas de piezas de plástico que mejoran la estética de los asientos y no permiten al cliente visualizar la estructura metálica, mecanismos y otros componentes.

Los conceptos generados servirán a *Design Studio* para realizar propuestas estéticas y en concordancia con el ADN de la marca, así como al grupo de ingeniería para en conjunto con los ingenieros de CAD, proponer estrategias de sujeción, lo cual dará lugar a revisiones de factibilidad del componente, propuestas de conceptos, revisiones de la capacidad de manufactura de la parte, estética, claros entre componentes, etc.

## 4. Conclusiones

Las geometrías finales del componente diseñado para la segunda y tercer camioneta, fueron liberadas durante el mes de marzo del presente año, habiendo completado con ello la participación dentro del diseño. Actualmente dichos diseños se encuentran en el proceso de desarrollo de prototipos, para proceder a la manufactura de piezas finales.

Analizando mi formación en la facultad de ingeniería y el cómo ésta me ha servido para desarrollarme profesionalmente como ingeniero dentro del ámbito automotriz, creo necesario hablar de dos aspectos principales: el cumplimiento del plan de estudios que la facultad ha planteado para sus alumnos y la participación en proyectos extracurriculares, en este caso, el proyecto estudiantil Formula SAE.

Como alumno de ingeniería mecánica, enfoqué mis materias optativas al área de diseño mecánico, lo cual me ayudó a terminar de establecer bases y adquirir conocimientos y herramientas que me permiten actualmente desarrollarme de mejor manera dentro del ámbito profesional.

A pesar de que la mayoría de las materias que contempla el plan de estudios no son de aplicación directa en mis tareas cotidianas, estoy convencido de que gracias a ellas he logrado formar un pensamiento crítico y analítico que me permite enfrentar de mejor manera los problemas y proponer una solución adecuada a cada situación.

Los conocimientos brindados por la Facultad de Ingeniería me han otorgado las bases para cuestionar de manera objetiva algunas decisiones tomadas en distintas etapas de diseño. De igual forma, estos conocimientos me han permitido analizar de manera más crítica las situaciones presentadas durante las diversas etapas de desarrollo de un componente, logrando con ello participar de forma activa en la toma de decisiones.

Derivado de mi experiencia en la industria y como empleado de una empresa de clase mundial, considero un área de oportunidad para la facultad el establecer vínculos más estrechos con las empresas de ingeniería en las cuales laboran sus egresados, pues esto le permitirá enfocar sus planes de estudio y temarios a las necesidades de la industria actual, logrando con ello formar ingenieros aún más competitivos.

Como integrante de un proyecto estudiantil extracurricular, considero de vital importancia para los futuros profesionistas, la participación en proyectos que ayuden a complementar y reforzar la formación que la Facultad de Ingeniería brinda mediante los planes de estudio.

Mi participación en el proyecto Formula SAE me brindó la oportunidad de aplicar de tempranamente los conocimientos adquiridos en el aula a un proyecto estudiantil, en el cual, pude de reforzar dichos conocimientos y generar otros mediante la experimentación. Como integrante de éste proyecto, tuve la oportunidad de desarrollarme en situaciones que parecen ajenas a la ingeniería o al diseño, pero que considero permiten desarrollar habilidades complementarias, logrando con ello una formación integral. Dichas actividades comprendieron: trabajar en un equipo multidisciplinario, adquirir conocimientos para la gestión y organización de dicho equipo, trabajar en el planteamiento de esquemas de negocios que permitieron capturar y distribuir de forma correcta recursos económicos para el desarrollo del producto, plantear soluciones a conflictos generados en el diseño de componentes reales, entre otras.

Involucrarme en todas las etapas del diseño dentro de un proyecto real, desde la conceptualización del producto hasta la presentación del mismo ante el cliente final (en el caso particular de Formula SAE, los jueces de la competencia y los patrocinadores) me permitió sensibilizarme respecto a los procesos por los cuales se debe pasar para desarrollar un producto, logrando con ello entender mi participación como ingeniero de CAD y el impacto de mis decisiones dentro de dicho proceso. Ser responsable del diseño, manufactura, ensamble y validación de un componente me brindó la oportunidad de poseer un panorama amplio el cual me ayuda actualmente a diseñar virtualmente componentes que se puedan manufacturar y ensamblar como parte del producto.

