



Reporte de labores profesionales en el área de arneses de la Ford Motor Company

MODALIDAD DE TITULACIÓN:

“EXPERIENCIA PROFESIONAL”

NOMBRE DEL ALUMNO: Fernando De la Concha Castro

NÚMERO DE CUENTA: 408067474

CARRERA: Ingeniería Mecatrónica

ASESOR: Yair Bautista Blanco

AÑO: 2014

Índice

1. Introducción	1
2. Objetivos.....	2
3. Empresa.....	2
3.1. Industria automotriz.....	2
3.1.1. Historia.....	2
3.1.2. Mercado actual.....	7
3.1.3. Crecimiento y tendencias a futuro.....	8
3.2. Ford Motor Company.....	10
3.2.1. Orígenes.....	10
3.2.2. Expansión.....	12
3.2.3. Siglo XXI y One Ford.....	13
4. Descripción del puesto de trabajo.....	14
4.1. Organigrama.....	14
4.2. Sistema Global de Desarrollo del Producto	15
4.3. Area eléctrica y arneses.....	17
4.3.1. Enfoque y localización del área.....	17
4.3.2. Interacción con otras áreas.....	22
4.4. Antecedentes y entrenamiento para el puesto.....	26
4.4.1. FTEPS.....	26
4.4.2. Capital Harness XC.....	26
4.4.3. Teamcenter.....	27
4.5. Arnese s en 2D.....	28
4.5.1. Rol del ingeniero de arneses 2D.....	28
4.5.2. Diseño de arneses.....	31
4.5.3. Proceso de creación de planos para manufactura.....	48
5. Aportaciones personales en la empresa.....	51
5.1. Creación de metodología de procesos.....	52
5.2. Método automático para la creación de planos derivativos.....	53
6. Conclusiones.....	56
7. Bibliografía.....	58
8. Anexos.....	63

1. Introducción

La idea del automóvil nace como un sencillo sistema motriz, en el que en sus más primitivos orígenes no era pensado siquiera como un sistema de transporte; fue con el paso de los años y el avance de las tecnologías en motores de combustión interna que se fue creando la concepción de un mecanismo que eventualmente reemplazaría a los carruajes.

Los más novedosos avances en la tecnología del siglo XIX fueron incorporándose poco a poco y uno a uno al concepto que hoy tenemos del automóvil como un sistema totalmente mecatrónico. Al ir avanzando en tecnología más elementos se unieron al inicial y mero vehículo mecánico para dar paso a un conjunto tan variado de sistemas que requirió de muchos expertos en divisiones de la ingeniería tan diversas como la termodinámica y la electrónica para continuar con su desarrollo hasta la actualidad. Una de las muchas áreas a ser atendidas fue la distribución eléctrica a través del vehículo, de la cual nace el diseño de arneses eléctricos tal y como lo conocemos hoy en día.

La Ford Motor Company es una de las empresas clave en la historia del desarrollo actual del automóvil, no solo por el diseño mismo, sino por la forma en que protagonizó el cambio en las formas de producción, venta y distribución en la industria. Una vez alcanzado el éxito mundial durante las primeras décadas del siglo XX, siguió un largo camino para la compañía, no exento de contratiempos que, sin embargo se lograron sortear para llegar a ser hoy en día una de las empresas líderes en el ramo automotriz.

Una de sus más importantes divisiones, por la responsabilidad con la que cuenta dentro de ingeniería, es la división eléctrica. Es aquí donde, entre otras cosas, se realiza el diseño de los arneses eléctricos encargados del funcionamiento de los módulos a lo largo y ancho del automóvil. El diseño de arneses es un proceso bien documentado y establecido en la compañía que tiende también a estar en constante evolución y desarrollo.

Una de las partes fundamentales del área eléctrica y de la cual es objeto este reporte es la creación de planos para la manufactura de arneses a la cual yo me dedico. Anteriormente este trabajo era realizado totalmente por un proveedor externo; sin embargo por cuestiones de control sobre los diseños y costos se decidió que la ingeniería de Ford retomara este proyecto. Es así como surge un área dedicada exclusivamente al diseño eléctrico para que el proveedor se encargue únicamente de la manufactura.

En éste reporte se explicará detalladamente el diseño de arneses, el flujo de proceso para la creación de planos para manufactura, su entorno, y algunas mejoras llevadas a cabo como parte del perfeccionamiento continuo del área eléctrica de la Ford Motor Company.

2. Objetivos

Se dará a conocer el panorama general del recién egresado de la carrera de ingeniería mecatrónica ante el mercado laboral en la industria automotriz, sus retos y áreas de oportunidad de crecimiento profesional, así como los aprendizajes obtenidos, aportaciones personales y reflexiones generales.

Se explicará el entorno profesional en el área eléctrica de la Ford Motor Company, descripción del puesto de trabajo y experiencias en la división de Desarrollo del Producto.

3. Empresa

El concepto de empresa, tal como es entendido hoy en día, se establece formalmente durante el siglo XVIII en Inglaterra con las nuevas formas de producción desarrolladas durante la Revolución Industrial. A pesar de que el nacimiento del capitalismo se sitúa en el momento en que el sistema económico feudal es sustituido por las actividades comerciales como motor económico, dichas interacciones desarrolladas en aquel periodo no tenían como eje la producción de los bienes; el burgués de aquellos días (que al paso de los años se convertiría en el empresario moderno) se limitaba a ser un intercambiador de productos. Fue hasta que los avances tecnológicos del siglo XVII en las formas de producción permitieron fundar las bases del comercio en la masificación de los productos que es posible hablar de una empresa moderna consolidada. [1]

Con el paso de los años los procesos de manufactura y producción fueron perfeccionándose y ampliándose hacia campos más diversos, tales como la industria química, eléctrica o metalúrgica, permitiendo que incluso los nuevos inventos fueran producidos en masa, tal y como fue el caso icónico de Henry Ford y su modelo T. [2]

3.1. Industria Automotriz

3.1.1. Historia

El término “automóvil” (*automobile* en inglés) fue usado públicamente por primera vez en agosto de 1897 en un artículo del New York Times en una nota que predecía el futuro del nuevo invento a pesar de su claro disgusto por el nombre adoptado:

“The new mechanical wagon with the awful name automobile has come to stay” [3] (El nuevo vagón mecánico con el horrible nombre de automóvil ha llegado para quedarse).

Más adelante en el mismo artículo: *“Man loves the horse, and he is not likely ever to love the automobile”* (El hombre ama al caballo y no es probable que pueda alguna vez amar así al automóvil), el reportero a pesar de haber predicho la revolución que causaría el nuevo medio de transporte no pudo vislumbrar el futuro en el que el automóvil no solo se convertiría en un medio de traslado, sino también en un objeto de culto para la cultura occidental moderna.

Según la definición de la RAE un automóvil es un vehículo motorizado que puede ser guiado por una vía ordinaria sin la necesidad de carriles. Se compone de una cantidad enorme de sistemas y subsistemas que evolucionaron a diferentes ritmos y en diferentes épocas. Se estima que el automóvil moderno está compuesto por más de 100 000 patentes. [4]

Leonardo da Vinci, el gran ingeniero florentino (además de pintor, anatomista, escultor, arquitecto, botánico, etc.) dejó algunos bocetos primitivos sobre lo que se cree fue la idea de un carro auto-impulsado. Estos dibujos son objeto de polémica, tanto de si realmente se trataba de un automóvil como de la mecánica de su funcionamiento. Dichos dibujos datan de alrededor del año 1478 y muestran un vehículo no diseñado para el transporte, dado que no contaba con asiento. Se cree que Leonardo tuvo la intención de construirlo como atracción para alguna feria de la época, aunque se desconoce la razón de porque no fue finalmente realizado; fue quizás considerado demasiado peligroso para ser construido o el inventor no poseía los materiales adecuados. [5], [6]

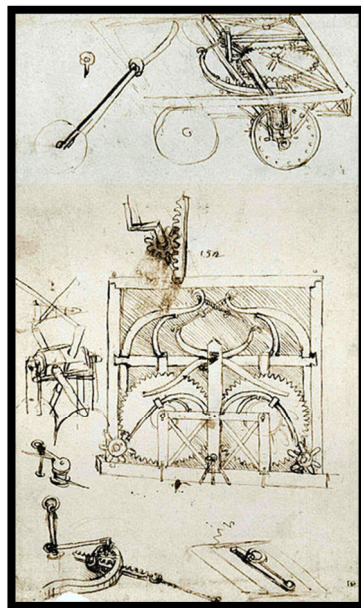


Figura 3.1 Bocetos de Da Vinci para su carro auto-impulsado [6]

El modelo trató de ser recreado en múltiples ocasiones a lo largo del siglo XX, pero todas fallaron principalmente por lo confuso de las instrucciones de construcción dejadas como simples notas

para el uso personal de Leonardo y no como un manual técnico. Inicialmente se pensaba que dos resortes a modo de suspensión de alguna forma generarían el movimiento. Una inspección más detallada de las notas reveló que el impulso era generado por muelles espirales localizados en tambores cilíndricos dentro del auto y los cuales eran activados por cuerda. [7]

En 2004 un equipo del Instituto y Museo de Historia de la Ciencia en Florencia recreó el modelo demostrando que funcionaba y también era programable; pequeñas estacas eran colocadas en agujeros creados para indicar a las ruedas un giro en ciertos puntos durante el recorrido. Se llegó también a la conclusión que debido a la complejidad de los sistemas de engranajes del carro de Leonardo muy difícilmente pudiera haber sido construido en su época dada la precisión requerida de las herramientas que no serían construidas hasta siglos después. [8], [9]

Fue hasta el año de 1769 cuando el ingeniero e inventor francés Nicolas-Joseph Cugnot probó exitosamente la primera versión en miniatura de un vehículo auto-impulsado por un motor de vapor. El año siguiente construyó el modelo a escala real capaz de cargar 4 toneladas y alcanzar una velocidad de 7.8 km por hora según los registros. Recordando la definición de la RAE se puede afirmar que se trata del primer automóvil de la historia y Cugnot puede recibir el título del inventor del automóvil. El vehículo de Cugnot era pensado para uso militar; constaba de dos ruedas traseras y una delantera, la caldera y el motor de vapor se encontraban separados del resto del vehículo en la parte frontal y era manejado mediante un timón. Cugnot siguió perfeccionando su vehículo en los años posteriores, pero dados ciertos problemas financieros, el ejército francés decidió dejar de patrocinar sus inventos. Fue él además el protagonista, en 1771, del primer accidente automovilístico; su vehículo se estrelló con una pared de ladrillo. [10]

Existe, sin embargo, dudas sobre si realmente fue el primer automóvil, se habla de un vehículo a vapor anterior al *Fardier à vapeur* de Cugnot. Este vehículo habría sido inventado por el jesuita flamenco Ferdinand Verbiest alrededor de 1672. Verbiest además de misionero era un destacado astrónomo y matemático enviado por la Compañía de Jesús a China en el año de 1658 con el fin de evangelizar regiones del lejano oriente en compensación por la pérdida de creyentes en Europa dado el avance del protestantismo. En China Verbiest se convirtió con el paso de los años en amigo cercano del emperador Kangxi de la dinastía Qing, a quien le habría construido un vehículo auto-impulsado de vapor de juguete (65 cm de largo), incapaz de llevar pasajeros humanos o alguna carga. Dadas las características de juguete que tenía este prototipo y siendo los datos pocos precisos sobre su construcción, es mayormente considerado a Cugnot como el padre del automóvil moderno. [11]

Posterior a la creación de Cugnot le siguieron durante todo el siglo XIX una serie de inventos y mejoras en vehículos impulsados por vapor diseñados por varios ingenieros alrededor del mundo industrializado. Fue también en esta época cuando comenzaron a surgir los primeros vehículos eléctricos. Robert Anderson de Escocia construyó exitosamente el primer carruaje impulsado por un motor eléctrico entre los años de 1832 y 1839, aunque las baterías de su auto no eran recargables y el vehículo era poco eficiente. Varios inventores por esa época intentaron también

construir sin mucho éxito vehículos eléctricos eficientes; eran pesados, lentos, caros y requerían pararse frecuentemente para ser recargados. Sin embargo se encontró muy útil el uso de la electricidad para tranvías en las grandes ciudades dejando a un lado los vehículos particulares de motores eléctricos para ser retomados hasta finales del siglo XX. [12]

Uno de los eventos más significativos en la historia del automóvil fue la invención del primer motor práctico de combustión interna por el alemán Nicolaus August Otto. A pesar de no contar con una formación técnica formal, Otto se interesó por los avances tecnológicos de la época, en especial por las máquinas de vapor y gas. Una gran novedad por aquellos días fue el motor de gas de dos tiempos del ingeniero belga Jean-Joseph Etienne Lenoir de 1860, siendo el primer motor de combustión interna de la historia. Sin embargo presentaba poca practicidad, era excesivamente ineficiente y ruidoso. Lenoir incluso llegó a construir un automóvil tres años después con su motor; se trataba de una carreta de 4 toneladas que pudo recorrer de manera autónoma 11 kilómetros en 3 horas. Dados los malos resultados de su experimento, Lenoir abandonó su proyecto, pero encendió la chispa para muchos ingenieros e inventores, como Otto, que eventualmente perfeccionaron su idea. [13], [14]

Otto era un comerciante curioso que creyó que podía mejorar el motor de Lenoir usando un combustible líquido. Fue capaz de reconocer el valor de la compresión de la mezcla aire-combustible antes de arder ideando así el ciclo de cuatro tiempos. Se trata de un ciclo de combustión interna en el cual se distinguen cuatro fases o carreras del pistón a través del cilindro las cuales generan el movimiento (en cada ciclo el cigüeñal da dos vueltas completas). Las fases del ciclo son: admisión de la mezcla aire-combustible al cilindro a través de la válvula de admisión recorriendo el pistón hacia abajo, compresión de la mezcla por la ascensión del pistón, expansión por la fuerza de inflamación de la mezcla por la chispa de la bujía y finalmente escape de los gases de combustión, como se muestra en la figura 3.2. [15]

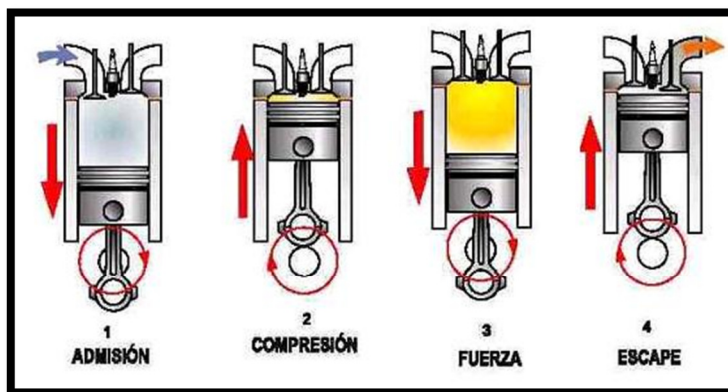


Figura 3.2 Ciclo de cuatro tiempos [16]

Formando una sociedad con el industrial alemán Eugen Langen en 1869 se funda la N. A. Otto & Cie, la cual sería la primera compañía en manufacturar los motores de combustión interna. El motor de Otto representó una revolución total en el mundo industrial de la época; la compañía

vendió miles de motores en los siguientes años, además de que el motor Otto serviría como base para el desarrollo del motor diésel, inventado por el ingeniero alemán Rudolf Diesel en 1893. Al igual que el motor Otto de gasolina se trata de un ciclo de cuatro tiempos en el que el combustible usado es diésel, y a diferencia del motor de gasolina, sólo se succiona aire, se comprime y se le inyecta el combustible encendiéndolo con el calor del aire comprimido sin necesidad de chispa. [17], [18]

Todos los avances tecnológicos alcanzados a lo largo del siglo XIX sentaron las bases para que en 1886 otro ingeniero alemán concibiera el considerado primer automóvil moderno, se trata del Benz Motorwagen, ideado por Karl Friedrich Benz. Benz fue un brillante estudiante egresado a la edad de 19 años de la carrera de ingeniería mecánica de la Universidad de Karlsruhe. Recién graduado trabajó en diversas compañías del área mecánica sin embargo en ninguna pudo encajar totalmente bien. Fue a la edad de 27 años que decidió fundar su propia empresa, que aunque con dificultades al principio, con el apoyo económico de su esposa comenzó a enfocar sus esfuerzos en la obtención de patentes de sus inventos alrededor del motor de combustión interna. De esta forma patentó el sistema de regulación de velocidad, la ignición por chispa con batería, la bujía, el *clutch*, el cambio de velocidades y el radiador de agua, entre otros. Al poco tiempo su joven empresa enfrentó problemas con los bancos lo cual hace que renuncie y busque concentrarse en su pasatiempo de construir su “carruaje sin caballos”. Esto lo lleva a fundar la Benz & Company Rheinische Gasmotoren-Fabrik a partir de un taller de bicicletas. Fue aquí donde Benz construye el primer automóvil propiamente dicho de la historia, diferenciándose de los anteriores “carruajes motorizados” por ser diseñado totalmente como un automóvil. El Benz Motorwagen contaba con dos plazas empujado por un motor de combustión interna de cuatro cilindros ubicado en la parte trasera. La salida del motor era de 0.75 caballos de fuerza, contaba además con válvula de escape controlada, vibrador eléctrico de ignición por bujía y enfriador evaporativo [19]. Benz obtuvo la patente número 37435, siendo presentado públicamente el 3 de Julio de 1886. [20], [21], [22]



Figura 3.2 El Motorwagen Benz de 1886 [20]

Casi al mismo tiempo que Benz patentaba sus creaciones otro ingeniero alemán desarrollaba paralelamente inventos que definirían definitivamente al automóvil; Gottlieb Daimler mejoraría el

motor de combustión interna de Otto patentando en 1885 lo que puede considerarse como el prototipo moderno del motor de gasolina. Su nuevo motor era ligero, de poco peso y alta velocidad [23] lo que le mereció un gran éxito que finalmente lo llevó a construir su primer automóvil presentándolo en la exposición mundial de París de 1889. A pesar de que no se tienen registros de que Benz y Daimler se conocieran, en 1924 se fusionaron la Benz & Cie y la Daimler Motoren Gesellschaft formando la Daimler AG, que utiliza la marca Mercedes-Benz® en todos sus automóviles a nivel mundial hasta la fecha. [24], [25], [26]

Fue en 1895 cuando el primer automóvil llegó a la ciudad de México traído de Europa por la “Agencia de Ingenieros Basave, Robles Gil y Zozayaun” por pedido de un aristócrata porfiriano de nombre Fernando De Teresa quien lo condujo por primera vez el 6 de enero de ese año a una velocidad de 16 km/h. Dos días después un periódico de la época relataría el suceso en una nota bajo el título “Carruaje Misterioso” y anunciando “una revolución en los medios de locomoción”. [27]

Fue hasta la entrada del nuevo siglo cuando los automóviles se empezaron a fabricar, vender y utilizar como un verdadero artículo de consumo, siendo las compañías francesas Panhard et Levassor fundada en 1889 y Peugeot de 1891 las primeras en fabricar automóviles [28]. En 1908, Henry Ford sorprendería al mundo con sus métodos de manufactura a gran escala, siendo el modelo T de la Ford Motor Company uno de los más celebres automóviles de la historia el cual iniciaría el periodo moderno en que el automóvil sería una parte inseparable en el desarrollo de las naciones.

3.1.2. Mercado Actual

La industria automotriz es actualmente uno de los pilares de la economía global, no solo por su enorme aportación monetaria en las naciones, sino también por la tecnología desarrollada y su impacto económico en la generación de patentes, servicio de proveedores y toda una gama de oportunidades de desarrollo de nuevos profesionistas y nuevas carreras tecnológicas adaptadas para la siempre creciente y cambiante industria de los automóviles.

El valor anual de la producción de la industria automotriz global es de alrededor de 730 mil millones de dólares, solo en vehículos ligeros, produciendo alrededor de 60 millones de unidades alrededor del mundo [29]. México actualmente es el octavo productor de vehículos con poco más de 3 millones por debajo de China con un volumen asombroso de casi 20 millones de automóviles, siguiéndole con 10 millones Estados Unidos, Japón en tercer lugar, seguidos de Alemania, Corea del Sur, India y Brasil. Respecto a exportaciones nuestro país ocupa el cuarto lugar a nivel mundial con 2, 423,084 de unidades ligeras en 2013, habiendo tenido un aumento del 2.9% respecto al 2012 y aportando aproximadamente el 3% de la producción mundial. [30]

A pesar de las enormes cifras anteriores aún continúa el proceso de recuperación de la crisis mundial del 2008, cuyo golpe afectó severamente a la industria. Durante el 2013 las ventas en

todas las regiones han seguido creciendo desde mediados de 2009 a excepción de Europa en cuyo caso se observó una estabilización en la segunda mitad del 2013 con la promesa de subir durante el 2014. Por su parte China seguirá siendo por mucho el mayor productor de vehículos del mundo, además de continuar la tendencia observada en la última década de convertirse en mero productor mundial a ser un gran consumidor de sus propios productos. La demanda en ese país es liderada por compradores del primer auto siendo esto una muestra de la transformación que ha sufrido China en su economía y sociedad. [31]

En México por su parte, la industria automotriz desempeña un rol vital en su economía; aporta aproximadamente el 4% del Producto Interno Bruto y el 20% del PIB nacional. México se ha posicionado como uno de los grandes fabricantes de autos a nivel mundial, no solamente por la estratégica posición geográfica sino también por la calidad de los modelos desarrollados por ingenieros mexicanos bajo los nombres de las grandes marcas automotrices. A pesar de que la mayor parte de la exportación de los automóviles producidos en México continua teniendo como destino los Estados Unidos (11 de cada 100 vehículos vendidos en ese país son producidos en México), cada año se incrementa el flujo hacia otras naciones alrededor del mundo. [32], [33]

En México existen en total 19 complejos productivos relacionados directamente con la industria automotriz además de contar con 30 centros de diseño en los cuales constantemente se abren oportunidades de innovación y generación de empleos para las nuevas generaciones de ingenieros nacionales, se espera que para el 2016 se hayan abierto 400 nuevas plazas en Ford de México, sólo en ingeniería [34]. En nuestro país están establecidas armadoras de las principales automotrices mundiales tales como General Motors®, Ford®, Chrysler®, Volkswagen®, Nissan®, Honda®, Toyota®, Volvo®, y Mercedes-Benz® en algunas de las cuales se manufacturan modelos totalmente hechos en México, tales como el Ford Fusion® y Ford Fiesta®, Nissan Sentra® y Nissan March®, Chevrolet Silverado®, GM Sierra®, Volkswagen Jetta® entre otros. Sumado a lo anterior, tiene en nuestro país su sede la planta de mayor producción de vehículos de Norteamérica; la Volkswagen Puebla con más de 596 000 vehículos producidos anualmente. [35], [36]

Tanto por la ya larga experiencia nacional como país productor de automóviles (Buick® establece la primera armadora en 1921 [37]) como por la privilegiada posición geográfica del país, México representa una gran oportunidad de desarrollo de ingenieros mexicanos no solo en el ámbito estrictamente automotriz, sino en toda la gama de posibilidades que dicha industria ofrece por medio de los proveedores de los más diversos productos de ingeniería necesarios para el desarrollo de un automóvil.

