



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Interacción entre fluido y escudos
inferiores del vehículo "Water Wading
Test"**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Israel Celis Chávez

ASESOR DE INFORME

Dr. Álvaro Ayala Ruiz



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2021

CONTENIDO

Introducción	2
Capítulo 1.	3
1.1 Descripción de la empresa	3
1.2 Misión	3
	4
1.3 Organigrama	4
1.5 Funciones de mi puesto	5
Capítulo 2. Caso de estudio	6
Introducción	6
2.1 Problemática	6
2.2 Planeación	7
2.2 Solución	7
2.3.1 Etapa 1-3	8
2.3.1-a Filtrado de señales	8
2.3.1-b Intervalo de tiempo de señal filtrada	11
2.3.2 Etapa 4-5	13
2.3.2-a Procesado de la información con el modelo FEM	13
2.3.3 Etapa 6	14
2.3.4 Resultados	16
Conclusiones	17

Introducción

La prueba de vadeo de agua representa una situación en la que el vehículo atraviesa un canal de agua a diferentes velocidades consistiendo en un conjunto de combinaciones con diferentes profundidades de nivel de agua en las que los escudos inferiores de la carrocería tienen interacción con el agua. Esta prueba analiza la integridad funcional de varios componentes en el vehículo, siendo esta interacción fluido-estructura una de las principales causas de daños en estos componentes continuamente durante años.

Este proyecto se genera a partir de la idea de reducir cientos de pruebas físicas que generan un incremento en los costos para la compañía logrando una predicción en el comportamiento de los componentes y de esta forma obtener un análisis mejorado, simplificado y logrando una disminución en los tiempos de entrega de cada análisis para cada uno de los vehículos con ayuda de diferentes softwares.

Capítulo 1.

1.1 Descripción de la empresa

A lo largo de 116 años de existencia e innovación Ford Motor Company ha logrado superar crisis financieras y mantiene una presencia a nivel mundial, posicionándose como el segundo mayor fabricante de automóviles en Estados Unidos precedido por General Motors y el quinto más grande del mundo por detrás de *Toyota*, *Volkswagen*, *Hyundai Motor Group* y *General Motors*, logrando ser el primer lugar en ventas de camiones (*F Series*) en Norte América.

Fundada por Henry Ford en 1903, desde sus inicios representa una de las empresas que ha introducido métodos para la fabricación a gran escala de automóviles por medio de una fuerza de trabajo industrial utilizando secuencias de fabricación, y movimientos bien definidos en las líneas de ensamble. Estos métodos fueron conocidos en todo el mundo como el Fordismo logrando reducir el tiempo de ensamblaje del chasis de 12 horas y media a 100 minutos.

En EE.UU. en la actualidad los modelos *F Series*, incluyen los modelos de camionetas de tamaño completo (*Pick-up*) y se mantienen como los modelos más vendidos y exitosos durante los últimos 43 años; actualmente la compañía busca mejorar su posición en el desarrollo de automóviles eléctricos, así como la evolución de la autonomía para cada vehículo teniendo siempre presente la calidad y mejora en el servicio para el usuario.

1.2 Misión

Siendo *Ford Motor Company* líder mundial en productos y servicios automotrices, mantiene como prioridad principal una misión de mejora en sus productos, seguridad y servicios continuamente con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes, preocupándose por mejorar el lugar donde vivimos desarrollando tecnologías y conservando una estrategia de sustentabilidad enfocándose en procesos que cuidan el medio ambiente.

Los Modelos F series, por su construcción robusta y perdurable, ha permitido al usuario considerarlo como una camioneta multipropósito; al inicio de su venta en el año de 1948, el slogan fue "*Built Stronger to Last Longer*" (Hecha fuerte para durar más). Este slogan a lo largo de los años ha cambiado comenzando con "*Feel the difference*", "*Drive One*" y terminando con "*Go further*", siempre brindado las mejoras sobre la calidad de sus productos y seguridad a los clientes bajo tres factores esenciales "*Ingenuity*" orientado a la mejora en el diseño, "*People serving people*" enfocado en reconocer el potencial humano y "*Attainable*" factor encaminado a brindar valor a la tecnología en sus vehículos.