Considero que el apoyo brindado por parte del personal de la Facultad de Ingeniería para esta clase de proyectos, es sin duda de vital importancia para la formación de mejores ingenieros pues en empresas como Ford Motor Company, el contar con habilidades y conocimientos técnicos no representa el 100% del por qué un profesionalista es atractivo para la empresa, en mi opinión, dichos conocimientos representan exclusivamente la mitad del valor de un empleado para la corporación. La otra mitad, se basa en las competencias, es decir, en el sentido de responsabilidad, proactividad, iniciativa, liderazgo, entre otros valores que difícilmente se inculcan dentro de un plan de estudios tradicional.

Quisiera también resaltar la oportunidad que me brindó la Facultad de participar en competencias internacionales, en las cuales, aprendí de las soluciones planteadas por personas de otra cultura a los mismos desafíos enfrentados por el equipo de la Universidad, tuve la oportunidad de exponer las razones de cada decisión tomada dentro del proceso de diseño a ingenieros con una amplia trayectoria profesional.

Finalmente, considero que la facultad no solo nos brinda conocimientos sólidos sobre las bases de diversas áreas, sino también, nos forma un pensamiento enfocado a la correcta solución de cualquier problema de ingeniería y siguiendo uno de los pilares de la universidad, la formación de profesionistas integrales, complementado por la oportunidad de participar en proyectos

estudiantiles de aplicación ingenieril, logrando con ello formar una experiencia profesional previa, siendo este conjunto la razón por la cual pude colocarme de manera exitosa en una compañía como Ford Motor Company.

## Glosario

**CAD:** Diseño Asistido por Computadora (Computer Aided Design).

**CAE:** Ingeniería Asistida por Computadora (Computer Aided Engineering).

**Underbody:** En el ámbito automotriz, se refiere al conjunto de componentes externos al habitáculo y que excluyen la carrocería y cajuela, dichos componentes pertenecen a los sistemas de chasis, tren motriz, masa no suspendida, suspensión, entre otros.

**Pickup:** Tipo de camioneta empleada generalmente como vehículo de carga el cual en la parte trasera del habitáculo cuenta con una zona de carga denominada batea.

**Sedan:** Tipo de vehículo de cuatro o cinco pasajeros en el cual la cajuela o maletero sobresale en la parte trasera de la carrocería.

**Análisis dinámico:** En el contexto del presente trabajo se refiere al tipo de análisis en el cual se estudia el movimiento de los componentes y las interacciones de estos para cada una de las posibles posiciones del ensamble.

**Checklist:** Anglicismo equivalente a una lista de control o de verificación ocupada para dicho fin.

**Design Studio:** Nombre designado al área encargada de conceptualizar un producto en su parte estética.

**Ángulo de desmolde:** Cantidad de inclinación de las paredes internas en un molde para inyección de plásticos, medida en grados y su objetivo es facilitar la extracción del componente inyectado al interior del molde.

**Costillas:** En el contexto del presente trabajo se refiere a los arreglos de refuerzos perpendiculares a las paredes principales del componente de plástico y cuyo objetivo es brindar rigidez a dicho componente.

**Vector de desmolde:** En el diseño de plásticos y herramental para su producción, se refiere a la dirección en la cual el componente saldrá del molde.

**Datum:** Se refiere a puntos, líneas o planos los cuales se desean controlar como parte del proceso de verificación geométrica y el análisis de tolerancias de un componente.

## Referencias

1. Fusion 2016 (2016). *Ford de México | Ford Fusion 2016. Ford.mx*. Tomada el 13 de Julio de 2016, de <http://www.ford.mx/autos/fusion2016>
2. Fiesta (2016). *Ford de México | Ford Fiesta 2016. Ford.mx*. Tomada el 13 de Julio de 2016, de <http://www.ford.mx/autos/fiesta>
3. *Ford Motor Company*. (2016). *Ford Corporate*. Tomada el 13 de Julio de 2016, de <https://corporate.ford.com/company.html>
4. *One Ford Card*. (2016). *At.ford.com*. Tomada el 13 de Julio de 2016, de <https://www.at.ford.com/en/homepage/news-andclipsheet/news/2016/1/oneford-card.html>
5. *2016 Ford Explorer | U.S. News & World Report*. (2016). *Usnews.rankingsandreviews.com*. Tomada el 13 de Julio de 2016, de [http://usnews.rankingsandreviews.com/cars-trucks/Ford\\_Explorer/](http://usnews.rankingsandreviews.com/cars-trucks/Ford_Explorer/)
6. Adcock, M. (2016). *Effective Training GD&T Blog. Effective Training GD&T Blog*. Tomada el 13 de Julio de 2016, de <http://www.etinews.com/blog/page/5/>