3.1.3 Crecimiento y Tendencias a Futuro

El camino recorrido por la industria automotriz ha sido largo y lleno de cambios que pocos años antes de dar resultado fueron pensados como inalcanzables, hoy en día el automóvil se topa con nuevos retos y posibilidades a los que nunca se había enfrentado como la adecuación de tecnologías para reducir el impacto climático, exploración de combustibles no fósiles, entre otros. La tecnologías desarrolladas en otros campos se van incorporando en mayor medida al

inicialmente puro vehículo mecánico; el automóvil de hoy en día constituye un producto mecatrónico, es decir no solamente trata de una serie de elementos electrónicos y mecánicos unidos en uno sino que desde su inicio la interacción entre las partes es pensado como un concepto global mecánico, eléctrico-electrónico programable. Así es posible encontrar más comúnmente en el mercado desarrollos como el Sync™ de Ford el cual es un sistema de comunicaciones y entretenimiento controlado principalmente por comandos de voz diseñado por Microsoft®. En él se integran el control de múltiples funciones dentro del automóvil como son el sistema de audio, clima, informes de tráfico hasta reservaciones de hoteles y el control de los dispositivos conectados al automóvil. [38]

Sumado a los cambios tecnológicos cada vez más acelerados en el mundo existe otro factor que está revolucionando totalmente a la industria y al cual el mundo del automóvil no podía ser indiferente, esto es la crisis de los energéticos fósiles y la búsqueda de tecnologías más limpias y eficientes. Desde el nacimiento del primer automóvil Benz en la década de los años 80 del siglo XIX hasta finales del siglo XX, el automóvil estuvo inseparablemente ligado a los motores de combustión interna, era casi inconcebible el uno sin el otro, sin embargo la preocupación por el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles además de la preocupación por los efectos adversos provocados por el cambio climático llevó a los ingenieros del mundo a comenzar a experimentar con tecnologías alternativas y que hoy en día son una realidad. Existen actualmente tres tecnologías predominantes en el mercado alternas al diesel y la gasolina, estas son los sistemas híbridos, los autos eléctricos y los que funcionan a base de hidrógeno. [39]

El principio básico del funcionamiento de los automóviles híbridos es el ahorro de energía. Su estructura se diferencia del auto de motor de convencional en que cuenta adicionalmente al motor de combustión interna con uno o más motores eléctricos. En la mayoría de los modelos, los motores eléctricos no se conectan a ninguna terminal de energía eléctrica sino que obtienen la carga del sistema de ahorro de pérdidas de energía mecánica; se estima que del combustible en un automóvil de combustión interna se aprovecha menos de la mitad en movimiento útil. [40]

El vehículo cuenta con un generador encargado de recuperar la energía mecánica en tres momentos: frenado, parado y aceleración, es decir en los momentos en que el motor de combustión interna gasta más combustible y energía. Para administrar en que situaciones debe funcionar el motor eléctrico y en cuales el motor de combustión interna, se cuenta con un gestor de energía, es decir una computadora encargada de detectar el comportamiento del vehículo y proveer las señales necesarias para que todo funcione adecuadamente. De las diferencias más marcadas respecto a un automóvil convencional encontramos: cuando el vehículo está detenido los dos motores se encuentran apagados a menos que las baterías estén bajas de carga, para la aceleración desde parado el motor eléctrico proporciona fuerza adicional para auxiliar al acelerar, en algunos modelos el motor eléctrico funciona por si solo para mover el vehículo en situaciones de baja velocidad (cuando el motor de combustión interna es menos eficiente), además si el frenado no es muy brusco en vez de utilizar el freno convencional el generador ofrece la resistencia necesaria al avance acumulando así energía para las baterías. [41], [42], [43]

Los autos eléctricos, por su parte son la principal competencia en el mercado a la tecnología de los autos híbridos. Los autos eléctricos de batería (BEV por sus siglas en inglés) se refieren a los automóviles provistos únicamente de un motor eléctrico alimentado por baterías que se recargan directamente de la red doméstica de electricidad. A pesar de que durante el siglo XIX y principios del XX hubo inventores que incursionaron en el área del automóvil con motor eléctrico [44], dado el tamaño, peso y poca eficiencia de las baterías de la época estos rápidamente fueron descartados retomándose hasta finales del siglo pasado en que la tecnología de las baterías era lo suficientemente eficiente. Un automóvil eléctrico tiene como principal ventaja, frente a los vehículos convencionales de combustión interna, la simplicidad del sistema motriz; no se necesitan complicadas transformaciones mecánicas con el uso de motores eléctricos, esto sumado a que el mantenimiento requerido es prácticamente nulo además de que casi el 90% de la energía utilizada se convierte en movimiento, es decir no presentan pérdidas mecánicas de energía importantes.

Aun considerando el calor producido por las baterías, tomándose éste como pérdidas de energía y considerando el escenario más contaminante en la obtención de la electricidad para la red doméstica, el auto eléctrico sigue siendo más eficiente frente al convencional de motor de combustión eléctrica o incluso frente a un híbrido.

El funcionamiento de un auto eléctrico es el siguiente: un controlador de corriente directa (también existen controladores de corriente alterna) toma la energía de las baterías y la entrega al motor, cuando se activa el pedal del acelerador, este engancha un par de potenciómetros los cuales proveen la señal al controlador de cuanta potencia es requerida, al igual que sucede con los híbridos, el motor eléctrico permanece sin energía cuando el auto está detenido en el tráfico.

Las desventajas que presentan los autos eléctricos es el precio inicial de compra, la falta de infraestructura en las ciudades para conectarlos y que aún ya teniendo una tecnología eficiente en las baterías, estas siguen siendo pesadas y con poca densidad de carga, aun así a largo plazo los autos eléctricos presentan importantes ventajas frente a sus contrapartes de motores de combustión interna. [45], [46], [47], [48]

Una tercera rama en automóviles con energías alternativas es el hidrógeno. Dicha tecnología continúa aún en desarrollo, aunque para el 2015 algunas de las grandes automotrices planean lanzar al mercado vehículos de pila de hidrógeno [49]. A pesar de ser unos de los elementos más abundantes en la naturaleza, el hidrógeno no es fácil de obtener en grandes cantidades, sin embargo presenta la ventaja de que es totalmente limpio al consumirse y genera agua como subproducto. Existen dos ramas en cuanto a vehículos con tecnología de hidrógeno se refiere: la primera presenta motores de combustión en los cuales el hidrógeno se quema de la misma forma que la gasolina en un vehículo convencional y los de pila de combustible, en los que el hidrógeno se convierte en electricidad y funcionan de la misma forma que los autos eléctricos. [50]

Los cambios en tecnologías más modernas y eficientes también deberán tener un impacto importante en la fabricación de arneses eléctricos. Cada nuevo vehículo que sale al mercado tiene como objetivo reducir costos, espacio y peso en el cableado interno; los ingenieros están

constantemente rediseñando el ruteo y las formas de conexiones más eficientes, sin embargo también se han estudiado tecnologías emergentes para el futuro cercano del área. Tres tecnologías se perfilan principalmente como la competencia al tradicional cableado de cobre: nanotecnología actualmente usada en aplicaciones militares con tubos de carbono, fibra óptica y circuitos impresos. Cada una de estas innovadoras formas de cableado aún se encuentran en etapas tempranas de investigación, si bien cumplen ya con la característica deseada de robustez y reducción de peso, aún son costosas, pero se espera que en poco tiempo se empiecen a usar en algunas aplicaciones en automóviles comerciales. [51]

3.2 Ford Motor Company

3.2.1. Orígenes

El primer registro que se tiene de venta de un auto por la Ford Motor Company está fechado el 15 de julio de 1903 a un dentista de Chicago, apenas un mes después de su fundación formal como compañía [52]. Esta venta representó una gran esperanza para los accionistas que naturalmente sentían temor ante los primeros pasos de la que se convertiría en una de las marcas más reconocidas alrededor del mundo.

Henry Ford nació en 1863 hijo de una pareja de granjeros de Michigan, EE.UU. Desde muy joven presentó una gran curiosidad por las maquinarias siendo reparador de relojes durante su adolescencia, para posteriormente convertirse en experto en el manejo de las máquinas de vapor tomando el empleo de ingeniero en la Edison Illuminating Company donde llegó a ser ingeniero en jefe lo que le proporcionó el dinero suficiente para sus propios experimentos con motores de gasolina construyendo, junto con un grupo de amigos, automóviles rudimentarios pero funcionales. Antes de la fundación de la Ford Motor Company en 1903 hubo dos intentos fallidos anteriores por parte de Ford de fundar una compañía de automóviles. [53],[54]

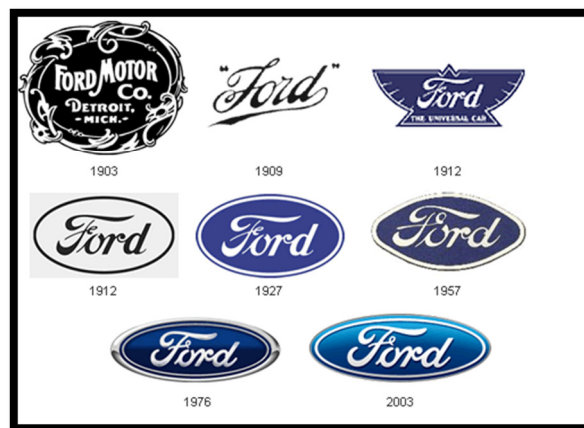


Figura 3.3. Logos usados por la compañía a lo largo de su historia

Fue el 16 de junio de 1903 cuando Ford y un grupo de 11 inversionistas firmaron los papeles de la naciente empresa con apenas \$28,000 USD en efectivo. En ese momento la compañía contaba con diez empleados, pero en un año la Ford Motor Company ya se estaría expandiendo más allá de las fronteras; en 1904 se incorporó en la ciudad de Ontario Canadá, la primera planta de la marca fuera de los Estados Unidos.

Los comienzos de la compañía fueron modestos, en sus inicios un auto era construido por tres hombres máximo utilizando materiales producidos por otras compañías. Entre 1903 y 1908 Ford utilizó las primeras 19 letras del alfabeto para nombrar sus automóviles, aunque algunos de sus modelos fueron meramente experimentales y no llegaron a salir al mercado. El primer gran éxito de la marca viene en 1908 con el modelo T.

En 1907 Henry Ford reunió a un grupo de sus mejores ingenieros para trabajar en el proyecto de un nuevo auto. La visión del nuevo modelo, proveniente directamente del mismo Ford decía que debía ser un auto ligero a bajo precio, con el motor más moderno, amplio kilometraje y construido con los mejores materiales. Según las propias palabras de Henry Ford "...debía ser lo suficientemente poderoso para los caminos americanos y capaz de llevar a sus pasajeros a cualquier lugar que un carro de caballos pudiera llegar sin que el conductor tuviera miedo de arruinar su vehículo". La idea era obvia pero no fácil de materializar. Después de meses de arduo trabajo y muchas innovaciones se consiguió un resultado tan bueno como se había planeado. Se experimentó con aleaciones de vanadio con lo que se consiguió ligereza, bajar el costo y mucho más fuerza, se elevó el chasis sobre las ruedas para evitar que se arrastrara al entrar a baches, algo muy común en los caminos tan accidentados de aquel entonces, el chasis fue diseñado de tal forma que si una rueda entraba en algún hoyo, las otras tres permanecieran en el pavimento, además de que permitía alojar a cinco pasajeros en vez de dos, como lo hacían la mayoría de los vehículos de la época, sumado a grandes mejoras en el sistema eléctrico y de transmisión.

Dada la gran demanda del modelo T (para principios de los años veinte representaría dos terceras partes de los vehículos totales de Estados Unidos) fue necesario cambiar el proceso de manufactura. Hasta ese entonces para armar un vehículo todas las piezas eran llevadas a un mismo sitio de la planta para que un grupo de alrededor de cinco personas lo ensamblaran. Ford ideó la primera línea de ensamble móvil; la nueva técnica permitía al trabajador permanecer en una misma posición realizando tareas repetitivas de ensamblaje mientras lo que se movía era el vehículo en cuestión. Esta es quizás la aportación más grande de Henry Ford a la industria automotriz. 19 años después del debut del modelo T se habían vendido 15 millones de autos alrededor del mundo. Dado el éxito obtenido en el negocio, Henry Ford pudo en 1914 aumentar el salario de sus trabajadores a \$5 USD con el propósito de que ellos también pudieran adquirir un auto de la compañía. Así mismo establecería la reducción del horario de trabajo de nueve a ocho horas diarias. [55], [56], [57], [58], [59]

3.2.2. Expansión

Durante los años posteriores al gran éxito del modelo T, que vio cesada su producción en 1927, se siguieron produciendo modelos globales exitosos, el auto que supliría al modelo T, sería un nuevo modelo A, el cual incorporaba una serie de mejoras tales como el cristal de seguridad en el parabrisas, siendo el primer auto en el mundo en contar con este sistema de seguridad de cristal laminado. Cuatro millones y medio de modelos A fueron vendidos solo en Estados Unidos. En 1932 llega al mercado el primer auto en el mundo con motor V-8, que desde entonces se convirtió en un ícono de los autos americanos de gran potencia.

Para el año de 1942, en plena guerra mundial, la Ford Motor Company dejaría a un lado el automóvil civil para enfocar todos sus esfuerzos de producción en el programa bélico del ejército de los Estados Unidos, se produjeron desde motores de aviones hasta tanques, jeeps y cualquier producto que fuera requerido para las fuerzas armadas. Henry Ford dejaría la presidencia de la compañía definitivamente al concluir la guerra.

Bajo la nueva dirección del nieto de Ford, Henry Ford II, la empresa tuvo algunos años difíciles durante la posguerra, pero finalmente lograría una transición exitosa de convertirse en una empresa meramente familiar hacia una compañía que exigía la búsqueda de talentos jóvenes para las posiciones líderes en la compañía aunque no perteneciera a la familia Ford. De esta forma la compañía seguiría innovando constantemente ya sea con nuevos productos o bien con mejoras que revolucionarían de una u otra forma el mercado automotriz.

En 1956 se introdujo por primera vez cinturones de seguridad en los asientos traseros, y panel de instrumentación acolchado opcional. Fue también en éste año que la compañía se convertiría en pública, es decir las acciones podrían ser vendidas y compradas. Fueron ofrecidas 10.2 millones de acciones en el mercado, siendo un total del 22% de la compañía. Ocho años después llegaría uno de los más grandes hitos en la empresa, el Ford Mustang, cuyo aspecto deportivo, gran potencia y dinamismo se convertiría en un éxito casi inmediato; el primer día de la producción se ordenaron alrededor de 22, 000 unidades.

Durante las décadas posteriores se continuaría la producción de modelos bien vendidos en el mercado, además de una marcada tendencia a la expansión abriendo plantas de ensamble alrededor del globo. También la compañía adquiriría importantes marcas globales que lo posicionarían como uno de los líderes del nuevo panorama globalizado de la industria automotriz; en 1975 la Ford Motor Company adquiriría el 25 por ciento de la Toyo Kogyo, el fabricante de Mazda®, en 1987 se compraba el 75% de Aston Martin® para absorberla totalmente en 1994, Jaguar Cars® fue adquirida por la empresa en 1990, mientras que en 1999 se adquiriría la legendaria marca sueca Volvo®. [60], [61], [62], [63]

3.2.3. Siglo XXI y One Ford

En 1999 de nuevo es un miembro de la familia Ford quien asume la presidencia de la compañía, William Clay Ford Jr., bisnieto de Henry Ford será el encargado de dirigir a la compañía hacia el siglo XXI. En el año 2003 se celebraban los 100 años de la fundación de la Ford Motor Company, sin embargo tres años después, la crisis hipotecaria de Estados Unidos que detonaría la crisis mundial del 2008 y el endeudamiento de la empresa pusieron en jaque el futuro de la compañía, ante esto Bill Ford declararía: “La bancarrota no es una opción” [64]. Se debía establecer urgentemente un plan de emergencia; en el 2006 se reportó la pérdida anual más grande de la historia de la empresa por 12.7 mil millones de dólares. La compañía anunció el cierre de 14 plantas en Norteamérica dentro de los siguientes 7 años y se vendieron múltiples subsidiarias como la Hertz Corporation® y otras marcas tales como Aston Martin®, Jaguar®, Land Rove®r y Volvo®.

Es el 5 de septiembre de 2006 Bill Ford anuncia el nombramiento de un nuevo CEO para la Ford Motor Company, se trata de Allan Mullaly, quien previamente había desarrollado una brillante carrera profesional en Boeign. En 2007 se comienza un programa de austeridad en el que se pone a la venta incluso el logotipo del *Blue Oval* que junto con parte del inventario de la compañía se recaudan alrededor de 23.5 mil millones de dólares para concentrar esfuerzos en la urgente reestructuración. Ford a diferencia de otras compañías manufactureras no acepta el rescate financiero del gobierno.

Se lanza así el plan global *One Ford* que conjunta los principios de la empresa en tres enunciados: *One Team*; gente trabajando en conjunto, *One Plan*; reestructuración agresiva para operar rentablemente en la demanda y un desarrollo acelerado de nuevos productos y *One Goal*; un crecimiento con ganancias para todos. El objetivo es que la compañía globalice sus productos con mismos componentes para alcanzar de nuevo la rentabilidad. El plan de Mullaly es un éxito, para el 2009 Ford alcanza utilidades por 2.7 mil millones de dólares, siendo éste el primer año con ganancias desde el inicio de la crisis. [65], [66], [67]

4. Descripción del puesto de trabajo

La complejidad técnica que representa el diseño, manufactura y producción de un automóvil obliga a crear múltiples divisiones de ingeniería muy específicas para cada área, dividiendo primeramente en módulos generales hasta llegar al componente. Se mostrará la composición de las áreas de la empresa en el organigrama para posteriormente desarrollar las áreas específicas de ingeniería hasta llegar al diseño del arnés, el cual tienen un papel fundamental para el puesto que desempeña como ingeniero 2D de planos para la manufactura.

4.1. Organigrama

En la figura 4.1 se muestra la estructura general de Ford de México antecedida por los eslabones superiores directos hasta llegar al Director Ejecutivo (CEO por sus siglas en inglés). La organización de Ford mundial se compone de eslabones complejos los cuales se omitirán para los fines de éste reporte.

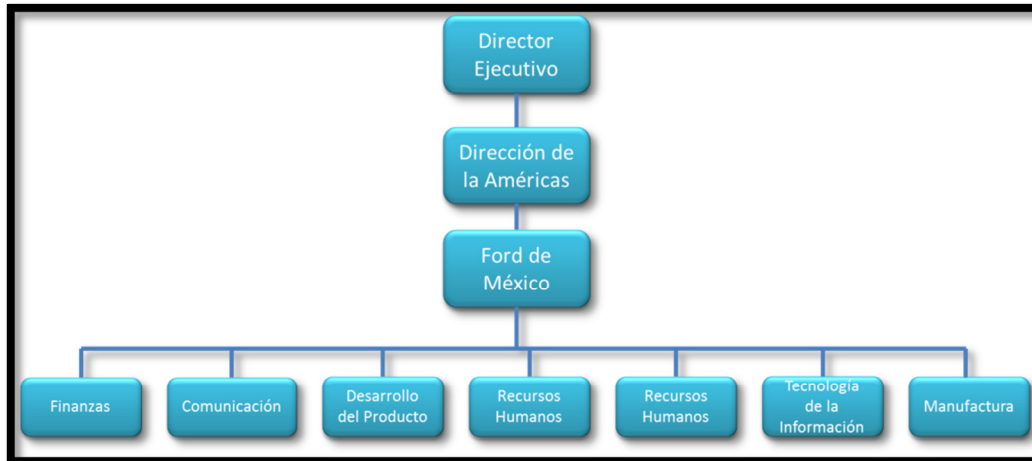


Figura 4.1 Organigrama

El área encargada de la ingeniería automotriz es Desarrollo del Producto (PD por sus siglas en inglés). Es aquí donde se localiza el departamento eléctrico que se explicará a mayor detalle en la sección 4.3.

Dada la disposición de las áreas que conforman a la compañía, el desarrollo del vehículo se debe adaptar de la misma manera a una estructura dinámica que no solo involucre la definición de roles y responsabilidades sino también de tiempos y etapas.

4.2. Sistema Global de Desarrollo del Producto

El proceso de diseño, manufactura y fabricación total de un automóvil en la Ford Motor Company se le denomina Sistema Global de Desarrollo del Producto (GPDS por sus siglas en inglés). Es aquí donde se establecen los tiempos y etapas por las que atravesará el proceso de la creación de un automóvil, desde su diseño, prototipado y pruebas hasta la producción en masa siempre yendo de la mano con los esquemas de validación y verificación manejados en la compañía.

Por cuestiones de confidencialidad no es posible mostrar ni los esquemas ni la distribución general del GPDS, sin embargo se explicará su importancia.

El objetivo del método estructurado del GPDS es definir y establecer los pasos necesarios para el desarrollo y lanzamiento de un vehículo; la finalidad de tener éste esquema es que todas y cada

una de las partes involucradas en el desarrollo del producto estén conectadas y comunicadas trabajando en conjunto para llegar con tiempos bien establecidos a las metas de calidad planteadas, es desde luego necesario el alineamiento de los proveedores con dicha estructura.

El esquema del GPDS nace en 2005 bajo la necesidad de la creación de una estructura global que incorporara las mejores prácticas en el desarrollo de un producto, sin embargo es una estructura dinámica que permite añadir las lecciones aprendidas con cada nuevo producto renovándose en sus métricos y etapas.

Para que el proceso del desarrollo de un producto funcione es absolutamente necesario dividirlo en múltiples etapas que todo el equipo global de Ford deba conocer. Partiendo de un esquema muy general sobre el camino que sigue un automóvil desde su concepción hasta que llega a las manos del cliente, se pueden establecer los pasos definidos en la figura 4.2.

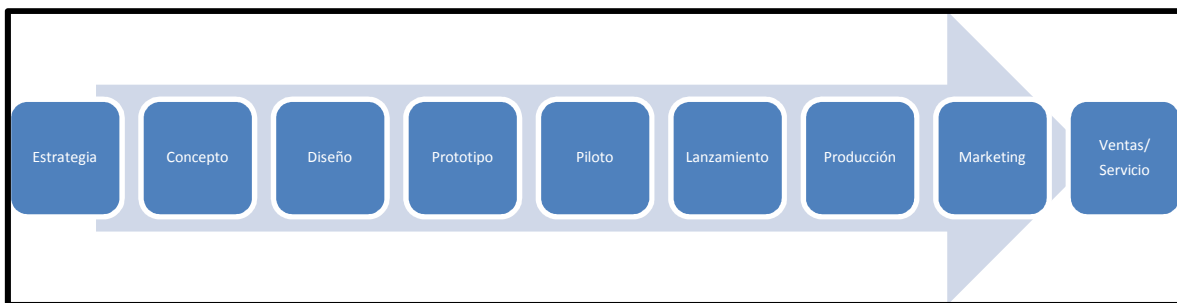


Figura 4.2 Etapas de desarrollo del vehículo

Se entiende primeramente como estrategia la serie de estudios sobre la factibilidad de introducir un nuevo año/modelo de un automóvil ya existente, una nueva marca o submarca, mercados a los que estará dirigido, necesidades que se cubrirán, entre otros. Una vez que se ha definido el destino de esta idea, se procede a realizar conceptos de lo que será el nuevo producto, en estas dos etapas tempranas ingeniería aún está a la espera de entrar en el campo de acción. Es hasta que el concepto ha sido definido que se procede al diseño del nuevo vehículo, a partir de aquí, el departamento de ingeniería liderará los siguientes pasos, tratándose de un proceso cíclico y reiterativo. Una vez que las subetapas del diseño han sido concluidas se procede a construir los primeros prototipos. Ésta es una fase de gran trabajo tanto para ingeniería como para los proveedores; a pesar de que muchos de los prototipos de las diferentes partes del automóvil se llevan a cabo dentro de Ford, en otros casos serán los proveedores quienes construirán las partes finales. El lanzamiento se refiere al proceso de dejar el vehículo listo para la producción en masa en la planta de ensamble e implica una gran cantidad de actividades de equipo entre ingeniería y manufactura. Una vez que la producción está en proceso comienza el trabajo para el departamento de marketing encargado de promocionar el producto al público. Posterior a lo ya descrito, el automóvil estará listo para salir al mercado, ahora será ventas el encargado de llevar el vehículo hasta las manos del cliente, en esta etapa se le da seguimiento a posibles problemas que se puedan presentar, garantías y servicio requerido por los clientes.

El GPDS está regido por una serie de metas que tienen cierto tiempo asignado, según el programa, para ser entregadas. Estas metas o entradas pueden ser divididas en tres grandes grupos:

- *Prototype Gateways*
- *Build Gateways*
- *Engineering Gateways*

Estas tres entradas o *gateways* no son consecutivas, sino que a su vez tienen subetapas las cuales están repartidas a lo largo del GPDS, son regidas por los *Vehicle Milestones*, las cuales son los eventos que van marcando para todas las partes involucradas las entregas en los tiempos adecuados.

Los prototipos de los *Prototype Gateways* son entregables en diferentes tiempos del GPDS, es decir, no solo existe una única etapa de prototipos, es según el esquema de fases en que el prototipo entregado tendrá diferentes propósitos. Por ejemplo, las primeras entregas servirán para probar la parte del *Power train* (componentes generadores de potencia explicado en la sección siguiente) únicamente, mientras en etapas más avanzadas se tendrán calibraciones y solución de problemas en fases previas.

Los *Build Gateways* deben ser productos terminados, no deben estar sujetos a futuras calibraciones, el monitoreo de las partes debe estar completado así como los documentos industriales. Dependiendo de la fase en que se encuentre el entregable se tiene por ejemplo: determinación de herramientas y equipo, mediciones de la capacidad y volúmenes de producción.

Finalmente los entregables de ingeniería para los *Engineering Gateways* comprenden la conclusión y revisión de diseños, pruebas completadas y problemas de verificación resueltos.

El GPDS es monitoreado con una serie de documentos, herramientas de software y bases de datos que los distintos equipos de trabajo van llenando a lo largo del programa. Se cuentan con listas de control con diferentes escalas de aprobación para evitar que se estén omitiendo pasos. Todo esto se conjunta en una herramienta de software maestra que va siguiendo paso a paso el proceso de las entregas durante todo el programa.

El área eléctrica se ve afectada y estructurada en torno a las necesidades de tiempos e interacciones definidas por el GPDS. La localización específica del área eléctrica en el espacio de PD se explicará en la siguiente sección.

4.3. Área eléctrica y arneses

4.3.1. Enfoque y localización del área

La división de los equipos de trabajo en la compañía obedece a la búsqueda de la simplificación de los procesos, cada área tiene asignada una parte específica del automóvil, para esto se requieren ingenieros especializados en componentes, procesos o desarrollos de partes. Se tienen una gran cantidad de divisiones dentro del área de PD, equipos distribuidos en varias plantas y países,

conexiones con proveedores y un sinnúmero de módulos por cada división de las tareas que finalizarán en la creación de un nuevo vehículo.

La división más general en que se componen los equipos de trabajo tiene tres partes:

- **Upper body:** se considera todas las partes comprendidas por el *sheet metal*, ornamentación externa y el interior del vehículo, es lo que está más cercano al cliente.
- **Under body:** se compone de la plataforma y de los componentes estructurales y de seguridad. Está constituido por el *chassis*, cuerpo estructural del vehículo, cableado, módulos electrónicos, etc.

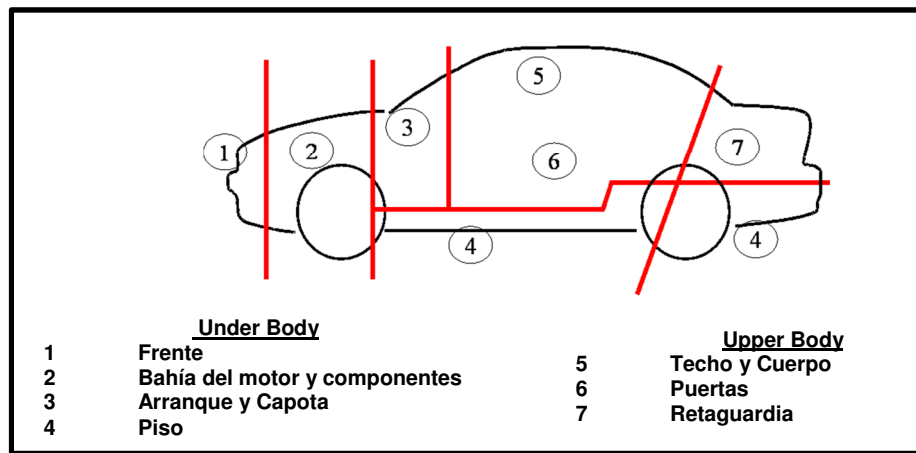


Figura 4.3 Localización en el vehículo del Under Body y Upper Body

- **Powertrain:** se refiere a los componentes del automóvil generadores de potencia y los encargados de entregarla en forma de movimiento. El principal elemento del *Powertrain* es, desde luego, el motor pero también se incluyen la transmisión, diferenciales y las ruedas del vehículo.

Esta división general acoplada con el GPDS se le asigna una escala según el programa del año/modelo del vehículo de acuerdo al grado de cambio en el producto; en las primeras fases del GPDS se define que tanto cambiará respecto a año/modelos anteriores. Así quien obtiene el mayor cambio es *Upper body*, cuya mayoría de elementos son totalmente nuevos. El *Under body* obtiene un menor número de cambios; algunos elementos serán *carryover* (traspasos de programas pasados), mientras que otros deberán ser diseñados totalmente desde cero. Por último y con un grado muy bajo de cambios está *Powertrain* que en la mayoría de los casos se utilizan el sistema de poder de modelos anteriores.

Dados los muy variados módulos de que se componen estas tres divisiones del automóvil, se han creado en total 8 Equipos de Módulos de Programas (PMTs por sus siglas en inglés) para facilitar el trabajo enfocándose en áreas más específicas. Es aquí donde podemos ubicar a mayor detalle el área eléctrica dentro del esquema de PD. Los 8 Global PMTs dentro de la Ford Motor Company son los siguientes:

- *Body exterior*
- *Body Interior*
- *Body Chassis*
- *Powertrain*
- *Electrical*
- *Hybrid*
- *Vehicle personalization*
- *Global Manufacturing*

En la figura 4.4 se muestra el diagrama de PMTs en la compañía. Por cuestiones de confidencialidad no es posible mostrar a detalle las subdivisiones de los mismos.

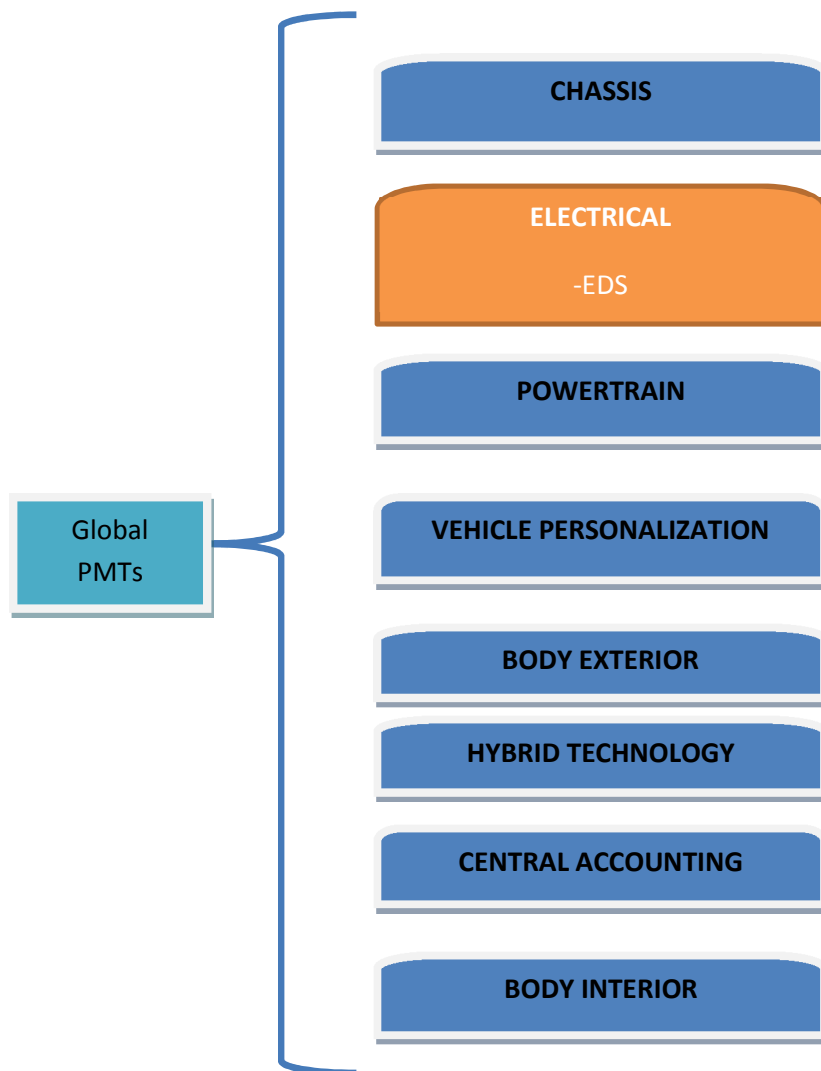


Figura 4.4 Global PMTs

El área eléctrica, en la cual ocupó el puesto de ingeniero 2D, es un PMT dentro del esquema global de Ford, esto quiere decir que se trata de un equipo agrupado por categorías similares cuyo objetivo es entregar modelos funcionales que cumplan con las metas de costo, tiempo y calidad requeridas. Dicho PMT se alinea con el GPDS y a pesar de ser un ente independiente se encuentra en un contacto estrecho con el resto de los PMTs además de ser un área con una gran colaboración con diferentes proveedores tales como Conduumex®, Delphi®, Yazaki®, entre otros.

El área eléctrica es un singular caso de trabajo multidisciplinario, la distribución eléctrica se da a lo largo y ancho del automóvil; el envío de señales al área del motor (*powertrain*), los sensores ubicados en múltiples posiciones del vehículo, luces internas, faros, localización del cableado dependiendo del *sheet metal*, son solo algunos ejemplos de la amplia colaboración que se da en el *Electrical PMT* con el resto de los equipos que conforman un programa. Enfocando a mayor nivel de detalle, en la figura 4.5 se muestra el diagrama de la distribución de los equipos en el área eléctrica, se conservan los nombres en inglés al tratarse de nombres propios de los departamentos globales.

El Sistema de Distribución Eléctrica (EDS por sus siglas en inglés, está compuesto únicamente por el equipo del *EDS Wiring Assembly & Components*. Es el área encargada de las conexiones a través del automóvil de los diferentes módulos eléctricos/electrónicos por medio de arneses. El “arnés eléctrico” dentro de la terminología de la industria automotriz se refiere al cableado de una serie de módulos electrónicos, incluye físicamente los cables, conectores, terminales, sujetadores, *grommets*, y cualquier otro componente necesario para la transmisión eléctrica a lo largo del automóvil. Por practicidad es conveniente dividir el cableado de un vehículo en varios arneses, si bien es posible que se cuente con un único arnés para todo el automóvil (históricamente se ha llevado a la práctica), tanto la alta probabilidad de tener errores en el diseño, problemas técnicos (caídas de voltaje) como la dificultad de manufactura y ensamblaje de un cableado que se adapte a todo el automóvil hacen que la forma más fácil y práctica para la alimentación y la transmisión de señales eléctricas sea dividir el cableado total en diferentes arneses para las diferentes áreas y funciones del vehículo.

Además del soporte del área eléctrica para la planta de ensamblaje, Ford de México cuenta con un equipo de diseño EDS en su departamento de PD que trabaja globalmente con otros equipos de diseño y ensamblaje alrededor del mundo, ya que a pesar de que la planta de Cuautitlán cuenta con modelos globales, el departamento de PD México no solamente se enfoca en dichos programas sino que diseña productos que son ensamblados en diferentes localidades alrededor del mundo. Un ejemplo de programas globales es en el cual me encuentro laborando la camioneta Edge®; el diseño eléctrico se lleva a cabo paralelamente entre PD Cuautitlán y PD Dearborn EE.UU., mientras que el vehículo se ensambla en Ontario Canadá.

4.3.2. Interacción con otras áreas

Para que un sistema pueda ser catalogado como tal es imprescindible que se relacione con otros sistemas, si se considera al área de diseño eléctrico como un sistema, necesariamente debemos ubicarlo en un entorno en que los subsistemas tengan entradas y salidas, ya sea de información o materiales dando seguimiento a un orden específico (GPDS) que está soportado por una serie de documentos internos y externos que van marcando los tiempos y el funcionamiento de las distintas partes.

Deben ser considerados en el flujo hacia otros sistemas o áreas de trabajo ciertos márgenes de error que siempre en la práctica existirán de una u otra forma. Es deber de los ingenieros que diseñan los programas observar y llevar al mínimo dichos errores en cada iteración. Una vez considerados los errores potenciales como re-trabajos entre los distintos departamentos es posible elaborar un mapa del funcionamiento de las distintas áreas de ingeniería. En la figura 4.6 se muestra el diagrama que explica de manera general el flujo de proceso en el departamento de diseño de producto.

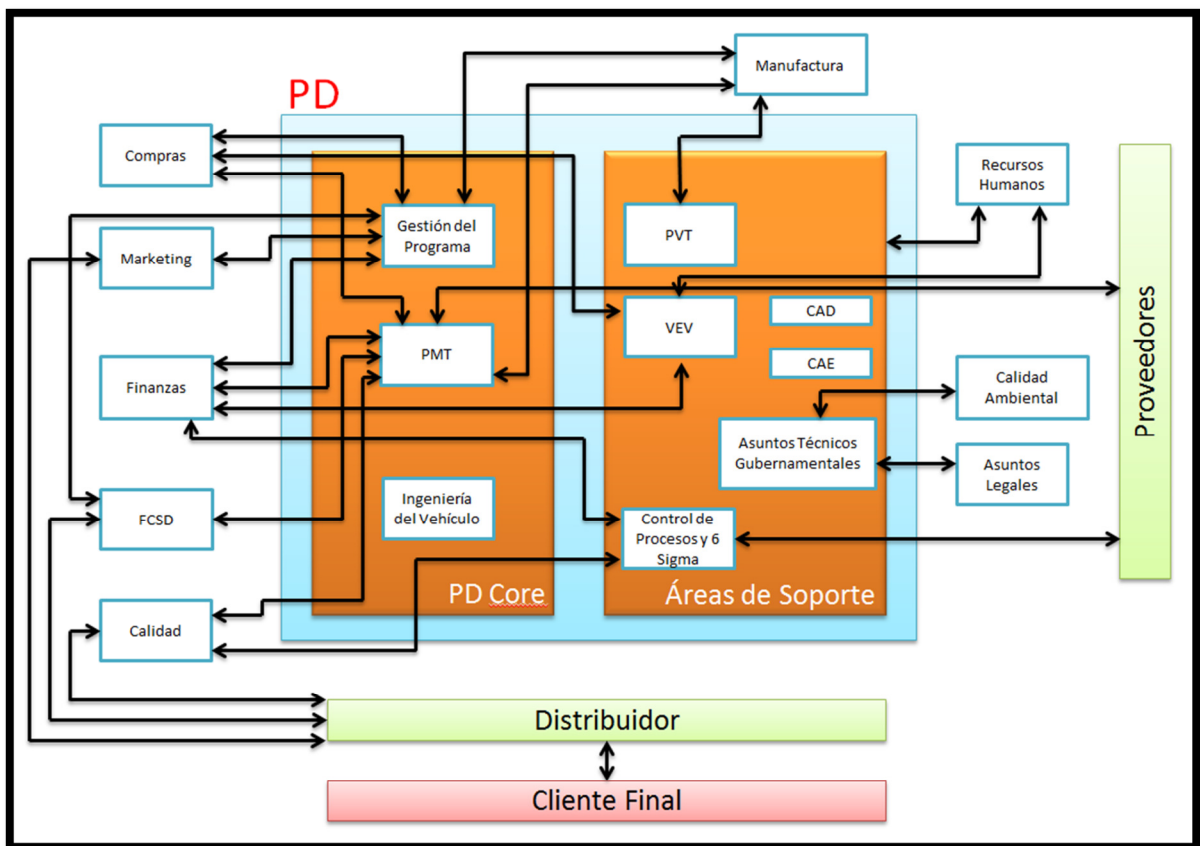


Figura 4.6 Diagrama de Flujo PD

En la zona más interior del diagrama se encuentra Desarrollo de Producto o PD, es esta área la encargada de llevar toda la ingeniería necesaria en la creación y desarrollo de un nuevo automóvil.

Sin embargo, para que el vehículo pase de un mero diseño a un producto manufacturado, se requiere de la interacción de PD con otras áreas de la compañía y con proveedores externos, a continuación se describirán dichas áreas y sus interacciones en el proceso.

- Compras. El departamento de compras es el encargado de buscar a los proveedores que presenten los mayores beneficios para la compañía. Se debe tomar en cuenta calidad, cantidad, tiempos y alineación con las políticas empresariales.
- Marketing. Ubica las necesidades del mercado al que irá dirigido el nuevo vehículo y lleva a cabo las campañas para promocionarlo.
- Finanzas. El departamento de finanzas está encargado de llevar a cabo tanto el análisis de la situación económica de los mercados como de mantener el control de las distintas áreas en cuestiones monetarias. Entre sus principales funciones se encuentran monitorear continuamente el progreso financiero del programa contra el plan original y realizar los ajustes necesarios, evaluar las metas financieras del programa y comunicar los detalles de los objetivos financieros a los diferentes equipos en la compañía.
- División Ford de Servicio al Cliente (FCSO por sus siglas en inglés). Este departamento es el encargado de entender las necesidades del cliente después de que el vehículo fue adquirido y atenderlas con la mayor calidad posible; se encarga de brindar servicio periódico y mantenimiento preventivo a los automóviles, reparaciones debido a fallas y accidentes y el suplemento de partes y accesorios en el lugar, tiempo y precio correcto.
- Calidad. Es el departamento encargado de que se sigan los lineamientos de calidad del producto y procesos conforme a un plan inicial que tomará en cuenta diversos factores tales como tiempo, costos, satisfacción del cliente, procesos de manufactura industrial entre otros. Se trata de uno de los equipos más grandes y diversos de la compañía ya que dan seguimiento y soporte a un gran número de áreas de trabajo.
- Manufactura. El trabajo de esta área se encuentra en las plantas ensambladoras de la compañía. Se dedica a la transformación de materias primas o productos subensamblados (como los tableros), en un producto final para el cliente, en este caso el automóvil. Existen una gran variedad de procesos en las plantas armadoras, un parte llevada a cabo por robots industriales pero otro tanto ensamblado manualmente por trabajadores. Trabaja a la par con ingeniería.
- Recursos Humanos. Es el departamento administrativo encargado de la gestión de personal en la compañía; trata y resuelve cualquier asunto relacionado con la contratación, sueldos, despidos y cualquier otra actividad relacionada con los trabajadores.
- Calidad Ambiental. Establece las políticas de cuidado al medio ambiente ya sea por restricciones gubernamentales o por propias políticas internas de Ford.
- Asuntos Legales. Se encarga de revisar y hacer cumplir con todas las regulaciones gubernamentales y asuntos legales que afecten a la empresa.

De la misma forma, el flujo continúa internamente en PD mediante la interacción de distintos subsistemas del mismo:

PD Core. Es donde se lleva a cabo la mayor parte del diseño y planeación del producto.

- **Gestión del Programa.** Se encarga de mantener el control de los tiempos, documentos y entregas de los diferentes equipos de ingeniería. A pesar de que el GPDS debe ser conocido por todos y cada uno de los ingenieros, las gerencias y líderes de equipo deben tener una especial atención en que los recursos se estén administrando correctamente para el cumplimiento de las metas establecidas conforme al plan inicial.
- **Equipos de Módulo del Programa eléctrico (PMT por sus siglas en inglés)** Cada uno de los módulos de trabajo en que está dividido el equipo, son las áreas especializadas en ciertos componentes del producto y los cuales son los encargados del diseño y liberación de las partes.
- **Ingeniería del Vehículo.** Se encarga de llevar a cabo cálculos, simulaciones y pruebas necesarias para validar el diseño. Algunos de sus módulos son Ruidos, y vibraciones, dinámica del vehículo, seguridad, aerodinámica, rendimiento y economía de combustible, peso, clima, entre otros.

Áreas de Soporte. Se encarga de la ingeniería de soporte necesaria para las áreas de PD Core.

- **Equipo del Vehículo en la Planta (PVT por sus siglas en inglés)** Es el área de ingeniería encargada de garantizar que los procesos de manufactura sigan las especificaciones de diseño, así como la resolución de problemas en la planta de ensamblaje. A pesar de ser un área cuyo trabajo principal se lleva a cabo en la planta es también responsable de documentar todos los procesos y acciones llevadas a cabo en el diseño para que en futuros *milestones* sean tomados en cuenta como lecciones aprendidas.
- **Evaluación y Verificación del Vehículo (VEV por sus siglas en inglés)** Se encarga de dar el soporte necesario en la ingeniería de pruebas y la documentación de las partes.
- **Control de Procesos y 6 Sigma.** Es el equipo encargado de vigilar que se sigan las metodologías de diseño en los procesos de ingeniería y manufactura. 6 Sigma es una de las herramientas de control de procesos usadas dentro de la compañía para la reducción de errores con la ayuda de herramientas estadísticas.
- **Diseño Asistido por Computadora (CAD por sus siglas en inglés).** Se refiere a todo el diseño 2D o 3D realizado por medio del software especializado. Se modelan todas las partes del automóvil en 3D además de la creación de planos de las mismas.
- **Ingeniería Asistida por Computadora (CAE por sus siglas en inglés).** Se refiere a las simulaciones y pruebas llevadas a cabo con ayuda de software especializado en dichas tareas. Se usa para predecir el comportamiento de ciertas partes sin la necesidad de pruebas físicas que implican grandes costos y tiempos.
- **Asuntos Técnicos Gubernamentales.** Estudios de ingeniería de toda la reglamentación en lo que respecta a conceptos técnicos, como bolsas de aire, frenos, materiales, etc.

Cabe aclarar que un ingeniero puede tener diferentes tareas en diferentes áreas de PD, un ejemplo es que el ingeniero encargado de llevar a cabo la dirección del seguimiento de la metodología 6 Sigma esté trabajando en otra área dentro del equipo de calidad o conectores, por

mencionar algunas, sin embargo es siempre necesario realizar una división de tareas para llevar a cabo un mayor control y seguimiento de procesos. Así el flujo de información y las distintas tareas se realizan de la siguiente forma dentro del área de Ingeniería en Ford:

Dentro de los *PMT Core Teams* se lleva a cabo la planeación del programa así como la definición de tiempos y etapas que éste llevará, se decidirá que partes serán *carry over* y cuales deberán ser nuevos diseños, lo anterior es administrado por el equipo de Gestión del Programa quien lleva el control de todo lo que se hace en PD, se administran los tiempos y se liberan documentos, para esto se requiere al equipo de Ingeniería del Vehículo, quien será el encargado de la validación técnica de las partes y en general del producto. Estos tres equipos conforman el *PD Core Team*.

El equipo de Gestión del Programa, en su papel administrativo recibe la información del mercado objetivo del área de Marketing y a su vez negocia cuales son las características técnicas factibles para el nuevo diseño, además de proporcionar a marketing información de ingeniería que sea útil promocionar. También entra en un flujo constante de información con el equipo de FCSD, quién le proporcionará los datos de las condiciones de los vehículos una vez que salieron al mercado y el equipo de Gestión del Programa administrará las áreas de PD encargadas de su solución, contando, desde luego con una gran comunicación con el área de finanzas en la administración de recursos y costos para el nuevo modelo, dichos movimientos de dinero generarán las compras a proveedores del cual el departamento de compras será el encargado. De la misma manera organizará el contacto con la gerencia de la planta enviando y recibiendo información sobre las necesidades y requerimientos de diseño con manufactura.

El equipo de PMT es el núcleo de ingeniería del programa en PD. Aquí se toman las decisiones más importantes de diseño y pruebas (apoyado por Ingeniería del Vehículo), reducciones de costos (finanzas), proveedores de partes por medio del departamento de compras y proveedores de los denominados *Full Service Supplier*, quienes llevan a cabo diseño y manufactura total de ciertos elementos del vehículo, como el *cluster*, software para componentes eléctricos como el Sync™, entre otros; así mismo es el encargado de la validación y comprobación de los estándares de calidad planteados al inicio del programa, por lo cual lleva una estrecha relación con el departamento de Calidad, además de dar el banderazo de salida a la producción en manufactura. Una vez que el programa ya pasó la etapa de producción en masa estará en constante retroalimentación con FCSD para llevar a cabo ciertos ajustes mayores (los denominados *recalls* o un ajuste de medio ciclo de vida o *Mid Cycle Action*).

Dentro de las áreas de soporte al programa en ingeniería tenemos primeramente al equipo de Asuntos Técnicos Gubernamentales, quien al inicio del programa analiza el panorama legal para el nuevo modelo (en cuestiones técnicas). Durante la etapa de diseño y pruebas, los equipos CAD-CAE junto con Ingeniería del Vehículo son los que generarán primero los diseños de prototipos y posteriormente los diseños finales que irán a proveedores o al área de manufactura, cuyo enlace Ingeniería-Planta son el equipo de PVT, quienes se encargarán de resolver en el campo de acción cualquier problema que pudiera presentarse y proponer soluciones, ya sea temporales o

definitivas en el diseño. Dentro de todo esto el equipo de Control de Procesos y 6 Sigma vigila que se estén cumpliendo con los parámetros de diseño adoptados por la compañía.

Externamente a PD, una vez que el vehículo ya pasó por las etapas de producción en masa dentro del esquema del GPDS, son los equipos de Marketing, FCSD y Calidad los que intercambian información con las agencias para que el vehículo llegue al cliente final en la búsqueda constante de rebasar sus expectativas.

4.4. Antecedentes y entrenamiento para el puesto

Para el puesto en el cual me encuentro laborando es requerida una capacitación en las áreas clave para el desarrollo del trabajo; esto es conocer el panorama general de las diferentes áreas de ingeniería de la compañía con los cuales se tendrá alguna relación en el flujo de procesos, el adiestramiento en la base de datos global de las piezas y partes del automóvil que se ven afectadas en el diseño de los arneses además del entrenamiento en el software de diseño 2D.

4.4.1. FTEPs

Ford ofrece una variedad de cursos en línea diseñados en la compañía para agilizar el entrenamiento de los ingenieros tanto en el trabajo específico como en las áreas relacionadas y los procesos y sistemas internos. El área de Desarrollo de Producto maneja campos diversos y una cantidad importante de información que muchas veces no es posible conocer a su totalidad ni seguir detalladamente el flujo del diseño en los diferentes departamentos, es por lo anterior que se han creado cursos del *Ford Technical Education Program* (FTEP) para las distintas herramientas utilizadas en el trabajo diario. Tales cursos se enfocan principalmente en las distintas metodologías de diseño y aseguramiento de calidad en la compañía con una visión técnica especial para el departamento de ingeniería.



Figura 4.7 Logo del Ford Design Institute®

4.4.2. Capital Harness XC®

El software usado por la compañía para el diseño de arneses es Capital Harness XC®, el cual forma parte de un serie de módulos de diseño en cableado eléctrico. Fue desarrollado por la compañía Mentor Graphics® especializada en el desarrollo de herramientas EDA (Automatización de Diseño Electrónico por sus siglas en inglés). Sus principales características son:

- Dimensionamiento automático completo del arnés
- Base de datos integrada de componentes y materiales
- Selección sugerida de terminales y sellos
- Selección automática de componentes
- Seccionamiento de ramales para el cálculo de diámetros
- Cálculo de longitudes
- Generación de reportes de materiales, circuitos, conectores, entre otros.

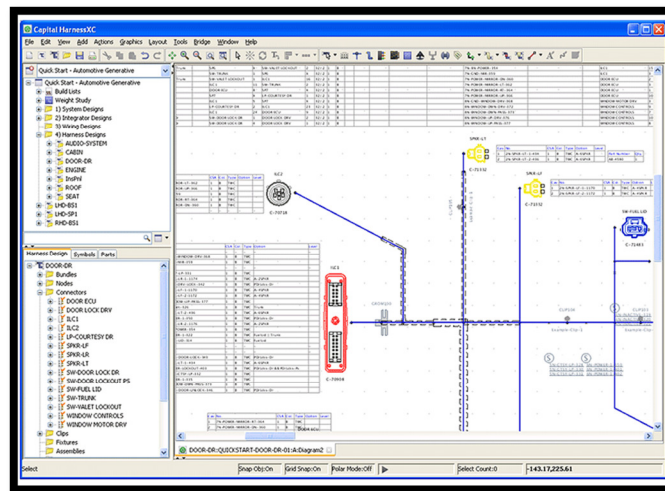


Figura 4.8 Entorno de trabajo de Capital Harness XC®

El aprendizaje del manejo del software en el departamento de 2D se establece mediante un compendio de métodos creados por el propio equipo y aprobados como documentos oficiales por la oficina central de Dearborn.

4.4.3. Teamcenter®

Teamcenter® es un software desarrollado por la compañía alemana Siemens® con el propósito de funcionar como el administrador de diversas herramientas de ingeniería usadas en el diseño y desarrollo del producto. En el área eléctrica y particularmente en 2D se utiliza Teamcenter® como un visualizador para el diseño de arneses 3D, consulta de partes y en general para acceder a los diseños CAD de cualquier parte del automóvil que se verán afectados por el ruteo de los cables.

Es en Teamcenter® donde varios de los equipos relacionados con el cableado eléctrico tienen un espacio para discutir y analizar los diferentes problemas que se puedan presentar al momento de la toma de decisiones sobre el arnés en el que se esté trabajando. Aquí se visualizan los *retainers* diseñados por el equipo de 3D en Catia® y se establecen las orientaciones en las vistas y secciones que irán en el plano, también es de gran utilidad al momento de decidir sobre qué tipo de encintado llevará una sección del arnés; fácilmente se puede visualizar las zonas del automóvil por las que pasará el cableado, de esta forma se decide si necesitará protección especial como un

shield, tubos, cintas espiral, etc. Es de aquí donde también se obtienen algunas vistas especiales para sub-ensambles poco obvios que ayudarán en la manufactura.

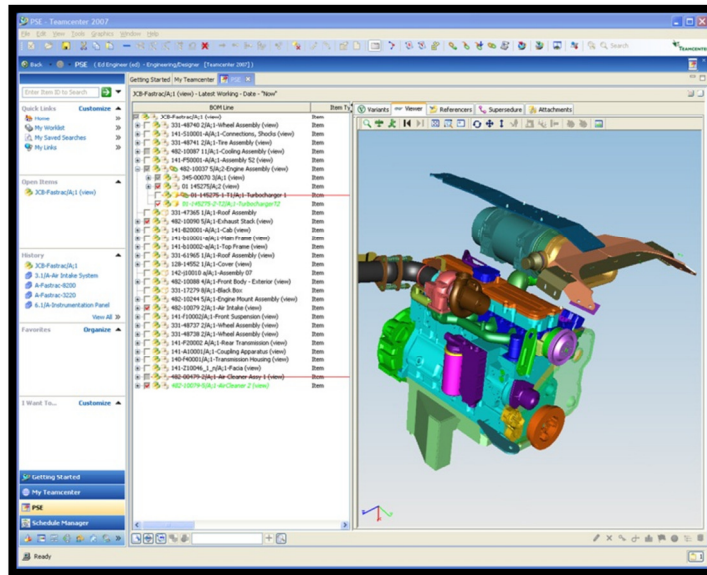


Figura 4.9 Entorno de trabajo de Teamcenter [83]

Existe un entrenamiento para el uso de Teamcenter dentro de PD, es enfocado a todo el departamento de EDS y es requerido como una herramienta básica de uso de cualquier ingeniero del área en Ford.

4.5. Arnases en 2D

4.5.1. Rol del ingeniero de arneses 2D

El puesto que desempeño en la compañía es el de Ingeniero de Arnases 2D, es decir el ingeniero encargado del diseño de los planos del cableado para que un proveedor lleve a cabo su manufactura. Se denomina al área como 2D debido a que es responsabilidad del equipo hacer el traslado del dibujo CAD en 3D a un plano técnico con acotaciones, medidas, notas, y símbolos predefinidos con manufactura para que puedan ser interpretados por los trabajadores de las plantas de arneses del proveedor. Previamente se han establecido estándares y normas para un entendimiento entre los ingenieros de Ford y sus proveedores. El intercambio de información se establece cuidadosamente siguiendo protocolos de confidencialidad en cuanto a la documentación e información del programa que se intercambia con las plantas.

El diseño y creación de planos se lleva a cabo como un trabajo de equipo entre los diferentes PMTs del área. El equipo de EDS se especializa en toda la parte eléctrica del automóvil, y el área de cableado es la encargada de la distribución de la electricidad a través de los arneses. A pesar de ser un PMT muy específico requiere de la misma forma una división de varios equipos de trabajo que se encarguen de responsabilidades tales como 3D, circuitería, esquemáticos, etc.

En la figura 4.10 se muestra un diagrama general del flujo de trabajo para el área de Arnese 2D.

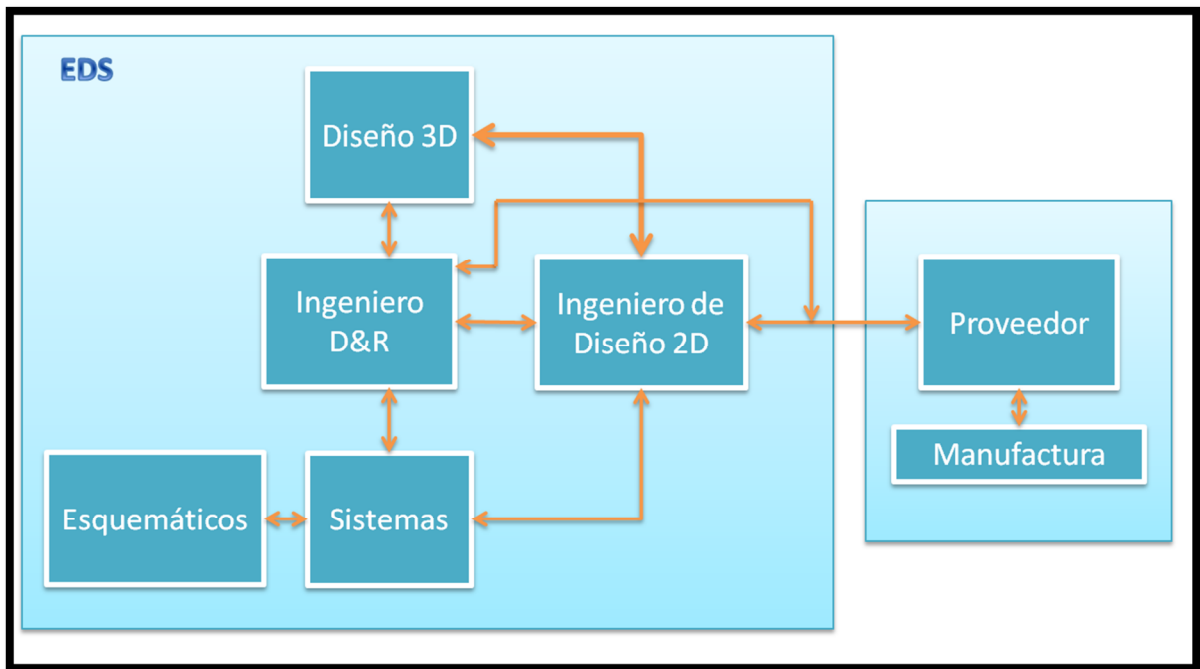


Figura 4.10 Diagrama de Flujo para el PMT de EDS

Una vez que la Gestión del Programa del Core Team (figura 4.6) ha definido las especificaciones particulares del programa de acuerdo al GPDS en cuanto a fechas, costos, y estructura general, la primera entrada de información al equipo de cableado es la información sobre el número de versiones que el auto tendrá, las regiones aplicables (diferentes versiones para diferentes mercados alrededor del mundo), módulos eléctricos/electrónicos con los que contará, número de arneses, información del Sheet metal entre otros, con los cuales paralelamente el equipo de Diseño 3D y Esquemáticos comenzarán su trabajo.

El equipo de ingeniería 3D se encarga de diseñar los modelos por medio de un software de CAD de la circuitería, conectores, clips, *grommets* y cualquier otro aditamento requerido para tener una visualización de un modelo en tercera dimensión de la distribución de los arneses. Es también su responsabilidad mantener actualizada la librería interna de los componentes Ford para que cualquier otro ingeniero de la compañía pueda visualizarlos. Por otro lado el equipo de Esquemáticos se encarga de la generación de planos que reflejan la interacción de los circuitos entre los diferentes arneses, ellos son los encargados de definir los voltajes, tierras y analizar si se requerirán un nuevo diseño de los arneses o podrán ser usados de programas anteriores (los llamados *carry over*).

Una vez que el equipo de 3D tiene los diseños definidos con toda la documentación requerida y liberada, el ingeniero D&R (ingeniero de Diseño y Liberación, por sus siglas en inglés) y 2D se encargan del siguiente paso. El ingeniero D&R es el responsable de la coordinación del desarrollo

de los arneses. También tiene bajo su cargo la responsabilidad de cuidar la calidad y la optimización de peso/costo en el programa así como darle seguimiento a la manufactura de los mismos.

El ingeniero 2D se encarga en ésta fase de transformar los archivos generados por el ingeniero 3D a un modelo de 2D, es decir construye el plano siguiendo la forma dada por el modelo CAD de tal manera que su distribución sea lo más parecida a como se llevará a cabo la manufactura además de generación de vistas y secciones necesarias para que manufactura no tenga problemas al momento del armado. Más adelante se explicarán con mayor detalle estos procedimientos. Una vez que la retroalimentación entre el ingeniero D&R, ingeniero 2D y diseñador 3D ha concluido satisfactoriamente, el ingeniero D&R genera la tabla de complejidad. Dicho documento es la compilación de todas las opciones disponibles para el vehículo, es decir se trata de una matriz en la cual se puede consultar qué equipamiento llevarán las diferentes versiones del automóvil; teniendo como guía la versión más equipada se sigue esta para hacer el plano maestro o composite y a partir de él se generan los planos hijos o derivados que serán las versiones menos equipadas.

Mientras tanto el ingeniero de sistemas o *Systems* evaluará los circuitos necesarios para cumplir con el plano generado por el equipo de Esquemáticos, así será quién revise qué módulos se conectarán juntos y en que niveles del vehículo. Una vez que ha generado un marcado de la circuitería, el ingeniero 2D llevará a cabo la adición de circuitos al plano mediante el software de diseño. Es responsabilidad en éste momento de colocar las terminales correctas, colores de circuitos y retroalimentar al ingeniero D&R y *Systems* de posibles errores de diseño. Una vez concluido lo anterior se procede a correr ciertos procesos para que la información vertida en el *composite* se vea reflejada en los planos derivados. Finalmente se lleva a cabo una revisión interna y por el D&R y si todo está en orden (dependiendo de las prioridades en cada milestone) se procede a colocar los archivos generados en una localización compartida con el proveedor para que pueda revisarlos y proporcionar retroalimentación al equipo.

La descripción anterior es un proceso reiterativo en que se tienen diferentes etapas de construcción, desde los prototipos hasta la producción en masa.

4.5.2. Diseño de arneses

Dadas las características antes mencionadas del puesto que desempeño, es requerido un conocimiento detallado tanto del diseño del arnés como del proceso de manufactura y las condiciones en las que se llevará a cabo se ha dado por medio de las guías, manuales y visitas a las plantas constructoras que he llevado a cabo.

Para llevar a cabo un diseño que cumpla con la calidad necesaria requerida por los vehículos, se han creado a lo largo de los años una serie de especificaciones técnicas que involucran cada una de las diferentes partes que conforman un arnés; distancias entre componentes, temperaturas,

colores del cableado, nombres de circuitos, conectores, partes liberadas a cabo, es decir, se deben considerar las especificaciones de cada una de las plantas en que el proveedor manufactura los diferentes arneses para que estas entren en concordancia con las especificaciones de la compañía y el ensamblaje que tendrán los arneses una vez que vayan a ser montados en los vehículos dentro de las plantas de Ford. El compendio del conocimiento sobre el diseño de los arneses que he obtenido a lo largo de mi estancia en la

, revisiones de las partes, entre muchas otras. La compañía cuenta con una base de datos de acceso global en la que se encuentra toda la información antes mencionada para que cualquier ingeniero que necesite alguna información específica pueda encontrarla no importando si la parte se creó en un centro de diseño del otro lado del mundo, aunque es común y parte de la responsabilidad del equipo actualizar y solicitar liberación de ciertas partes nuevas o especificaciones para un nuevo programa, ya que toda la documentación se va actualizando día a día, esto dado por la realimentación de la planta, necesidades de reducción de costo, materiales nuevos entre otros factores que afectan el área de arneses y sus componentes.

Un arnés es el conjunto de componentes que conforman todo el cableado eléctrico del automóvil; no se trata únicamente de los cables en sí, sino de toda la estructura que hace que los dispositivos eléctricos/electrónicos del vehículo funcionen, transmita señales y alimentación desde la batería hacia todos y cada uno de los dispositivos que funcionan con energía eléctrica dentro del automóvil. Para una mayor facilidad de ensamblaje, el cableado se divide en múltiples arneses según el área asignada. Cabe mencionar que no todos los automóviles están compuestos de los mismos arneses; en un mismo año-modelo se tienen diferentes versiones del mismo vehículo y como regla general entre más costosa sea la versión, más equipada estará y más arneses requerirá. Cada versión distinta da lugar a un nuevo nivel, así los arneses más complejos tendrán más niveles que los más simples, esto es debido a que los arneses más grandes de los automóviles alcanzarán más componentes específicos de los diferentes niveles (como por ejemplo si se cuenta con luces ambientales, cámara trasera, etc), mientras que los arneses más pequeños tendrán pocas diferencias entre niveles, incluso muchos de éstos serán una copia exacta de alguna revisión anterior o incluso de otro programa, los llamados *carry over*.

Los arneses *carry over* existen por la búsqueda de una simplificación en los diseños y por reducción de costos; comúnmente será más benéfico tanto en tiempo como económicamente utilizar arneses ya diseñados y probados que generar uno nuevo. Cada vehículo cuenta con ciertos diseños de arneses únicos, sin embargo se busca siempre mantener ciertos arneses constantes en cuanto a función, más no que sean idénticos, así se tendrá siempre un arnés *Body* que es el que recorre todo el automóvil en la zona del piso y por lo cual es el más extenso y uno de los más complejos, se tiene también un arnés de motor, el cual requiere de especial cuidado en los aislantes dadas las altas temperaturas a las que se ve sometido, un arnés del denominado "IP" o *Instrumental Panel*, entre muchos otros. Se denominan regiones a las diferentes partes del mundo a las cuales está dirigido dicho automóvil, dicha división existe debido a las diferentes necesidades de los mercados locales, por ejemplo en la región de Europa se tienen cuatro vehículos diferentes; el que cuenta con el volante del lado izquierdo, el que cuenta con el volante del lado derecho

(dirigido al Reino Unido), el diseño diésel y gasolina. Además de dichas características, existen ciertas regulaciones locales, según cada país que requieren vehículos específicos para cada región a pesar de que se trate del mismo modelo.

En general cualquier arnés cuenta con los siguientes componentes:

Cableado. El cableado es la parte medular de los arneses, dependiendo de la señal eléctrica que sea conducida a través de él existen diferentes calibres, colores, y aislantes aplicables a cada uno. Los cables forman los circuitos que recorren el automóvil en una trayectoria cerrada de un componente eléctrico a otro. Existe toda una documentación referente a los cables, diferenciándose por nombres preestablecidos que incluyen cierto significado referente a las características que llevará el circuito. Además de los cables simples existen los pares trenzados que son dos cables aislados y entrelazados con el propósito de anular ruido o interferencias en la señal. En los arneses también existen los cables *multicores* que son cables que contienen bajo el aislante un variado número de núcleos de cables conductores de cobre, por su característica especiales son usados generalmente en aplicaciones multimedia.

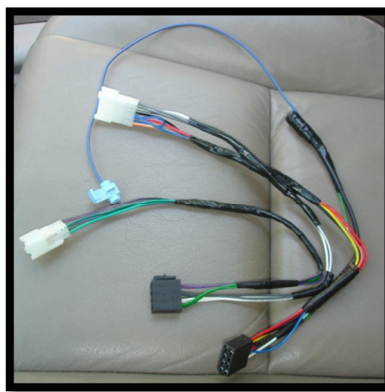


Figura 4.11 Arnés con cableado visible [68]

Conectores. Se trata de componentes plásticos en los cuales se da la terminación de los cables para llevar la señal eléctrica a su destino o a otro conector de algún otro arnés. Los hay machos y hembras y cada uno debe tener un nombre asignado el cual conlleva un significado de su ubicación en el vehículo además de su propósito. Existe en PD un departamento exclusivamente enfocado a conectores en el cual se revisa el estado de cada uno, se liberan partes y se estudian problemas que se presentan en la planta, ya sea en la elaboración del arnés o al momento de ensamblarlos en el vehículo.

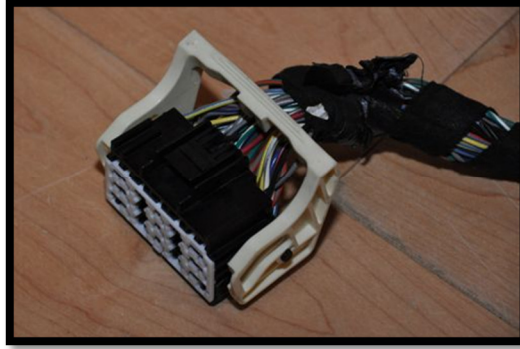


Figura 4.12 Conector hembra ensamblado [69]

Terminales. Las terminales son pequeños componentes de cobre, plata u oro que se encuentran ubicados en las cavidades de los conectores y su función es cortar el aislante del cable de tal forma que se lleve a cabo la conducción. Cada conector tiene asignados varios tipos de terminales dependiendo el rango aceptado de calibres de cable para una terminal, es decir, es tarea de los ingenieros elegir la terminal adecuada para el calibre del cable, el tamaño de la cavidad y el material dependiendo la función. La mayoría de las veces las terminales utilizadas son de cobre, sin embargo existen aplicaciones específicas, como las bolsas de aire en las que se requiera una gran conducción de las señales (por medidas de seguridad) en que la terminal necesariamente debe ser de plata.



Figura 4.13 Terminales [70]

Encintado. El encintado es el aislante con el cual se recubren los arneses. A pesar de que todos los cables cuentan con aislante propio, la mayoría de las veces es requerido que el conjunto de cables que forman el arnés se cubra con cinta aislantes que lo mantengan unido y protegido. Existen diferentes razones para encintar un arnés, ya sea por comodidad, protección en zonas de altas temperaturas, protección ante líquidos, sujeción, etc. Existen una gran variedad de cintas que se utilizan en los arneses y diferentes formas de encintado, por ejemplo, encintado espiral se utiliza comúnmente para tener los cables unidos, el encintado de tipo *overlap* se usa para cubrir totalmente el cableado. En zonas muy expuestas o que requieran gran protección se utilizan tubos plásticos en vez de cintas aislantes.

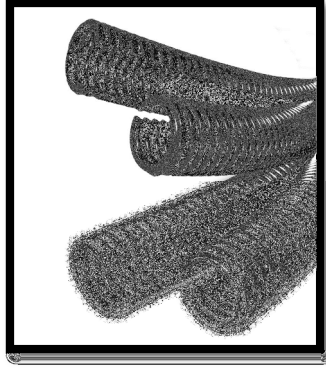


Figura 4.14 Tubos, una alternativa a las cintas [71]

Retainers. Los *retainers*, clips o sujetadores son elementos plásticos que se utilizan con el propósito de ensamblar el arnés al automóvil. Cuentan con un diámetro por el cual pasa el arnés y una parte de sujeción al elemento del automóvil por el cual se pretende pasar. Es muy importante en el diseño de arneses que se tome en cuenta la orientación que se plasmará en los planos para la manufactura; una mala orientación generará que el arnés no ensamble o ensamble incorrectamente en el vehículo. También se debe ser cuidadoso en las dimensiones dadas para la localización de los sujetadores, ya que no se debe forzar el cableado para que este ensamble en el vehículo.



Figura 4.15 Retainer plástico [72]

Grommets. Son elementos plásticos utilizados para la protección del arnés en zonas en que puede cortarse el cable por el contacto con la hoja metálica del vehículo. El automóvil cuenta con varias capas de hojas metálicas en su estructura, las cuales se ven atravesadas por los diferentes arneses, así cada vez que un arnés entre o salga de una hoja metálica es conveniente el uso de grommets para su protección.



Figura 4.16 Grommet ensamblado [73]

Shields. Son elementos especiales de diferentes materiales los cuales se usan en propósitos específicos para la protección del arnés o como soporte de ensamblaje del mismo.



Figura 4.17 Shield [74]

Una vez definidos los elementos principales que componen un arnés, se procederá a la descripción general del proceso de diseño. Como se ha mencionado con anterioridad el diseño de un arnés es un proceso continuo e iterativo, está marcado por diferentes etapas pero también por sí mismo evoluciona y se adapta a las necesidades, requerimientos y cambios del diseño que sufre el arnés a través de cada uno de los *milestones* del GPDS ya sea en los módulos de CAD como en la planta de ensamble. Se pueden distinguir cinco etapas principales en el proceso:

- 1) Recopilación de información
- 2) Diseño e ingeniería de los subsistemas del cableado
- 3) Satisfacción de los requerimientos del sistema y tiempos
- 4) Verificación del funcionamiento de las partes
- 5) Realimentación del diseño

Estas cinco partes del ciclo se repiten hasta que el arnés esté alineado con los requerimientos de la etapa en que se encuentre, por ejemplo en etapas tempranas del GPDS en prototipado se pide un

arnés con distancias correctas pero puede aún haber modificaciones en circuitos y complejidad, mientras que en alguna etapa de producción en masa el total de las partes debe ser funcionales al cien por ciento.

Recopilación de información

Previo a llevar a cabo el diseño del cableado eléctrico de un automóvil es necesario conocer cierta información que ayudará y definirá las características que un sistema eléctrico debe tener. Es indispensable que ya se cuente con la suficiente documentación de otras áreas de ingeniería para que el ruteo de los cables se lleve a cabo; no es posible comenzar con el diseño de arneses si no se tiene previamente definidos los documentos del equipamiento, estructura y demás componentes que son clave en la definición de un arnés. Para definir lo anterior se deben hacer ciertas preguntas claves antes de comenzar:

- ¿Qué componentes serán conectados?
- ¿Cómo será la forma es que se conecten, tanto eléctrica como mecánicamente?
- ¿Cuáles serán las características de las señales o las cargas eléctricas que conducirán?
- ¿Dónde están los componentes localizados dentro del vehículo y cuál será su orientación?
- ¿Qué estructuras en el *sheet metal* u otros componentes proveerán acomodo para el cableado?

Toda la información anterior se encuentra en documentación definida por la compañía y llenada por ingenieros en etapas anteriores al diseño del cableado eléctrico, por razones de confidencialidad no es posible mencionar exactamente dichos documentos o su contenido específico, pero para propósitos de éste reporte se expondrán de manera general su propósito.

La documentación que responde a las cinco preguntas mencionadas previamente tiene como objetivo servir como una guía inicial de requerimientos a cumplir además de proporcionar información que puede ser flexible en el diseño. Dicha documentación contiene todos los componentes que estarán disponibles para el vehículo, ya sea para la producción normal o algunas versiones especiales del modelo, así se incluirán los volúmenes y opciones proyectadas además de los tiempos de manufactura. Se incluirá así mismo los requerimientos de los subsistemas; entradas y salidas además de las características eléctricas de los módulos, como son los picos de voltaje, corrientes entre otros. Otra documentación importante de entrada para EDS son los diagramas esquemáticos eléctricos, es en ellos donde se plantea el sistema eléctrico general del automóvil, se definen en CAD las entradas y salidas, líneas de alimentación y tierras, entre otras características eléctricas generales que servirán como un punto de partida para dividir el sistema en varios arneses dependiendo de las versiones dadas. Es también fundamental contar con los modelos 3D del vehículo en el cual se podrá definir el ruteo apropiado de los arneses dependiendo de las características físicas de la estructura, así los ingenieros 3D modelarán los arneses con todos sus componentes de los cuales se obtendrán las longitudes necesarias para elaborar los planos finales para la manufactura.

Otra información a considerar en esta etapa son los costos y objetivos de reducción de peso en el vehículo. Constantemente se lleva a cabo una revaloración del dinero invertido en la producción, siempre se busca una reducción respecto a modelos anteriores sin dejar a un lado la calidad exigida por el cliente. Es también muy valorada la reducción de peso en los vehículos. Siempre se busca contar con vehículos más ligeros para mejorar la economía del combustible. A pesar de que la reducción de peso es un requerimiento en áreas de ingeniería de materiales y motor, en todos y cada uno de los departamentos que conllevan la adición de componentes al automóvil se toma en cuenta su peso. Un logro reciente de la compañía fue la reducción del 25% del peso del modelo Fusion® utilizando nuevos materiales tales como acero de ultra resistencia, fibra de carbono, aleaciones de aluminio entre otros. Un peso más ligero es significativo ya que cada pérdida de peso del 10% mejora la economía de combustible en un 3 al 4 por ciento [75].

Darle seguimiento a procesos previos en el diseño de arneses proporciona información valiosa en la etapa de recopilación de datos; se analiza la documentación de programas anteriores, las matrices de calidad, los análisis de fallas entre otros estudios para evitar incurrir en los mismos errores. También se analizan los datos históricos de campañas anteriores, esto es todos los problemas sucedidos en la planta respecto a ensamble de piezas y dificultades técnicas humanas o en la maquinaria de ensamble que se tratarán de evitar en el nuevo modelo. Otro análisis extra a tomar en cuenta es el llamado *benchmarking* que entre otras cosas lleva a cabo el análisis de los arneses de los vehículos de otras compañías que entran en directa competencia con el modelo en cuestión. Se ingresan los vehículos de otras marcas para ser desmantelados al 100% llevando a cabo estudio de todas las partes, desde carrocería, motor, arneses, módulos, etc.

Como ya se ha mencionado, toda la información anterior llega al equipo de EDS por medio de una serie de documentos en los que se archiva como un proceso más del GPDS y de la metodología de diseño 6 Sigma seguida por la compañía, así el propósito de ésta etapa primera del diseño es responder las cinco preguntas formuladas anteriormente. Una vez que las respuestas han sido contestadas y documentadas se procede a la siguiente etapa.

Diseño e ingeniería de los subsistemas del cableado

Una vez que la información documentada por otros equipos u otros programas previos ha sido recabada se procede al diseño propiamente dicho; en ésta etapa es donde el equipo de EDS tiene la mayor responsabilidad ya que es aquí donde se toman la mayoría de las decisiones importantes que afectarán otras áreas o clientes. El cliente no es necesariamente el usuario final, el cliente es aquel a quien se le entrega un trabajo, puede ser otro departamento interno de la compañía o el proveedor. Para hacer cumplir las políticas de calidad en el diseño se tiene específicamente un departamento dentro de PD que cuida que se sigan los estándares establecidos por la compañía.

El equipo de diseño de arneses deberá tener en mente durante ésta etapa los siguientes requerimientos para llevar a cabo el trabajo correctamente:

- Durabilidad
- Factibilidad de ensamble y manufactura de las piezas.

- Costos
- Calidad y Requerimientos del cliente
- Minimización de la complejidad
- Apariencia
- Capacidad del proveedor
- Ergonomía en el ensamble

Tomando en cuenta las anteriores restricciones, se procede al diseño en el cual se pueden distinguir las siguientes etapas:

Desarrollo de la lista de partes

Lo primero a tomar en cuenta son el número de opciones que llevará el vehículo, esto es contabilizar para cuantas versiones diferentes de automóviles en el modelo será necesario agregar o quitar ciertos módulos eléctricos dependiendo de qué tan equipada sea dicha versión, a lo anterior se le conoce como complejidad del sistema eléctrico.

Desarrollar la complejidad debe ser un proceso que tome en cuenta tanto el ensamble de las partes como el número de arneses que siempre se busca reducir; es decir si la complejidad es pequeña se tendrán pocos arneses lo cual reducirá el costo pero deberán tenerse una cantidad importante de circuitos *give away* (circuitos que queden sin conectar para algunas versiones) y esto hará que los arneses sean más complicados a la hora de ser ensamblados en la línea, por otro lado si se tiene una complejidad muy grande, se tendrán arneses sencillos pero con muchas versiones lo que incrementará el costo, lo cual es algo que siempre se busca evitar.

El número de niveles deberá ser un balance en equilibrio tomando en cuenta los aspectos antes mencionados en su diseño. Existen, desde luego, ciertas reglas a seguir, por ejemplo que el cableado con más de 20 A no deba ser dado como circuito *give away* para reducir la complejidad.

El ingeniero establece la complejidad como una matriz donde por un lado se tienen los niveles, es decir las diferentes versiones del arnés y por otro lado se encuentran los códigos MFAL, los cuales son códigos preestablecidos en la compañía para todos los programas los cuales indican características del automóvil como pueden ser luces, controles o cualquier otro elemento eléctrico que puede ser puesto o quitado dependiendo la versión del vehículo.

Determinar los requerimientos de carga eléctrica

Se debe contar con las características eléctricas de todos los módulos que llevará el vehículo, esto es corriente, voltaje, picos, estados, etc. Pueden ser obtenidos directamente de los diagramas esquemáticos que describen las líneas eléctricas de manera general en el vehículo o en otros documentos internos. Reunir y conocer dicha información es de vital importancia dado que esto define los calibres del cableado.

Determinar y definir el cableado

Una vez que se tiene identificado la trayectoria que seguirá el cableado por medio de los diagramas esquemáticos se procede a la identificación de cada uno, se le asignará un nombre de acuerdo con la especificación vigente el cual llevará una descripción del propósito del mismo, es decir dependiendo de la zona del vehículo en el que se encuentre el cable recibirá un nombre y un color. Existen reglas establecidas sobre qué colores deben usarse y sobre la utilización de cables con el mismo nombre en situaciones muy específicas.

Los circuitos deberán clasificarse de acuerdo a su nivel de voltaje y a la sensibilidad a los cambios de resistencia o impedancia. Así se han establecido por el equipo de conectores ciertos criterios que determinan una selección que definirá tanto el calibre como las terminales y los conectores. Para determinar el calibre del cable se consultan una serie de tablas donde se debe especificar el voltaje, impedancia (medida de oposición que presenta un circuito a una corriente cuando se aplica un voltaje) y otras características que afectan la conductividad eléctrica.

Otras características importantes a tomar en cuenta son:

- Carga física. Se debe tomar en cuenta que tan resistente será físicamente el cable en su manufactura, ensamble y empaquetado, ya que de ser muy delgado podría trozarse fácilmente cuando el operador lo ensamble o de ser muy grueso podría haber dificultades en el acomodo dentro del *sheet metal*.
- Caídas de Voltaje. El cable deberá soportar caídas de voltaje bruscas en caso de un mal funcionamiento del sistema eléctrico.
- Temperaturas extremas. La cinta aislante protegerá tanto la temperatura pérdida generada por el paso de la corriente como de temperaturas externas en zonas delicadas como lo es el motor.

Para la debida selección del aislante existe así mismo una especificación que clasifica en varias clases el cableado dependiendo de la zona en la que se encuentre; se tienen así zonas con topes máximos de temperatura que ayudarán al ingeniero a seleccionar entre diferentes tipos de cintas o tubos. Existen también regulaciones para ciertas zonas de especial cuidado en el automóvil, por ejemplo aquellas que se pueden ver expuestas al agua de lluvia, como las puertas y las zonas de alta temperatura como el compartimento del motor. El equipo de pruebas se encarga de poner a prueba nuevos materiales y diferentes tipos de pruebas para los aislantes, como pueden ser resistencia a gasolina, agua, anticongelante, aceite, líquido de frenos entre muchos otros, sin embargo el ingeniero de EDS solo podrá utilizar los números de parte ya liberados. Para ciertos componentes electrónicos es requerido la utilización de mangas termoretráctiles que permite un sellado del cable por medio de calor aplicado.

Posterior a la selección del tipo de cable y su aislamiento se determinan longitudes preliminares y rutas que seguirán los arneses, esta parte en especial cambia muchas veces durante todo el proceso de diseño ya que es muy común que se agreguen nuevos componentes, sujetadores o que se cambie la ruta dependiendo de los problemas o las mejoras que se le vayan haciendo, todo esto

se ve reflejado en los modelos CAD 3D que deberán discutirse para su implementación en los planos 2D.

Determinar pines e interpretación de esquemáticos

Una vez que el equipo encargado de los esquemáticos ha terminado su trabajo indicando las conexiones y señales en todo el vehículo, se procede a definir individualmente cada arnés. Los esquemáticos son planos estandarizados donde se señalan las interacciones entre módulos eléctricos de los circuitos, teniendo esta información el ingeniero EDS podrá comenzar a definir los pines de cada conector. Es una práctica común que ya se tengan estandarizados los pines para la mayoría de conectores, es decir se conoce mediante la documentación de otros programas cual será el pin elegido para tierras, señales, voltajes altos o bajos; lo anterior depende en gran medida del tamaño de las cavidades, si se tiene una cavidad mayor, se esperarán terminales apropiadas para cables de calibre grueso, coaxiales o de amperaje alto, o con algún aislante grueso que proteja el cable de altas temperaturas, mientras que cavidades pequeñas servirán para cables delgados con terminales apropiadas para los mismos.

De no existir un antecedente de estandarización para los pines de un conector, se procede a definir un criterio lógico respecto a la señal eléctrica que el cable llevará. Una regla general a seguir es que la tierra y el voltaje no deberán estar en pines adyacentes, esto con el propósito de evitar posibles cortos circuitos.

Selección de terminales y conectores

Como se mencionó en el punto anterior cada cable lleva un nombre dependiendo de la zona en la que se encuentre, sucede lo mismo en el caso de los conectores, existe toda una terminología la cual se encuentra documentada en la especificación vigente para el año/modelo que se esté construyendo. Dicha especificación indica la simbolización en los números de parte que tanto Ford como el proveedor manejan, se especifica si es hembra o macho, color, además de otras características relevantes. Así mismo además del número de parte cada conector lleva un nombre asociado para su identificación que indica de manera general su posición en el automóvil y su propósito, los cuales pueden ser consultados con el ingeniero del área de conectores. El propósito de su trabajo es revisar las aplicaciones de los nuevos conectores en los vehículos. Cada conector y terminal deben ser aprobados previamente por el ingeniero de conectores previo a la liberación en el vehículo. Si en alguna etapa del GPDS se llega a detectar un problema de ensamble de algún conector como puede ser el desprendimiento del cable o un esfuerzo excesivo en el ensamble se deberá someter a revisión la parte, documentar la acción correctiva de emergencia y ser reportado a ingeniería para que en etapas posteriores se cambie el conector o se tenga una nueva revisión del mismo.

Es recomendable la selección de conectores que tengan más cavidades de las que se están utilizando en ese momento ya que siempre existe una gran probabilidad de que en el futuro en otra etapa del programa o en años/modelo posteriores en que dicho diseño sea usado como base, se agreguen circuitos adicionales. Es preferible tener cavidades libres que llegar a hacer un cambio

de conector en que se requiera un rediseño del área y de las dimensiones en que se está colocando. Una buena práctica indica que las terminales hembra deberán ir en el extremo del arnés, mientras que las terminales macho irán en el lado del componente, esto es debido a que los pines de los conectores machos tienden a dañarse más cuando son insertadas por el operario que cuando están relativamente fijas en el componente, esta práctica estará sujeta a las características individuales del arnés.

Hay ocasiones en que los conectores deben usar los llamados CPA (Aseguradores de Posición de Conectores por sus siglas en inglés), se trata de piezas plásticas que se agregan como un aditamento al conector para asegurar que se inserte de la manera correcta evitando errores de posición en el ensamble. No todos los conectores llevan estas piezas porque no todos las necesitan, proveen una ventaja al evitar errores, sin embargo aumentan el costo del conector, lo que evidentemente repercute en costo adicional al vehículo, es por lo anterior que un equipo de ingeniería en la planta, como PVT, debe llevar a cabo la evaluación del uso de los CPAs.

Los conectores que se encuentran en áreas donde hay posibilidad de contacto con el agua deberán seleccionarse como sumergibles, los cuales son conectores sellados. Existen dos posibilidades de sellar un conector, una es el sellado individual de las cavidades con circuitos y la utilización de *plugs* (tapones) en las cavidades que estén libres. La selección del sello dependerá del calibre del cable y de la terminal seleccionada, esta información puede encontrarse en la hoja de especificaciones del mismo. La otra forma de sellado es aquella en que el conector sumergible tiene diferentes números de parte para los cuales en cada configuración existe un conector pre-sellado con el propio material plástico del mismo. Es decir, ya contiene los sellos necesarios para las cavidades utilizadas y las cavidades que no son utilizadas se encuentran cerradas por el mismo plástico. A estos conectores se les conoce como “configurables” y de la misma forma se debe consultar su disponibilidad en la hoja de especificaciones del conector, de no encontrarse la configuración deseada se procederá a pedirla al proveedor y al ingeniero de conectores que la agregue a la lista del programa.

La selección de terminales constituye una labor de gran responsabilidad para el ingeniero 2D en colaboración con el ingeniero D&R; dicha selección debe realizarse cuidadosamente y siguiendo las normas establecidas para la correcta conducción eléctrica en los cables. De no llevarse a cabo una adecuada selección de terminales podría llevar a tener una mala conducción eléctrica que se traduciría en el funcionamiento erróneo de algún componente o su total falla, lo cual aumentaría los costos en las garantías y podría llevar en casos extremos a un posible *recall* de los automóviles. La selección de terminales debe basarse en las siguientes características:

- Calibre de los cables
- Capacidad de carga de la corriente
- Tipo de conector
- Temperatura ambiente de operación

Tanto la terminal como la cavidad seleccionada deberán estar en concordancia con el calibre del cable, existen para cada cavidad del conector una preselección de las terminales adecuadas en la hoja de especificaciones tanto para su calibre como para el material a utilizar. El material más utilizado es el cobre pero existen ciertas zonas donde la plata o el oro son requeridos, tal como se mencionó en secciones anteriores de este reporte. De no encontrarse la terminal adecuada se procederá a revisar los calibres aceptados y buscar si existe la posibilidad de agregar una terminal que se ajuste a las características requeridas. Todo lo anterior deberá discutirse tanto con el ingeniero D&R como con el ingeniero de sistemas.

El principio general de diseño indica que se deben usar terminales con un máximo de temperatura mayor al esperado en el peor de los casos, así mismo es recomendable usar terminales de alta temperatura cuando la corriente excede los 15 A, lo cual se da en componentes tales como el interruptor de encendido, los faros, ventiladores de enfriamiento, entre otros. Se debe tener en cuenta también que cuando la temperatura ambiente cambia a condiciones extremas la conducción en las terminales se verá afectada.

Las terminales que sean sometidas a métodos de prueba en las plantas de arneses o en la planta de ensamble de Ford no deben ser deformadas por dichas pruebas, los cables deberán entrar de forma adecuada sin ser forzados. Existirán ocasiones en que por las características del conector se requerirán terminales engrasadas, esto deberá indicarse en notas estandarizadas en los planos que irán a manufactura.

Proveer protección a los circuitos

Es muy importante que el cableado esté protegido de sobrecargas y cortos circuitos, se cuenta con guías y especificaciones propias de departamento de EDS establecidas globalmente sobre cuales son exactamente los arneses en que se prefiere la utilización de dicha protección. Los dispositivos de protección usados son en general dos: fusibles y disyuntores. La utilización de uno u otro está contenida en las especificaciones eléctricas antes mencionadas.

Los fusibles son los dispositivos más utilizados para la protección de circuitos y son los más sensibles a las variaciones de carga de corriente, trabajan bajo el principio del efecto Joule, el cual indica que si existe una circulación de corriente por un conductor, parte de la energía cinética de los electrones se transformará en calor [76]. Así están constituidos por un filamento de bajo punto de fusión que en caso de que se alcance la carga de corriente máxima éste se funde e impida el paso de la misma. Por su parte los disyuntores tienen el mismo principio de funcionamiento que los fusibles, sin embargo estos no deben reemplazarse si se llegan a activar por un exceso de carga. Su estructura consiste en un interruptor y un electroimán el cual en un caso de carga máxima de corriente generará el suficiente campo electromagnético que activará una palanca cerrando el interruptor e impidiendo el paso de corriente.

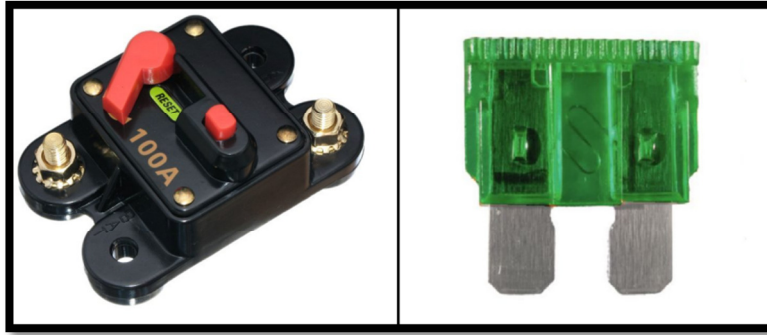


Figura 4.18 Un disyuntor en el lado izquierdo y un fusible en el derecho [77]

En la última década los diseños eléctricos han reducido o eliminado totalmente el uso de disyuntores siendo reemplazados por fusibles debido a su simplicidad y bajo costo.

Si bien la protección eléctrica del cableado (fusibles o disyuntores) puede ayudar a proteger de cortos circuitos o sobrecargas a los módulos electrónicos como el *cluster* o el *Sync™*, esto será un incidente benéfico. Los ingenieros encargados de dichos dispositivos deben asegurar una protección individual a cada uno de sus módulos, y no deben confiar en que los fusibles o disyuntores de los arneses asegurarán la protección de los dispositivos electrónicos.

Ruteado del arnés

El ruteo se refiere al diseño de la distribución física que tendrán los arneses dentro del vehículo. Una vez que se han tomado las decisiones de complejidad, conectores, cableado y demás es el momento de decidir cómo estará configurado físicamente. Existen ciertos arneses de propósitos muy específicos que ya son adquiridos totalmente ensamblados por el proveedor, son conocidos como PIA (Comprados Ensamblados por sus siglas en inglés) y se usan en dispositivos en que la configuración no cambia o en aquellos en que no es sencillo su ensamble en la planta. Para el ruteo del resto de los arneses, el ingeniero deberá tomar ciertas consideraciones y normas a seguir para una optimización del cableado.

Se deben evitar distribuciones muy complejas que puedan resultar en un difícil ensamble en la planta. Los operadores trabajan rápidamente y los arneses con ruteos complicados pueden generar demoras que finalmente repercuten en costos, se debe mantener el ruteo lo más simple posible. Así mismo pensando en el ensamble en el vehículo, los arneses se deben diseñar de tal forma que los cables queden a prueba de errores previendo la ubicación del componente de tal forma que haya solo una manera correcta de ser colocado por el operador. Mientras se esté diseñando se deben consultar los modelos CAD en 3D para saber exactamente como es la forma del vehículo en que se está trabajando, ya que el diseño final en 2D solo podrá contener ramales hacia arriba y hacia abajo; un mal diseño que no visualice el arnés podrá equivocar la orientación de una rama originando un problema a la hora del ensamble en el vehículo ocasionando que se fuercen los cables para que entre en la posición correcta.

Los nodos que contienen varias ramificaciones, también conocidos como *takeouts*, deben permanecer lo más firmes y protegidos posibles para una facilitación de su manejo a la hora de la colocación en el vehículo, es por lo anterior que las normas eléctricas de la compañía recomiendan utilizar cinta aislante para evitar movimientos y la exposición indeseada de los cables. Dicha firmeza se refiere al posicionamiento natural hacia cierta dirección del cable más no a una tolerancia cero de holgura; deberá dejarse unos milímetros de libertad (parámetros eléctricos de la compañía) para evitar cargas axiales en los componentes, de tenerse un *takeout* con muy poca tolerancia de movimiento los cables podrían jalarse y desconectarse o dañar la terminal.

Respecto al posicionamiento de componentes es muy importante el uso de vistas y secciones auxiliares donde sea requerido. Los arneses son construidos por los proveedores en tableros que usan como guía el plano diseñado en Ford (figura 4.19); dichos tableros contienen todo lo necesario para ensamblar y probar las partes; se tienen dimensiones marcadas, enchufes eléctricos para pruebas de conductividad, marcas para el encintado, entre otras cosas. Sin embargo, si no se cuentan con vistas que aclaren en lo posible la orientación de los componentes estos pueden ser colocados en la forma inversa; si se tiene, por ejemplo, un *retainer* que deba apuntar hacia la izquierda pero no se es claro en el plano, la fabricación podrá llevarse a cabo ubicándolo en su forma errónea hacia la derecha, lo cual generará un problema de ensamble en la planta al insertarlo en el *sheet metal*.



Figura 4.19 Ensamble de un arnés en tablero [78]

Las dimensiones en los arneses deberán cumplir con las normas y tolerancias establecidas en la compañía conjuntamente con el proveedor. Un mal dimensionamiento de las partes puede generar problemas eléctricos, magnéticos o un esfuerzo innecesario del cableado en su intento por ajustarse a las dimensiones naturales del vehículo.

Si se está ruteando cerca de orillas filosas, tornillos o alguna otra superficie que pueda poner en peligro la integridad de los cables, se recomendará usar protección extra además de la cinta aislante, tal como *grommets*, tubos o algún *shield* especialmente diseñado para separar el cableado del *sheet metal*. Lo más recomendable es evitar dichas zonas y seguir un ruteo “natural”

es decir acomodarse a la forma de la superficie interna del automóvil, así se buscarán hendiduras donde el arnés se acomodará de mejor forma y recibirá protección extra.

Para el dimensionamiento correcto durante el ruteo, se cuentan con normas que indican distancias mínimas y preferidas entre componentes, por ejemplo la distancia mínima adecuada entre dos *retainers*, un conector y un *retainer*, entre dos *takeouts*, distancia mínima de encintado entre otras. También existen casos especiales con recomendaciones especiales de distancias tales como el caso del ruteo cerca de la batería; se recomienda que ningún cable (a excepción de los que conectan directamente las terminales) esté a menos de 25mm de la batería para evitar una posible corrosión por el ácido de la misma.

Finalmente y dentro de las normas de distancias en el ruteo existen las consideraciones de servicio, mismas que se refieren a proveer de una longitud suficiente para facilitar el servicio de algunos componentes eléctricos tales como las lámparas (*headlamps*, *parking lamps*, etc), el *cluster* de instrumentación entre otros.

Determinar posicionamiento de dispositivos de retención

Una vez que el ruteo del arnés está decidido, se procederá a definir cómo será sujetado al automóvil, para éste propósito se utilizan elementos plásticos (en su mayoría) llamados *retainers* o sujetadores, dichos elementos sujetan los cables por un lado y por el otro se adhieren a la pared del *sheet metal* o del elemento cercano por donde esté ruteado el arnés. En realidad existen muchos tipos de partes de *retainers*, cada uno diseñado para un fin y área específica, son de diferentes tamaños y de diferentes formas y cada uno debe estar aprobado para su uso en el programa y año/modelo del vehículo. En general están constituidos por dos partes; la parte sujetadora que es por donde el ramal de cables pasará, en algunas ocasiones incluyendo cinchos los cuales son sujetos por el operador a la hora de ensamblar el arnés. La otra parte está constituida por el pedazo de material que será insertado en la pared del *sheet metal*, *shield* o la sección del automóvil por donde el cable pasará. En algunos casos esta parte se le conoce como "*christmas tree*" dada la semejanza que lleva con un pino.

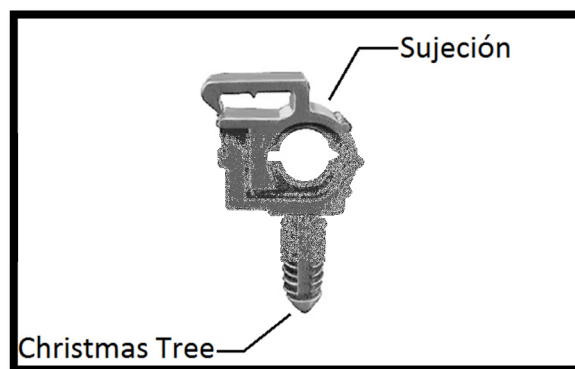


Figura 4.20 Sujetador plástico [79]

La toma de decisiones sobre el lugar ideal para el posicionamiento de un *retainer* se da en conjunto con los equipos encargados del modelado de las partes donde cruzará el arnés, así los ingenieros encargados del panel de instrumentación, *sheet metal* y cualquier otra parte del *upper body* decidirán en conjunto con el área eléctrica donde será factible colocar cada uno de los *retainers* en el vehículo sin afectar puntos delicados. En general se toman en cuenta tres factores para el posicionamiento de un *retainer*:

- **Peso y tamaño del cableado:** es muy importante seleccionar el *retainer* adecuado para la carga específica que estará soportando al sostener el arnés, también debe considerarse el grosor del total de cables para definir si el área propuesta y el elemento plástico soportará el peso.
- **Accesibilidad de los agujeros durante el ensamble:** El operador trabaja a una velocidad constante en las unidades durante el ensamble, cualquier zona de difícil acceso derivará en procesos más tardados y probables fallas de ensamble.
- **Distancia a otros componentes:** es importante mantener ciertas distancias respecto a otros componentes con el fin de una fácil manipulación por parte del operador. Las especificaciones requeridas están contenidas en la documentación interna de la compañía.

Agregar Splices

Un *splice* es una simple unión de cables con el fin de aumentar la distancia del circuito por medio de otro cable o conjunto de cables, para dicho fin se utiliza la soldadura ultrasónica; el proceso consiste en colocar ambos cables en la máquina, uno encima de otro, y con una punta emisora de ondas ultrasónicas las moléculas de los metales se mueven provocando su fundición [80].

El propósito del uso de *splices* en los arneses es variado, puede usarse, por ejemplo para cambiar el calibre de un circuito; si la cavidad de un conector requiere cierto tamaño de cable que es diferente al calibre requerido por la cavidad del conector de la otra punta del circuito será necesario el uso de un *splice*. También son usados en casos que es requerido dividir la señal eléctrica de uno a más cables, así por el lado izquierdo se podrán tener un menor número de cables que por el lado derecho, sin embargo se busca que el *splice* esté balanceado, esto es que la suma de calibres del lado izquierdo sea más o menos equivalente a la del lado derecho. En caso de que esto no se cumpla se indicará en los planos el uso de *loops* o lazos en que cuando un circuito venga del lado derecho se procederá a doblarlo de forma que entre por el lado izquierdo. La localización de los *splices* la define el *Systems Engineer* aunque a lo largo de las distintas etapas de construcción de acuerdo al GPDS, los *splices* ven muchas modificaciones, se agregan y se quitan frecuentemente hasta llegar a la etapa final de producción en masa.

Existe todo un compendio de distancias y especificaciones para el uso de *splices*, así mismo existe también documentación referente a la protección de los *splices*; al tratarse de un punto soldado entre cables existe un particular riesgo de romperse o dañarse tanto en el ensamble como por cuestiones ambientales y de uso, por lo anterior y dependiendo de la zona del automóvil en la que se encuentre se deberá utilizar una serie de protecciones desde encintados, tubos termocontráctiles entre otros que asegurarán una protección adecuada al *splice*.

Una vez que el diseño total del arnés ha sido definido se puede pasar a la siguiente fase en el proceso de liberación del mismo. Es muy importante en esta etapa la revisión y aseguramiento de que todo lo diseñado sea accesible para la manufactura, ensamble en el vehículo y servicio futuro que se pueda requerir. Si se cumple con lo anterior se está listo para la siguiente etapa.

Satisfacción de los requerimientos del sistema y tiempos

La sección anterior cubrió lo referente a los aspectos técnicos en el diseño, sin embargo como ingeniero de PD se deben tomar en cuenta con la misma importancia los procesos y documentación establecidos en la compañía. Anteriormente se habló sobre el GPDS como guía total para el diseño de un vehículo. Por cuestiones de confidencialidad no es posible mostrar las fases y tiempos establecidos en dicho esquema, sin embargo se entiende que el GPDS es el plan maestro donde se establecen tiempos y subprocesos a seguir en el desarrollo de todo el vehículo y las partes involucradas en el mismo. Así la satisfacción de los requerimientos del sistema y tiempos se refiere a la parte de documentación, revisión y liberación de partes en los sistemas internos de Ford tanto de los ingenieros de la compañía como del proveedor. En el área eléctrica es muy cercana dicha relación con proveedores ya que como se mencionó anteriormente el diseño guía para la construcción de los arneses se lleva a cabo en el área de PD, mientras que la construcción es encargada a un proveedor que debe estar al tanto de gran parte de los documentos generados en el diseño.

Verificación del funcionamiento de las partes

Una vez que los diseños están definidos deben ser necesariamente probados antes de iniciar la producción en masa. Una verificación deficiente podrá traer fallas y complicaciones tanto eléctricas como de ensamble en la planta y de funcionamiento con el cliente lo que podría repercutir en retrasos, costos mayores y hasta posibles accidentes graves tal como el caso del *recall* de General Motors durante principios de 2014 dado el problema en el interruptor de arranque que provocaba el apagado del motor en plena marcha [81]. Por lo anterior la verificación del funcionamiento de las partes es fundamental.

Se tienen tres niveles de pruebas para el área eléctrica del vehículo:

- CAE
- Pruebas en laboratorio
- Pruebas en el vehículo

Las herramientas actuales de Ingeniería Asistida por Computadora (CAE por sus siglas en inglés) facilitan en gran medida la etapa de pruebas en un vehículo; son confiables y no requieren modelos físicos, se pueden realizar las veces que sean necesarias sin agregar costos extras. Una vez realizadas las simulaciones correspondientes se procede a las pruebas de laboratorio las cuales se refiere al montaje del cableado en mesas de trabajo con módulos eléctricos armados específicamente para las pruebas. Dichos prototipos de cableado son conocidos como *breadboards*. Finalmente deberá probarse en el vehículo todos los arneses antes de lanzar la

producción en serie. Dichas pruebas permiten no solo verificar el funcionamiento eléctrico de los componentes sino también comprobar la facilidad de ensamble y aún poder corregir su diseño.

Con las pruebas realizadas se podrá tener la seguridad de que el diseño de los arneses es un diseño robusto y confiable.

Realimentación en el diseño

La realimentación es parte fundamental del diseño ya que provee información para la mejora del mismo además de cerrar el ciclo continuo y reiterativo del proceso. En el diseño de arneses hay una gran cantidad de fuentes de realimentación durante todas las etapas del GPDS, realimentación interna, de proveedores y de los propios clientes una vez que el automóvil ha sido lanzado al mercado. Los proveedores y el departamento de calidad generaran una realimentación sobre las partes en que se debe mejorar ya que existen documentos internos para este fin, en sí mismo el GPDS es una herramienta de seguimiento general a los errores y mejoras que se pueden tener en el diseño antes de la producción en masa. Así, internamente se recibirá realimentación del ingeniero de pruebas, del ingeniero PVT, e incluso al inicio del proceso de diseño se consultan los errores y aprendizajes tenidos en programas anteriores, lo que demuestra que la realimentación va más allá del propio vehículo; es un proceso constante de aprendizaje en la ingeniería.

Una vez que el automóvil salió al mercado existen indicadores para saber cómo están funcionando las partes en el campo; encuestas directas al cliente son lanzadas periódicamente para monitorear el funcionamiento total del automóvil. En ésta parte es más complicado detectar las fallas directas de un arnés dada la poca interacción real del cliente con el cableado. Es necesario traducir la voz del cliente a un lenguaje técnico que permita rastrear problemas con los arneses. Así, de existir un problema se revisarán los diseños y se tomarán las medidas necesarias de acuerdo con los planes establecidos por la compañía dependiendo de la falla.

Ciertamente, no toda la realimentación es negativa, es también importante y necesario el conocer cuáles han sido los mayores aciertos que indicarán el camino a seguir en futuros diseños y programas. Las áreas de oportunidad para el mejoramiento del diseño, tiempos y procesos se encuentran en constante evaluación por parte de todo el equipo de PD, se revisan costos sobre posibles cambios, muchos de los cuales generalmente provienen de los problemas presentados en los lanzamientos y se establecen medidas de emergencia que pasarán documentados para recibir una respuesta definitiva.

4.5.3. Proceso de creación de planos para manufactura

La función principal del puesto que desempeña es la creación y liberación de los planos que serán entregados al proveedor para la manufactura de todo el cableado del automóvil. Así una vez que el diseño haya sido manufacturado en alguna de las plantas del proveedor, los arneses serán trasladados a la planta de ensamble de Ford donde se ubicarán dentro del vehículo junto con todas las demás partes para llegar a tener el producto final listo para el mercado.

Como todo subproceso de diseño, el cableado es un ciclo reiterativo en que varias partes del departamento eléctrico de PD trabajan en conjunto para obtener la última pieza del eslabón lista para ser liberada en los sistemas tanto de la compañía como del proveedor. En la figura 4.21 se muestra de manera general el ciclo para la creación de planos.

El flujo de información comienza con el ingeniero D&R encargado de generar, en los sistemas internos, la liberación tanto del número de la pieza como del número de derivados que ésta tendrá (complejidad). Simultáneamente el equipo de CAD estará generando el modelo en 3D del arnés junto con todas las variantes proporcionadas y opciones que son dadas por el ingeniero D&R. El departamento 2D se encargará en ese momento de crear las tablas de complejidad correspondientes así como todas las especificaciones necesarias para la manufactura que apliquen para el proveedor y planta con el que se esté trabajando en la región específica para el arnés. Una vez que el modelo CAD en 3D está listo, se procede a generar un archivo XML el cual será exportado con el software correspondiente para revelar la información en el plano. Se deben vigilar y hacer cumplir ciertas normas y especificaciones en cuanto a la distribución de los elementos en 2D, así se lleva a cabo el “aplanado”, es decir el acomodo de los elementos dentro de un entorno gráfico.

Simultáneamente el ingeniero de sistemas estará trabajando en la lectura de los esquemáticos correspondientes a dicho programa, así generará la tabla de circuitos la cual el ingeniero 2D traducirá al plano con los conectores plasmados previamente por la importación del archivo XML, sus longitudes, colores, calibres etc. La decisión de la localización de *splices* se da en conjunto con el ingeniero D&R y el proveedor, el cual generará la realimentación correspondiente y hará observaciones de manufactura.

Una vez ubicados los circuitos y sus tablas en el plano se seleccionarán las terminales correspondientes dependiendo de los niveles, calibres y disponibilidad con el proveedor. El encintado se colocará observando en el modelo CAD del vehículo las zonas por las cuales pasará el arnés y se tomarán las decisiones correspondientes de protección a los cables.

Finalmente, se procesará el arnés dentro del software para que la información dada en el plano *composite* o maestro pase a los planos derivados para las diferentes versiones del vehículo. Posterior a ésta etapa se siguen una serie de revisiones de calidad y verificaciones que aseguran que el arnés haya contenido los elementos y reglas establecidas para su construcción, si el arnés no está listo o han surgido cambios durante el proceso, se vuelve a revisar y actualizar componentes (ya sean conectores, clips, encintados o cambio de circuitos, cavidades y calibres) haciendo el proceso reiterativo. Una vez que se ha asegurado la correcta implementación de los requerimientos para el arnés se generarán una serie de archivos que serán mandados al proveedor para que los revise y si son aprobados los planos se procederá a la construcción del arnés.

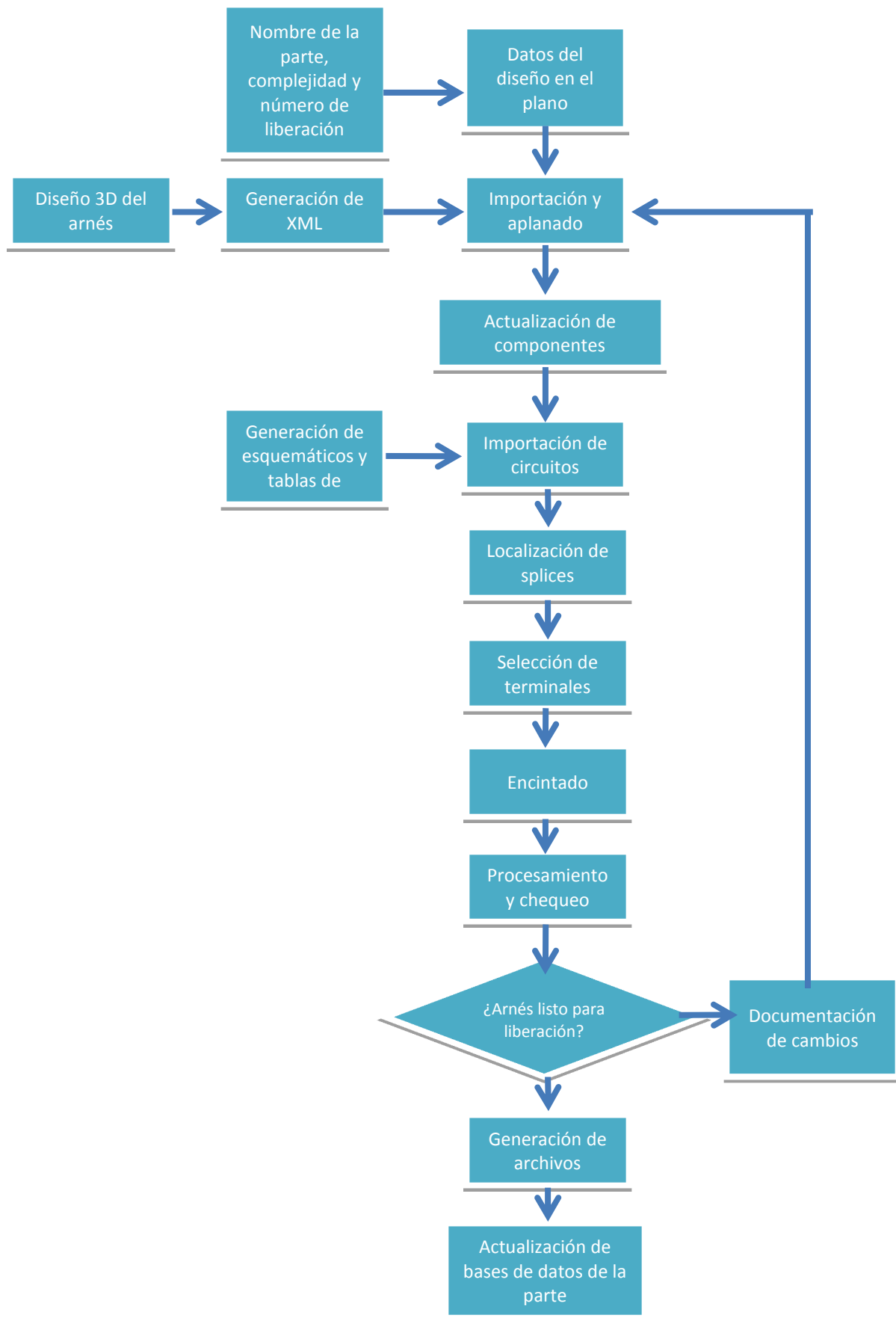


Figura 4.21 Flujo de procesos en el área de arneses 2D

Dependiendo de la etapa del GPDS se construirán varios arneses antes de la manufactura en masa (prototipos, pruebas de instrumentación, etc.). Las bibliotecas internas de la compañía se actualizan con los nuevos planos del arnés procesado.

5. Aportaciones personales en la compañía

Un pilar importante del conocimiento en la ingeniería es la constante renovación que se lleva a cabo en tecnología, técnicas y funciones cada vez más especializadas, es así obligación del ingeniero mantenerse siempre actualizado en los conocimientos que le competen. De la misma forma las compañías deben ser responsables del entrenamiento para sus ingenieros así como de un replanteamiento constante de los métodos y herramientas utilizados en el negocio. En la mayoría de las empresas privadas existen contratos y acuerdos comerciales para el uso de software y otras herramientas de trabajo [82], esto limita en cierta medida una exploración más libre de opciones que favorecerían el desarrollo de los procesos, sin embargo no debe olvidarse que la razón de existir de una empresa es el generar ganancias, debe buscarse por lo tanto el equilibrio entre beneficios económicos a corto plazo y el mayor desarrollo para la ingeniería de la compañía.

Además de un entrenamiento técnico constante, la formación del ingeniero implica una constante reflexión y cuestionamiento del trabajo cotidiano llevado a cabo, se deben buscar nuevas soluciones que tiendan a una automatización de los procesos, ahorro en tiempo y costos, además de tratar de simplificar en mayor medida las herramientas y procesos.

El área eléctrica perteneciente a PD es un centro multidisciplinario que a pesar de formar un núcleo concreto de los módulos eléctricos/electrónicos del automóvil debe tener una estrecha relación con las distintas áreas de ingeniería (*powertrain*, pruebas, calibración, etc) para poder así entregar un producto eficiente y con la calidad que supere las expectativas del cliente. La formación como ingeniero mecatrónico cumple con esta necesidad multidisciplinaria de conocimientos, permite un análisis más detallado tanto de las herramientas de software como de los procesos de manufactura de los arneses, materiales y el uso de herramientas estadísticas para estudios de calidad y seguimiento de problemas.

Ford permite a los ingenieros una exploración casi total de las herramientas de todo el sistema, favoreciendo así la innovación y la generación de nuevas ideas que puedan hacer más eficientes el trabajo cotidiano permitiendo que la compañía y en última instancia el cliente se beneficie de dichas mejoras. Personalmente he desarrollado dos proyectos independientes del proceso de trabajo normal en ingeniería 2D como parte de las mejoras continuas en la compañía.

El primero de estos proyectos fue la revisión y creación de una nueva metodología para nuevas contrataciones en el área guiado por otros ingenieros del área. El segundo fue un proyecto personal para desarrollar un software que mejore los tiempos en el proceso del diseño y disminuya la posibilidad de errores humanos.

5.1. Creación de metodología de procesos

El departamento de ingeniería 2D requiere, como cualquier otro eslabón del proceso de desarrollo del producto, una metodología de trabajo que explique de manera clara y concisa el entorno, herramientas y los pasos correspondientes a dicho proceso. Si bien los roles del ingeniero han estado siempre bien establecidos, la mayor parte del aprendizaje se daba de manera empírica; las herramientas de software utilizadas carecían inicialmente de una apropiada documentación que guiara al nuevo ingeniero a través de la gama de conocimientos y tácticas específicas para el puesto.

Dado lo anterior surgió el proyecto de documentar una metodología apropiada específicamente para el departamento, así junto trabajando en conjunto con otros ingenieros del equipo comencé a tomar parte en el desarrollo de dicho proyecto. Se definieron los puntos faltantes en los métodos existentes tales como falta de homogeneidad en el formato, nuevos métodos requeridos por nuevas versiones del software y un ordenamiento secuencial del aprendizaje requerido para el puesto basado en los diagramas de flujo del área. Posteriormente se reunió la información necesaria con los miembros del equipo en la que cada uno aportaba su experiencia, con el objetivo de tener un compendio de las estrategias y atajos eficientes en los procedimientos. Analicé las propuestas y datos obtenidos y se unificaron en un mismo formato (definido en los documentos oficiales de la compañía) a los métodos existentes así como la creación de los faltantes de acuerdo al plan inicial secuencial de aprendizaje. La etapa de pruebas y evaluación consistió en que nuevos ingenieros llegados al área revisaran la nueva metodología y por medio de planos de arneses de prueba demostraran el conocimiento necesario para iniciar responsabilidades en planos reales. Dada la retroalimentación por los nuevos ingenieros, los métodos fueron revisados una vez más por el equipo y una vez obtenida la versión final se subieron a los sistemas de Ford como documentos oficiales aprobados por el departamento global de EDS en Dearborn. Por el estatus anterior es imposible mostrarlos en este reporte.

Los resultados obtenidos fueron un proceso de entrenamiento más corto, de estar contemplado inicialmente para dos meses, se redujo a un mes. Al generar documentos oficiales, estos se pueden usar como pruebas del departamento de EDS ante controversias con proveedores o con otras áreas de la compañía; antes del establecimiento formal de los métodos, parte de la información sobre diseño de planos era meramente verbal. Mostradas estas dos mejoras se concluyó el proyecto de la creación de una metodología de procesos exitosamente.

5.2. Método automático para la creación de planos derivativos

El objetivo de este proyecto personal fue la reducción del tiempo que toma la creación de los planos derivativos y los potenciales errores humanos que se pueden cometer al tratarse de un proceso manual, tales como el nombramiento erróneo de los planos o la inclusión de datos incorrectos.

Como se explicó anteriormente el proceso normal para la creación de planos es el generar un plano maestro el cual contiene en sí mismo todas las variantes que llevarán las diferentes opciones del automóvil. Los planos derivativos son aquellos que representan cada una de las versiones que se construirán del arnés; la forma de decidir que ramales irán en una u otra versión es a través de los circuitos. Existen una serie de códigos alfanuméricos denominados códigos MFAL (Lista de Características Disponibles en el Mercado, por sus siglas en inglés) en que cada uno representa una característica del automóvil, así cuando se decide que cierto conector o rama del arnés deberá ir para ciertas opciones lo que se hace es que los circuitos que apliquen para dicho conector se le incluye los códigos MFAL apropiados. De esta forma se tendrán tantos planos derivativos como versiones tenga el automóvil. El proceso para definir cada uno de los planos derivativos es que una vez generado el proyecto para el *composite* se elige el número de derivativos que llevará y se le asigna a cada uno los códigos MFAL correspondientes a dicho derivativo. Este procedimiento se llevaba a cabo de forma manual capturando los datos de la complejidad proporcionada por el ingeniero D&R la cual contiene las diferentes combinaciones de opciones para el vehículo. La forma general de una tabla de complejidad se muestra en la figura 5.1.

Derivative	MFAL1	MFAL2	MFAL3	MFAL4	MFAL5	MFAL6	MFAL7	MFAL8	MFAL9	MFAL10	MFAL11	MFAL12
E1XT-14A007-AA	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1
E1XT-14A007-AB	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1
E1XT-14A007-AC	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0
E1XT-14A007-AD	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1
E1XT-14A007-AE	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1
E1XT-14A007-AF	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
E1XT-14A007-AG	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1
E1XT-14A007-AH	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
E1XT-14A007-AJ	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1
E1XT-14A007-AK	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0
E1XT-14A007-AL	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
E1XT-14A007-AM	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
E1XT-14A007-AN	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1
E1XT-14A007-AP	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
E1XT-14A007-AR	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1
E1XT-14A007-AS	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1
E1XT-14A007-AT	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
E1XT-14A007-AU	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0

Figura 5.1 Tabla de complejidad

En la primera columna se muestran los derivativos y en el primer renglón los códigos MFAL que aplicarán para el plano. Cada número uno indica que dicho código MFAL estará contenido en ese plano derivativo, los ceros indicarán lo opuesto. Los nombres de los derivativos, códigos MFAL y la complejidad no son reales, solo servirán para ejemplificar la metodología.

El problema surge cuando los arneses son demasiado grandes; si el arnés es pequeño con una complejidad simple y pocos derivativos, la captura de los datos de la tabla no representará un problema, sin embargo en arneses muy grandes como el *body*, baterías, motor, etc. puede ser un proceso tardado y con gran probabilidad de cometer errores. Dependiendo del tamaño del arnés son los elementos eléctricos con los que éste cuenta, así en arneses más grandes la complejidad será mayor dado el número de posibilidades de construcción del mismo, mientras que en un arnés pequeño que cuenta con pocos elementos eléctricos, éstos no variarán demasiado en las diferentes versiones. Es por lo anterior que surge la necesidad de automatizar el procedimiento enfocado a arneses grandes.

La solución que encontré fue trasladar la información de la tabla directamente a un archivo XML que pudiera ser importado sin que el ingeniero tuviera que interactuar directamente con el contenido, logrando así que la información pasara íntegra de la complejidad al plano. Dado lo anterior el siguiente paso fue resolver el algoritmo de programación que permitiera la automatización del proceso, tomando los datos directamente de la tabla de complejidad en Excel® a un archivo XML totalmente compatible con Capital Harness XC®. En el anexo 8.1 se muestra el diagrama de flujo seguido para la programación. Para la implementación de la solución decidí utilizar el lenguaje de programación C# dado que Ford tiene las licencias necesarias de Microsoft® con Visual Studio® en su versión 2012 para el desarrollo de aplicaciones que mejoren los procesos internos de la compañía.

Para la captura de datos de la tabla de complejidad en Excel® se utilizaron los comandos de lectura de las librerías correspondientes mostradas en el anexo 8.2, así como los comandos de escritura en XML para el traslado de la información al archivo que Capital Harness XC® leería fácilmente. Se proporcionó la opción de elegir entre tener el archivo en XML (listo para su importación) o en TXT, el cual es un archivo menos pesado que el XML por si requería ser adjuntado a algún correo electrónico o ser subido al sistema. Se agregaron cuatro subrutinas con excepciones que mantienen al programa fuera de fallos por algún error de ingreso de datos por parte del usuario. A continuación se describe la operación de cada subrutina:

- Subrutina **Existe**: verifica que el archivo en Excel® de la complejidad exista en la ubicación definida por el usuario, y que ésta sea una ruta válida, en caso contrario, se le permite al usuario corregir el error.
- Subrutina **Existe2**: verifica que la ruta de guardado del nuevo archivo XML sea válida, manda una excepción en caso contrario y pregunta sobre el formato de guardado del archivo a crear (XML o TXT)
- Subrutina **nombreakarchivo**: chequea que el nombre dado al archivo a crear no sea una cadena vacía.
- Subrutina **xmltxt**: verifica que el formato introducido para guardar el archivo a crear (xml o txt) haya sido correctamente escrito.

Uno de los problemas que tuve que resolver en la lectura y captura de datos de la tabla de Excel surge en la denominación dada al rango de cada celda; la lectura se llevó a cabo de forma

horizontal primero recorriendo el total de los códigos MFAL para llenar una sección del formato del XML aceptado por Capital Harness XC® para su importación para posteriormente recorrer cada renglón de cada derivativo, así cuando los códigos MFAL son pocos (menor a 26), el rango de la celda es dado por una letra (A-Z) y un número, lo cual no representa mayor problema al simplemente convertir el ASCII de las letras y agregarle el número de renglón en que se ubique y extraer el valor de la celda:

```
else
{
    letra = Convert.ToString(Convert.ToChar(i)); //Convertir ASCII a string
    Rango = Hoja.get_Range(letra + j); //Definir el rango mediante letra + renglon
    Valor = Rango.Value2.ToString(); // Obtener el valor de la Celda
    if (Valor == "1")
    {
        Rango = Hoja.get_Range(letra + 1); //Rango de MFAL correspondiente
        Codigo = Rango.Value2.ToString();
        Console.WriteLine("MFAL: {0}", Codigo);
        SW.WriteLine("        <optionref name=\"{0}\"/>", Codigo); //Escritura en XML
    }
}
```

Sin embargo cuando se llega a la celda Z1 la siguiente celda será AA1 para la cual se deben definir nuevas condiciones. Primeramente el ASCII de la letra A es 65, sin embargo dado el formato de la tabla de complejidad, los códigos MFAL empiezan en la celda B1 y el ASCII de la letra Z es 90, lo que tenemos en el comando de conversión:

```
letra = Convert.ToString(Convert.ToChar(i - 26 * (orden_2 - 64)));
```

Se trata de una doble conversión primero al tipo Char y después a String, la “i” es el contador del ciclo *for* que entra en dicho comando si se ha llegado a ser mayor que la celda Z, es decir mayor que 90, “orden_2” será la primera de las dos letras en el nuevo rango que se inicializa con la letra A, es decir el 65 en ASCII, dadas las 26 letras se multiplicará 26 por la resta de orden_2 – 64 todo esto restado a la “i” del contador. Por ejemplo si se estará entrando a la celda AA1, tenemos:

$$i = 90,$$

$$\text{orden_2} = 65,$$

Sustituyendo:

$$90 - 26 * (65 - 64) = 65 \text{ (letra A)}$$

Teniendo así resuelto el problema para la segunda letra sólo falta agregar la primera letra (orden_2) con otro contador externo y reiniciando en la letra A cada vez que se llegue a Z.

El resto del programa consiste en ir leyendo toda la tabla y plasmar su contenido en el archivo XML, el cual se importará directamente al *composite* y automáticamente se crearán los planos derivativos con las opciones dadas.

Con la implementación de éste nuevo método automático se mejoraron tiempos de entrega significativamente, mientras que para un plano grande podría llevar cuatro horas la captura y creación de los derivados (tiempo tomado para un plano del body diésel Europa, conducción izquierda) ahora éste proceso toma alrededor de quince minutos (tiempo tomado para el plano del body diésel Europa, conducción derecha). La implementación puede ser libre para cualquier plano y tamaño, sin embargo se recomienda para planos grandes en que la captura de datos manuales pueda representar un problema de tiempo y esfuerzo. La aplicación se subió a los archivos compartidos de EDS para que cualquier ingeniero del área pudiera descargarla. Inicialmente se solicitó a un grupo de tres ingenieros que la usaran para sus planos como método de prueba y retroalimentación, los comentarios fueron satisfactorios por el menor tiempo empleado y se sugirió un entorno gráfico más amigable para una segunda versión.

Con dicho proyecto obtuve la certificación *Green Belt* otorgada por la compañía.

6. Conclusiones

Trabajar como ingeniero en la industria privada me ha ofrecido una visión más amplia sobre la labor que la ingeniería tiene en los mecanismos económicos y sociales del país como motor de desarrollo y generador de empleos. Ejercer como ingeniero de Ford ha complementado los conocimientos adquiridos durante la universidad; las ciencias básicas tienen un papel fundamental en la práctica de cualquier actividad diaria, específicamente para el puesto que ejerzo, la electricidad y el magnetismo presentan conceptos base para la toma de decisiones sobre la manufactura de los arneses, tales como los campos electromagnéticos generados, el calibre de los cables dada la corriente y el voltaje específico, entre otros, se puede mencionar también las asignaturas de diseño en CAD como herramientas importantes en el proceso de la concepción dimensional de los arneses, el dibujo técnico, tolerancias y normas que aplican en la interpretación y generación de planos, los procesos de soldadura aprendidos durante la asignatura de Ingeniería de Manufactura y complementados con las visitas realizadas a las plantas de arneses al observar las técnicas de soldado del cableado. Así también, el trabajo profesional, me ha hecho consciente, como recién egresado, sobre los retos de vinculación con la industria que la educación pública en México necesita vencer para formar lazos más fuertes entre la investigación llevada a cabo en las universidades y la industria privada.

La formación como ingeniero no debe terminar con las materias formales aprendidas en el ámbito escolar, por el contrario, debe buscarse un aprendizaje continuo; las tecnologías, métodos y técnicas en el campo estarán constantemente renovándose; todo éste nuevo bagaje de conocimientos provee de una experiencia perspectiva sobre el manejo de una compañía de ingeniería, me ha enseñado a establecer un equilibrio en las evaluaciones de costos de un producto frente a potenciales mejoras que éste podría llegar a tener, una visión sobre lo que el cliente requiere y cómo se puede llegar a superar sus expectativas mediante el establecimiento de mecanismos de innovación continua. Para poder poner a girar un mecanismo funcional de una

empresa, el dinero siempre marcará ciertos límites, pero también permitirá libertades sabiendo balancear adecuadamente las partes que intervienen en la creación de un producto.

Anteriormente el diseño de arneses era encargado en su totalidad a un proveedor que se dedicaba a la completa manufactura y diseño de los arneses basado en especificaciones y restricciones provistas por los ingenieros de Ford. El experimento para la reducción de costos de volver a diseñar dentro de la compañía y específicamente en México, ha dejado buenos resultados aunque también implicó algunas barreras a vencer, como son un trabajo constante y muy cercano al proveedor, coordinación de los equipos de México y Estados Unidos además de un conocimiento amplio sobre los procesos de manufactura de las plantas de arneses eléctricos para la resolución de problemas de diseño.

Todo lo anteriormente mencionado, me ha proporcionado una cantidad importante de nuevos conocimientos técnicos, experiencia con problemas reales de la industria y complementa adecuadamente los aprendizajes obtenidos en la universidad.

7. Referencias

- [1] Evolución histórica de las empresas, Entre Códigos [online], Rubén Cantón, 2008. Disponible en: <http://www.entrecodigos.com/2008/03/evolucion-historica-empresas-1.html>
- [2] Historia económica mundial [online], L.A.D.E. Facultade de CC. Económicas e Empresariais de Vigo, 2003. Disponible en: http://webs.uvigo.es/cfacal/04esquema4_2.htm
- [3] It Happened in Chicago [online], Bob Halloran , Scotti Cohn, 2009. Disponible en: http://books.google.com.mx/books?id=GHJNzuvDrT8C&pg=PA60&lpg=PA60&dq=The+new+mechanical+wagon+with+the+awful+name+automobile+has+come+to+stay&source=bl&ots=Z_SAwcHZke&sig=i_StiLgJsquilvuhmEBkL74Gtao&hl=es&sa=X&ei=KOJxUqOCCK7esASW04HQDA&ved=0CEIQ6AEwAg#v=onepage&q=The%20new%20mechanical%20wagon%20with%20the%20awful%20name%20automobile%20has%20come%20to%20stay&f=false
- [4] Automobile History, About Money [online], Mary Bellis. Disponible en: http://inventors.about.com/od/cstartinventions/a/Car_History.htm
- [5] The birth of the automobile, Benz Patent Motor Car, the first automobile (1885 – 1886) [online], 2014. Disponible en: <http://www.daimler.com/dccom/0-5-1322446-1-1323352-1-0-0-1322455-0-0-135-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0.html>
- [6] Did da Vinci really sketch a primitive version of the car?, How stuff Works [online], John Fuller. Disponible en: <http://auto.howstuffworks.com/da-vinci-car1.htm>
- [7] Wheels: Driven by Genius, Robb Report [online], Matt Davis, 2002. Disponible en: <http://robbreport.com/Automobiles/Wheels-Driven-by-Genius>
- [8] Self-Propelled Cart, Leonardo Da Vinci inventions [online], 2008. Disponible en: <http://www.da-vinci-inventions.com/self-propelled-cart.aspx>
- [9] Leonardo's car brought to life, The Guardian [online], John Hooper, 2004. Disponible en: <http://www.theguardian.com/world/2004/apr/24/italy.arts>
- [10] MMIM Hall of Fame: Nicolas-Joseph Cugnot, The Motor Museum in Miniature [online]. Disponible en: <http://www.themotormuseuminminiature.co.uk/inv-nicolas-cugnot.php>
- [11] Ferdinand Verbiest: Early Visionary of Auto-motion, Autoviva [online], 2011. Disponible en: http://www.autoviva.com/news/ferdinand_verbiest_early_visionary_of_auto_motion/575
- [12] History of Electric Vehicles, The Early Years, Electric Cars from 1830 to 1930, About money [online], Mary Bellis, 2014. Disponible en: <http://inventors.about.com/od/estartinventions/a/History-Of-Electric-Vehicles.htm>

- [13] Nikolaus Otto, From Wikipedia, the free encyclopedia [online]. Disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Nikolaus_Otto
- [14] Jean-Joseph-Étienne Lenoir Biography (1822-1900), How Products Are Made [online], 2014. Disponible en: <http://www.madehow.com/inventorbios/26/Jean-Joseph-tienne-Lenoir.html>
- [15] 4-Stroke Internal Combustion Engine, Glen Research Center, NASA [online], 2014. Disponible en: <http://www.grc.nasa.gov/WWW/k-12/airplane/engopt.html>
- [16] El ciclo Otto, Sensei Coche. Imagen disponible en: <http://www.senseikoche.com/preguntas-y-dudas-frecuentes-el-ciclo-otto.html>
- [17] Eugen Langen, From Wikipedia, the free encyclopedia [online]. Disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Eugen_Langen
- [18] Nicolaus August Otto, Museo Virtual [online], 2009. Disponible en: http://historico.oepm.es/museovirtual/contenido/grandes_inventores_ficha.asp?tipo=INVENTOR&idm=es&sep=4&xml=Nikolaus%20August%20Otto
- [19] The birth of the automobile Benz Patent Motor Car, double-pivot steering, contra engine, planetary gear transmission (1891 – 1897) [online], 2014. Disponible en: <http://www.daimler.com/dccom/0-5-1322446-1-1323352-1-0-0-1322455-0-0-135-0-0-0-0-0-0-0.html>
- [20] Karl Friedrich Benz, EcuRed [online]. Disponible en: http://www.ecured.cu/index.php/Karl_Friedrich_Benz
- [21] Karl Benz "El Inventor", Bertha Benz Memorial Route [online], Armando Fernandez. Disponible en: <http://automobil-geschichte.com/index.php/historia/biografias/5-karl-benz-el-inventor>
- [22] Motorwagen Benz 1886: El primer automóvil del mundo, No solo ingeniería [online], Paco Gómez, 2013. Disponible en: <http://nosoloingenieria.com/motorwagen-benz-primer-automovil-mundo/>
- [23] The workaholic who made the automotive revolution possible, European Automotive Hall of Fame [online], Bradford Wernle, 2006. Disponible en: <http://www.autonews.com/files/euroauto/inductees/daimler.htm>
- [24] Motorwagen Benz 1886: El primer automóvil del mundo, No solo ingeniería [online], Paco Gómez, 2013. Imagen disponible en: http://nosoloingenieria.com/wp-content/uploads/2013/05/Benz_Patent_Motorwagen_3-1.jpg
- [25] Gottlieb Daimler, About Money [online], Mary Bellis, 2014. Disponible en: http://inventors.about.com/od/dstartinventors/a/Gottlieb_Daimler.htm

- [26] Benz & Cie. and Daimler-Motoren-Gesellschaft, Corporate history of Daimler AG [online], 2014. Disponible en: <http://media.daimler.com/dcmmedia/0-921-614822-1-1419009-1-0-0-0-0-11702-0-0-1-0-0-0-0-0.html>
- [27] Misterios resueltos: El primer auto en México, Espacio en Blanco [online], Héctor de Mauleón Peatonalizer, 2013. Disponible en: <http://foroparalelodemilenioelotroforo.blogspot.mx/2013/06/misterios-resueltos-el-primer-auto-en.html>
- [28] PANHARD ET LEVASSOR Y PEUGEOT, Tecnología Automóvil [online], Miguel Fernández González, 2013. Disponible en: <http://tecnologiacoche.blogspot.mx/2013/11/panhard-et-levassor-y-peugeot.html>
- [29] Sector Automotriz, ProMéxico [online], 2012. Disponible en: http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/69/4/130522_FC_automotriz_ES_VF.pdf
- [30] México, el octavo fabricante mundial de autos, El Universal [online], Notimex, 2014. Disponible en: <http://www.eluniversal.com.mx/finanzas-cartera/2014/industria-automotriz-977991.html>
- [31] Global Auto Report, Scotiabank [online], Carlos Gomes, 2014. Disponible en: http://www.gbm.scotiabank.com/English/bns_econ/bns_auto.pdf
- [32] Do you know where to establish automotive operations in Mexico?, International Expansion Services [online], 2011. Disponible en: <http://es.intexser.com/industrias/automotriz>
- [33] Automóviles, motor económico de México, CNN Expansión [online], Jesús Ugarte Gaona, 2013. Disponible en: <http://www.cnnexpansion.com/negocios/2013/03/21/autos-el-nuevo-petroleo-de-mexico>
- [34] Ford reclutará más ingenieros para diseño, Manufactura [online], Ivet Rodríguez, 2013. Disponible en: <http://www.manufactura.mx/industria/2014/04/03/ford-reclutara-mas-ingenieros-para-diseno>
- [35] Industria automotriz es clave para divisas, México Xport [online], 2014. Disponible en: <http://mexicoxport.com/noticias/10850/industria-automotriz-es-clave-divisas>
- [36] La planta de Volkswagen de México en Puebla, número uno en Norteamérica durante todo el 2013, Noticias Volkswagen México [online], 2014. Disponible en: http://www.vw.com.mx/es/mundo_volkswagen/noticias.suffix.html/noticias~2Fla-planta-de-volkswagen-de-mexico-en-puebla--numero-uno-en-norte.html
- [37] The Mexican Automotive Industry has a Long History, The Offshore Group [online], 2012. Disponible en: <http://offshoregroup.com/2012/09/28/the-mexican-automotive-industry-has-a-long-history/>

- [38] SYNC, Ford de México [online], 2014. Disponible en: <http://www.ford.mx/sync>
- [39] Vehículo de combustible alternativo, Wikipedia la enciclopedia libre [online]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_de_combustible_alternativo
- [40] Cómo funciona un coche híbrido, Motorpasión [online], 2009. Disponible en: <http://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/como-funciona-un-coche-hibrido>
- [41] How Hybrids Work, U.S. Department of Energy [online], 2014. Disponible en: <http://www.fueleconomy.gov/feg/hybridtech.shtml>
- [42] Hybridcars, Auto alternatives for the 21th century [online], 2014. Disponible en: <http://www.hybridcars.com/>
- [43] How Do Hybrid Cars Work?, ABC News [online], Paul Eng, 2014, Disponible en: <http://abcnews.go.com/Technology/Hybrid/story?id=97518>
- [44] History of Electric Vehicles, The Early Years, Electric Cars from 1830 to 1930, About Money [online], Mary Bellis, 2014. Disponible en: <http://inventors.about.com/od/estartinventions/a/History-Of-Electric-Vehicles.htm>
- [45] Coches eléctricos: ¿qué son y cómo funcionan?, Motorpasión [online], 2010. Disponible en: <http://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/coches-electricos-que-son-y-como-funcionan>
- [46] ¿Cómo funciona un coche eléctrico?, Mis coches eléctricos [online], 2013. Disponible en: <http://www.miscocheselectricos.com/como-funciona-coche-electrico-135.html>
- [47] How Electric Cars Work, How Stuff Works [online], Marshall Brain, 2014. Disponible en: <http://auto.howstuffworks.com/electric-car.htm>
- [48] All-Electric Vehicles (EVs), U.S. Department of Energy [online], 2014. Disponible en: <http://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml>
- [49] Autos de hidrógeno, el futuro cercano, CNN Expansión [online], Brian Dumaine, 2013. Disponible en: <http://www.cnnexpansion.com/negocios/2013/08/28/llego-el-momento-del-auto-de-hidrogeno>
- [50] How Hydrogen Cars Work, How Stuff Works [online], Christopher Lampton, 2014. Disponible en: <http://auto.howstuffworks.com/fuel-efficiency/hybrid-technology/hydrogen-cars.htm>
- [51] The future of Wire, Assembly Mag [online], 2014. Disponible en: <http://www.assemblymag.com/articles/89028-wire-processing-the-future-of-wire>
- [52] Ford Motor Company takes its first order, History Channel [online], 2014, Disponible en: <http://www.history.com/this-day-in-history/ford-motor-company-takes-its-first-order>

- [53] The Life of Henry Ford, The Henry Ford [online], 2013. Disponible en: <http://www.thehenryford.org/exhibits/hf/>
- [54] Henry Ford leaves Edison to start automobile Company, History Channel [online], 2014. Disponible en: <http://www.history.com/this-day-in-history/henry-ford-leaves-edison-to-start-automobile-company>
- [55] Henry Ford Changes the World, 1908, Eyes Witness to History [online], 2005. Disponible en: <http://www.eyewitnesstohistory.com/ford.htm>
- [56] Ford Motor Company incorporated, History Channel [online], 2014. Disponible en: <http://www.history.com/this-day-in-history/ford-motor-company-incorporated>
- [57] Ford Motor Company History, Ford Motor History [online]. Disponible en: <http://www.fordmotorhistory.com/history/>
- [58] Heritage, Ford [online], 2014. Disponible en: <http://corporate.ford.com/our-company/heritage/heritage-news-detail/650-henry-ford>
- [59] MODEL T, History Channel [online], 2014. Disponible en: <http://www.history.com/topics/model-t>
- [60] Ford, Mazda, Volvo Doing Well Separately, Car Review Soup [online], John Gilbert, 2011. Disponible en: <http://www.carreviewsoup.com/ford-mazda-volvo-doing-well-separately>
- [61] Ford Motor Company, Wikipedia la Enciclopedia Libre [online]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Ford_Motor_Company
- [62] Ford Mustang is First Produced, World History Project [online], Kevin Rogers, 2014. Disponible en: <http://worldhistoryproject.org/1964/3/9/ford-mustang-is-first-produced>
- [63] Henry Ford II leaves post at Ford Foundation, History Channel [online], 2014. Disponible en: <http://www.history.com/this-day-in-history/henry-ford-ii-leaves-post-at-ford-foundation>
- [64] Ford CEO: Bankruptcy 'Not an Option', Fox News [online], Reuters, 2006. Disponible en: <http://www.foxnews.com/story/2006/06/29/ford-ceo-bankruptcy-not-option/>
- [65] One Ford, el futuro de toda una marca, Las Provincias [online]. Disponible en: <http://ford.lasprovincias.es/industria/one-ford-futuro-toda-marca>
- [66] Ford gets its iconic 'Blue Oval' logo out of hock, CNN Money [online], Peter Valdes-Dapena, 2012. Disponible en: <http://money.cnn.com/2012/05/22/autos/ford-investment-grade/>

[67] Leading in the 21st century: An interview with Ford's Alan Mulally, McKinsey & Company [online], 2013. Disponible en: http://www.mckinsey.com/insights/strategy/leading_in_the_21st_century_an_interview_with_fords_alan_mulally

[68] Cable harness from Wikipedia, the free encyclopedia [online]. Disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Cable_harness#mediaviewer/File:Wire_harness_for_aftermarket_head_unit.jpeg

[69] Chrysler VES, Bahrnet [online]. Imagen disponible en: <http://bahrnet.dyndns.org:2980/webshare/Chrysler%20VES/ConnectorBIG1.JPG>

[70] Honda Tech [online], 2014. Imagen disponible en: http://honda-tech.com/attachments/honda-crx-ef-civic-1988-1991-3/192809d1298225380-need-help-engine-harness-terminals-img_0544.jpg

[71] ebay [online]. Imagen disponible en: http://galleryplus.ebayimg.com/ws/web/121268586445_1_0_1/1000x1000.jpg

[72] Autopartsdb [online]. Imagen disponible en: <http://www.autopartsdb.net/assets/images/ProductImg/M/MN1782.JPG>

[73] Wiring Harness, Photobucket [online], Imagen disponible en: <http://i175.photobucket.com/albums/w139/homeslicej2/Wiring%20Harness%20after%20Durdan/WiringHarness009.jpg>

[74] Shield, Volusion [online], Imagen disponible en: <http://cdn3.volusion.com/oeqtu.yesza/v/vspfiles/photos/XJ6-2G13-Shield-DAC1745-2.jpg>

[75] Ford presentó un modelo de vehículo de peso ligero, La opinión [online], Enrique Kogan, 2014. Disponible en: <http://www.laopinion.com/ford-presento-modelo-peso-ligero>

[76] Heating Effects: Joule's Law, TutorVista [online], 2014. Disponible en: <http://www.tutorvista.com/content/physics/physics-iv/thermal-chemical-currents/joules-law.php>

[77] Basic Car Audio Electronics [online]. Imagen disponible en: http://www.bcae1.com/images/jpegs/IMG_7050b.jpg

Value Stock Photo [online]. Imagen disponible en: http://valuestockphoto.com/downloads/15004-2/car_fuse0933.jpg

[78] PML Portal [online]. Imagen disponible en: http://www.plmportal.org/tl_files/plm/img/profile/ITAnbieter/AUCOTEC%20AG/07_IMG_0081.JPG

[79] GM Wire Loom Routing Clip, Clips and Fasteners [online]. Imagen disponible en:
http://www.clipsandfasteners.com/GM_Wire_Loom_Routing_Clip_1_4_I_D_p/a19440.htm

[80] How Ultrasonic Welding Works, How Stuff Works [online], Craig Freudenrich. Disponible en:
<http://science.howstuffworks.com/ultrasonic-welding.htm>

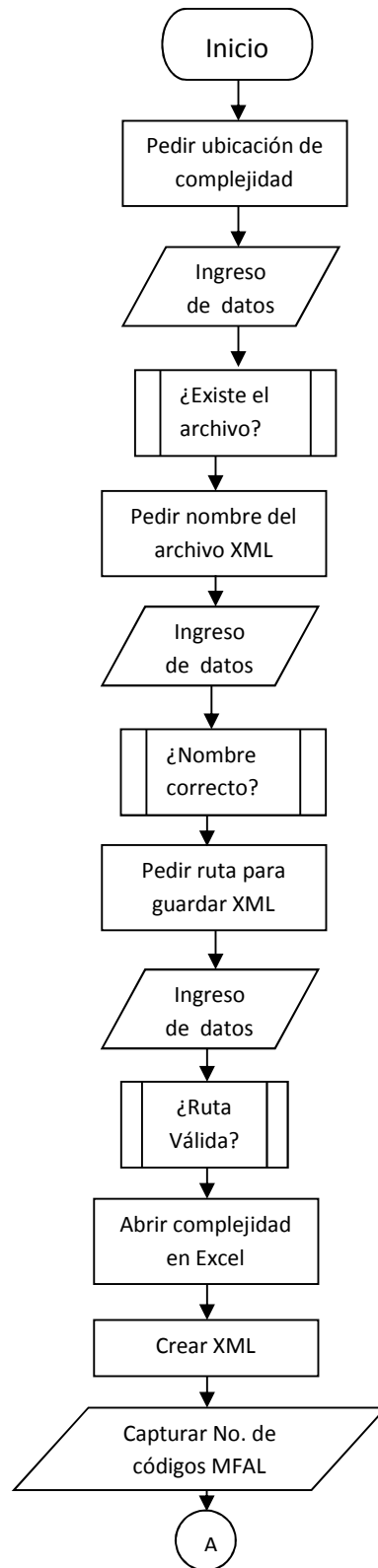
[81] 2014 General Motors recall, From Wikipedia the free encyclopedia [online]. Disponible en:
http://en.wikipedia.org/wiki/2014_General_Motors_recall

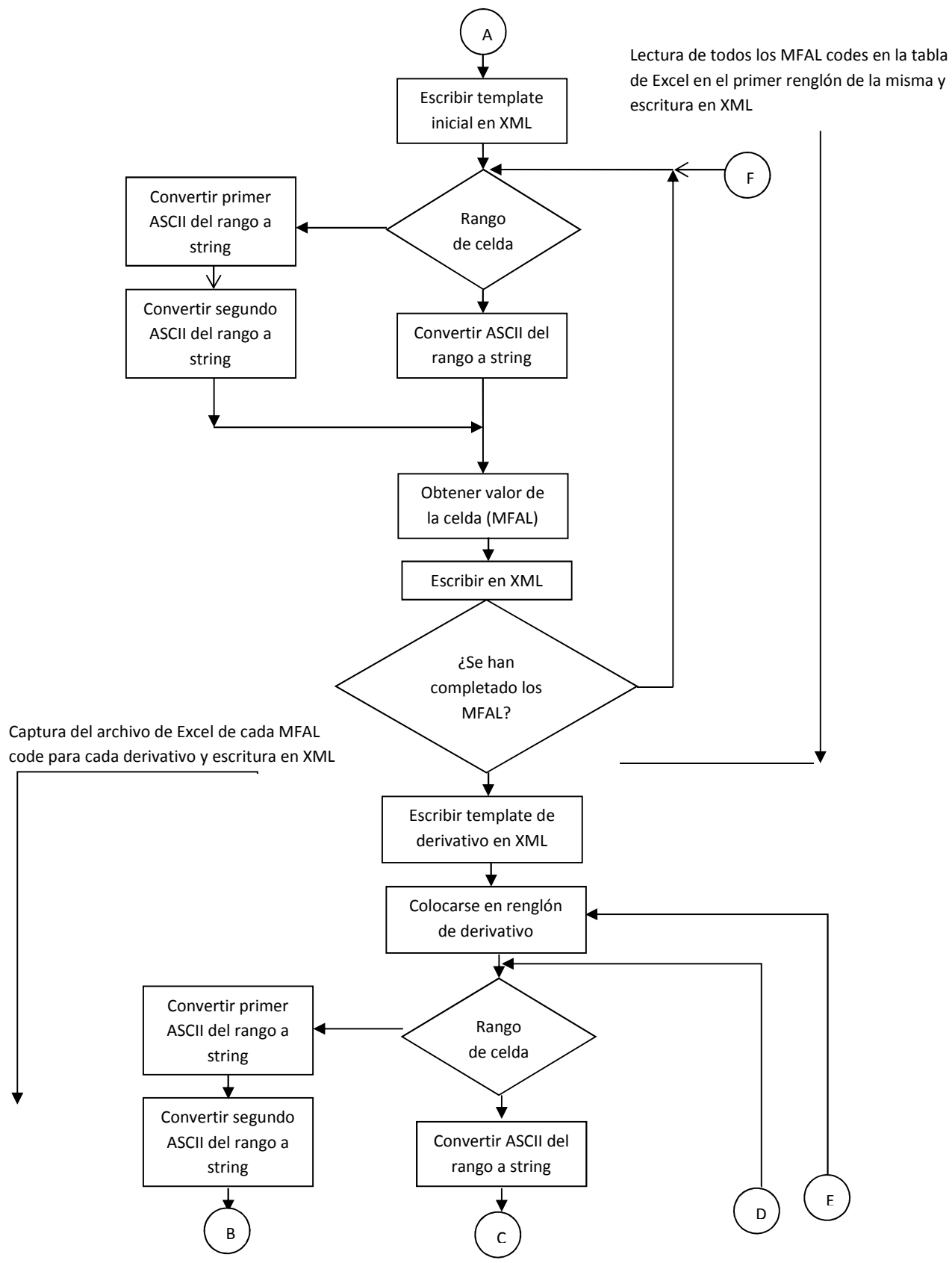
[82] The Next Wave of Software Business Strategy, Sterling-Hoffman [online], M.R. Rangaswami, 2014. Disponible en: <http://www.sterlinghoffman.com/newsletter/articles/the-next-wave-of-software-business-strategy.html>

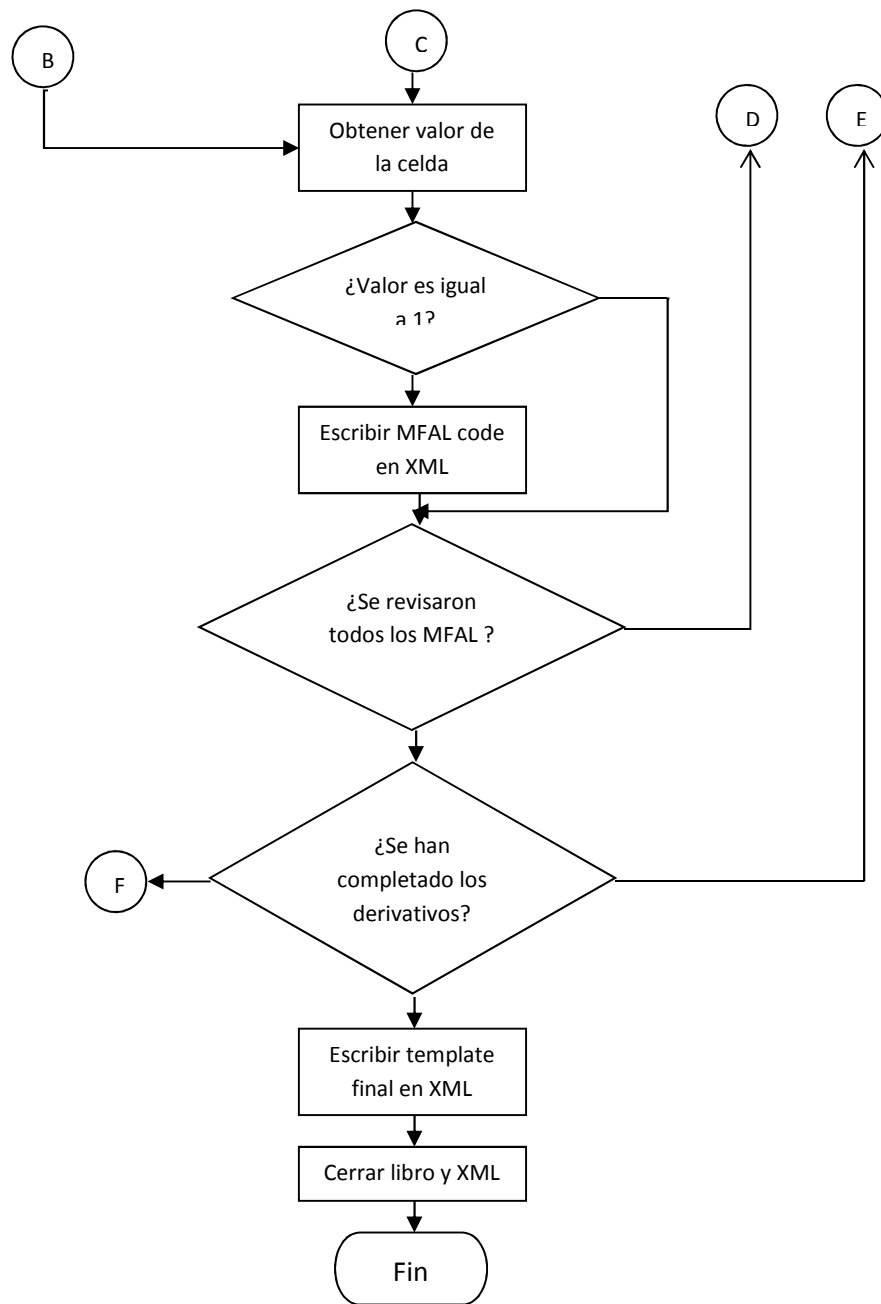
[83] DESKENG [online]. Imagen disponible en: http://www.deskeng.com/de/img/plm-solution-integrated-across-disciplines_1.jpg

8. Anexos

8.1. Diagrama de flujo del programa







8.2. Código

La estructura confidencial del XML se transcribe como "Estructura Confidencial XML"

```
9. using System;
10. using System.Collections.Generic;
11. using System.Linq;
12. using System.Text;
13. using Excel = Microsoft.Office.Interop.Excel;
14. using System.IO;
15.
16. namespace ConsoleApplication1
17. {
18.     class Program
19.     {
20.         static void Main(string[] args)
21.         {
22.             Excel.Application APexcel = null;
23.             Excel.Workbook Libro = null;
24.             Excel.Worksheet Hoja = null;
25.             Excel.Range Rango = null;
26.             String Valor;
27.             String[] Opciones = new String[4];
28.             int MFAL;
29.             int niveles;
30.             int i;
31.             string letra;
32.             string Codigo;
33.             int j;
34.             int k;
35.             int primera = 0;
36.             string complejidad;
37.             string archivo;
38.             string ruta;
39.
40.             int contador = 1;
41.             int orden = 65;
42.             string conversion;
43.
44.             int contador_2 = 1;
45.             int orden_2 = 65;
46.             string conversion_2;
47.
48.
49.             Console.WriteLine(":::::HEY!:::::\n");
50.             Console.WriteLine("Dame la dirección donde se encuentra
la tabla de complejidad y presiona enter");
51.             complejidad = Existe();
52.             Console.WriteLine("\nDame el nombre de tu archivo XML");
53.             archivo = nombrearchivo();
54.             Console.WriteLine("\nDame la ruta donde deseas que sea
guardado tu archivo");
55.             ruta = Existe2(archivo);
56.             Console.Clear();
57.             //Hoja de excel
58.             APexcel = new
Microsoft.Office.Interop.Excel.Application();
59.             APexcel.Visible = false;
60.             Libro = APexcel.Workbooks.Open(complejidad,
Type.Missing, true, Type.Missing, Type.Missing, Type.Missing,
Type.Missing, Type.Missing, Type.Missing, Type.Missing,
Type.Missing, Type.Missing, Type.Missing, Type.Missing,
Type.Missing);
61.             Hoja = (Excel.Worksheet)Libro.ActiveSheet;
62.
63.             //TXT que se convertirá en XML
64.             StreamWriter SW = new StreamWriter(ruta);
```

Librerías

Estructura para hoja de Excel

Definición de variables

Captura de datos y apertura de hoja de Excel

```

65. SW.WriteLine("<Estructura confidencial XML>");
66. SW.WriteLine("<Estructura confidencial XML >");
67. SW.WriteLine(" < Estructura confidencial XML >");
68.
69. Console.WriteLine("::::RESPONDE!::::\n");
70. Console.WriteLine("¿Cuántos MFAL codes existen?");
71. MFAL = Convert.ToInt32(Console.ReadLine());
72. Console.WriteLine("\n¿Cuántos niveles existen?");
73. niveles = Convert.ToInt32(Console.ReadLine());
74. Console.Clear();
75.
76. Console.WriteLine("---Tus MFAL codes son---:");
77. for (k = 66; k < MFAL + 66; k++)
78. {
79.     if (k > 90)//Para el cambio entre A1 y AA1, etc, 90
es el numero de a Z
80.     {
81.         letra = Convert.ToString(Convert.ToChar(k -
26*(orden-64)));//Son 26 letras
82.         conversion =
Convert.ToString(Convert.ToChar(orden));
83.
84.         Rango = Hoja.get_Range(conversion + letra + 1);
85.         Valor = Rango.Value2.ToString();
86.         Console.WriteLine(Valor);
87.         SW.WriteLine("    <option name=\"{0}\"/>",
Valor);
88.         contador++;
89.
90.         if(contador==27)
91.         {
92.             orden = orden + 1;
93.             contador = 1;
94.         }
95.     }
96.     else //Si son pocos MFAL codes
97.     {
98.         letra = Convert.ToString(Convert.ToChar(k));
99.         Rango = Hoja.get_Range(letra + 1);
100.        Valor = Rango.Value2.ToString();
101.        Console.WriteLine(Valor);
102.        SW.WriteLine("    <option name=\"{0}\"/>",
Valor);
103.    }
104.
105. }
106. SW.WriteLine(" < Estructura confidencial XML >");
107. SW.WriteLine("< Estructura confidencial XML >");
108. SW.WriteLine("    < Estructura confidencial XML >");
109. SW.WriteLine(" < Estructura confidencial XML >");
110. SW.WriteLine("< Estructura confidencial XML >");
111. SW.WriteLine("< Estructura confidencial XML >");
112. SW.WriteLine("    Estructura confidencial XML >");
113. SW.WriteLine("    < Estructura confidencial XML >");
114. Console.WriteLine("\n");
115.
116. Console.WriteLine("-----Tus niveles:-----");
117. for (j = 2; j < niveles + 2; j++)
118. {
119.     Rango = Hoja.get_Range("A" + j);
120.     Valor = Rango.Value2.ToString();
121.     Console.WriteLine("\n::::Nivel {0}::::", Valor);
122.
123.     if (primera == 0)
124.         primera = 1;
125.     else
126.         SW.WriteLine("    </derivative>");
127.

```

Captura de MFAL y niveles existentes

Lectura de complejidad y escritura en XML

Escritura en XML

Escritura de niveles en XML

```

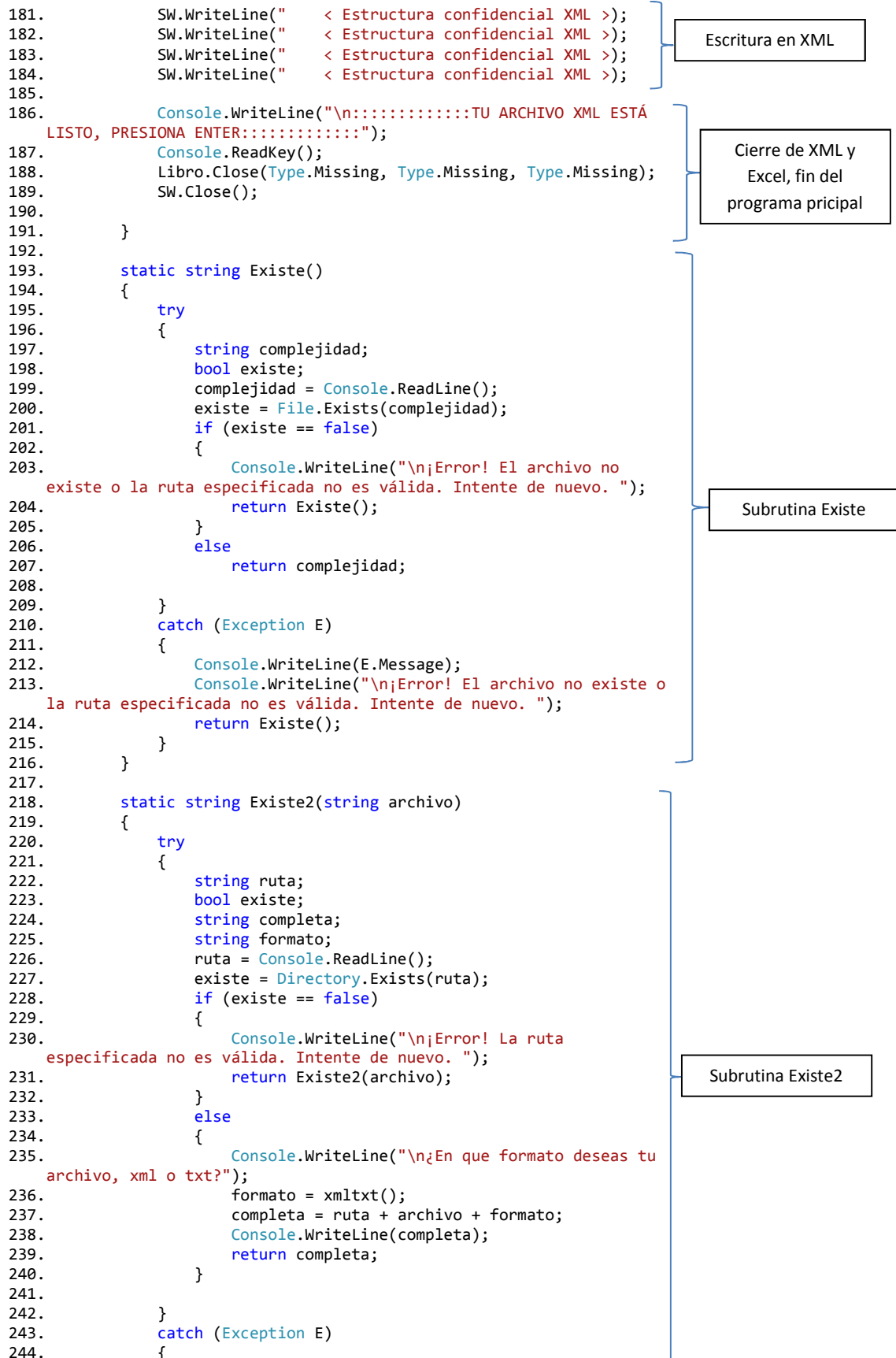
128.         SW.WriteLine("    <derivative id=\"harnesslevel1\"
129. name=\"{0}\" partnumber=\"{0}\" revision=\"A\">", Valor);
130.         orden_2 = 65;
131.         contador_2 = 1;
132.
133.         for (i = 66; i < MFAL + 66; i++)
134.         {
135.             if (i > 90)//Si se llega al caso de cambio entre
136. Z1 y AA1, 90 es el numero de la z
137.             {
138.                 letra = Convert.ToString(Convert.ToChar(i -
139. 26 * (orden_2 - 64))); // conversión de segunda letra
140.                 conversion_2 =
141. Convert.ToString(Convert.ToChar(orden_2)); //conversión de la
142. primera letra
143.                 Rango = Hoja.get_Range(conversion_2+letra +
144. j); //rango de la celda
145.                 Valor = Rango.Value2.ToString(); //obtención
146. del valor de la celda
147.                 if (Valor == "1")
148.                 {
149.                     Rango =
150. Hoja.get_Range(conversion_2+letra + 1); //MFAL code en primer
151. renglon
152.                     Codigo = Rango.Value2.ToString();
153.                     Console.WriteLine("MFAL: {0}", Codigo);
154.                     SW.WriteLine("    <optionref
155. name=\"{0}\"/>", Codigo); // Escritura en XML
156.                 }
157.                 contador_2++; //contador de primera letra
158.
159.                 if (contador_2 == 27) //Cuando se ha llegado
160. a z
161.                 {
162.                     orden_2 = orden_2 + 1;
163.                     contador_2 = 1; //reset del contador
164.                 }
165.             }
166.             else
167.             {
168.                 letra = Convert.ToString(Convert.ToChar(i));
169. //Convertir ASCII a string
170.                 Rango = Hoja.get_Range(letra + j); //Definir
171. el rango mediante letra + renglon
172.                 Valor = Rango.Value2.ToString(); // Obtener
173. el valor de la Celda
174.                 if (Valor == "1")
175.                 {
176.                     Rango = Hoja.get_Range(letra + 1);
177. //Rango de MFAL correspondiente
178.                     Codigo = Rango.Value2.ToString();
179.                     Console.WriteLine("MFAL: {0}", Codigo);
180.                     SW.WriteLine("    <optionref
181. name=\"{0}\"/>", Codigo); //Escritura en XML
182.                 }
183.             }
184.         }
185.     }
186. }
187.
188. SW.WriteLine(" < Estructura confidencial XML >");
189. SW.WriteLine(" < Estructura confidencial XML >");
190. SW.WriteLine(" < Estructura confidencial XML >");
191. SW.WriteLine(" < Estructura confidencial XML >");
192. SW.WriteLine(" < Estructura confidencial XML >");
193. SW.WriteLine(" < Estructura confidencial XML >");
194. SW.WriteLine(" < Estructura confidencial XML >");
195. SW.WriteLine(" < Estructura confidencial XML >");
196. SW.WriteLine(" < Estructura confidencial XML >");
197. SW.WriteLine(" < Estructura confidencial XML >");

```

Escritura de niveles en XML

Corrimiento de renglones en ciclo externo y columnas en ciclo interno, captura de valor y escritura en XML si existe en la tabla de complejidad

Escritura en XML



```

245.         Console.WriteLine(E.Message);
246.         Console.WriteLine("\n¡Error! La ruta especificada no
es válida. Intente de nuevo. ");
247.         return Existe2(archivo);
248.     }
249. }
250.
251.     static string nombreadchivo()
252.     {
253.         try
254.         {
255.             string archivo;
256.             archivo = Console.ReadLine();
257.             if (archivo == "")
258.             {
259.                 Console.WriteLine("\n¡Error! El nombre dado es
un nombre vacío, proporciona un nombre real. ");
260.                 return nombreadchivo();
261.             }
262.             else
263.                 return archivo;
264.         }
265.         catch
266.         {
267.             Console.WriteLine("\nTu nombre es invalido, intenta
de nuevo");
268.             return nombreadchivo();
269.         }
270.     }
271.
272.     static string xmltxt()
273.     {
274.         try
275.         {
276.             string formato;
277.             formato = Console.ReadLine();
278.
279.             if (formato == "xml")
280.                 return ".xml";
281.             else if (formato == "txt")
282.                 return ".txt";
283.             else
284.             {
285.                 Console.WriteLine("\n El formato introducido es
inválido, escribe \"txt\" o \"xml\" según requieras, intenta de
nuevo ahora");
286.                 return xmltxt();
287.             }
288.         }
289.         catch
290.         {
291.             Console.WriteLine("\n El formato introducido es
inválido, escribe \"txt\" o \"xml\" según requieras, intenta de
nuevo ahora");
292.             return xmltxt();
293.         }
294.     }
295. }
296. }
297. }

```

Subrutina Existe2

Subrutina
nombreadchivo

Subrutina xmltxt