Ford busca ser una compañía confiable en términos de agilizar la movilidad en las grandes urbes y el diseño de vehículos inteligentes ayudando a las personas a transportarse de manera ágil, libre y segura.

1.3 Organigrama

Tras el proceso de transformación que comprendió a Ford Motor Company se mejora la estructura global de la compañía, con el fin de reducir los costos en toda la empresa, centrándose más en el cliente, siendo más *Fit* y más ágiles, dirigiendo los recursos hacia los tipos de vehículos y servicios que el cliente desea.

Así el organigrama se conforma como se muestra en la figura 1,

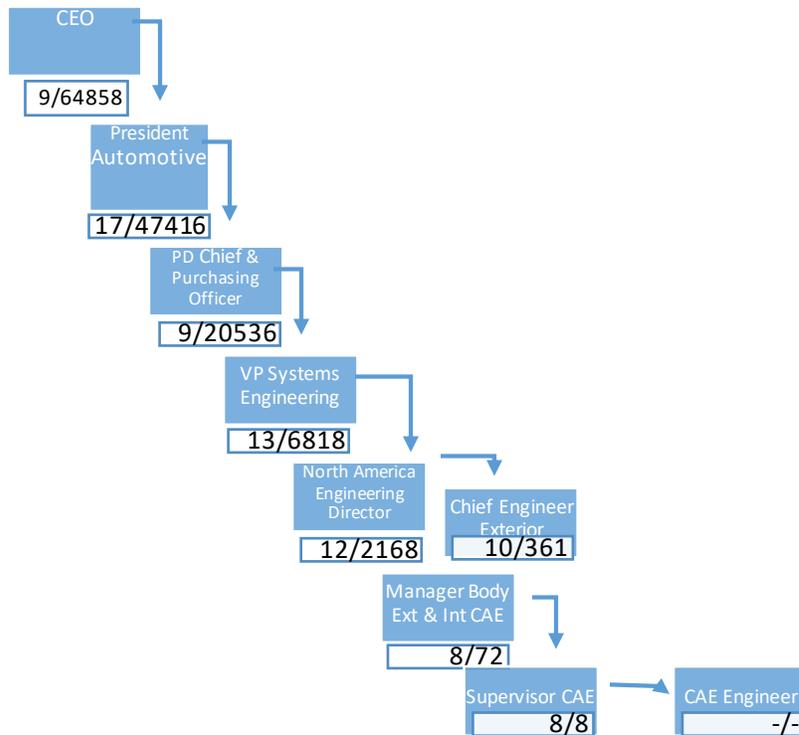


Figura 1 Formación aproximada del Área de Desarrollo de Producto

Actualmente formo parte de un equipo de trabajo multifuncional que tiene varias áreas de especialidad que conforme el desarrollo profesional de cada ingeniero e interés personal puede desarrollar. Este equipo es parte del grupo *Body Exterior del área de Desarrollo de Producto*.

El proceso de orientación y entrenamiento en las herramientas de simulación se logró a través del plan interno del grupo, así como soporte técnico del proveedor de software. El proyecto asignado por parte del grupo cubre una necesidad específica y es asignado también un Tutor quien resuelve dudas y orienta durante todo el proyecto con la intención de mejorar los tiempos de entrega y calidad de los estudios.

1.5 Funciones de mi puesto

Al unirme al equipo de trabajo de Ford Motor Company mis tareas primordiales son enfrentar los desafíos al diseñar o rediseñar los componentes, encontrar soluciones, gestionar los riesgos, reducir la complejidad de los problemas, así como interactuar con los diversos equipos dentro de la compañía; esto te permite tener oportunidades de crecimiento accediendo a un desarrollo profesional guiado por el resto de tu equipo.

El puesto en el cual me desempeño tiene como responsabilidades principales la realización de análisis CAE junto con la resolución de problemas dentro de las fechas de cada programa; el desarrollo de modelos CAE junto con los planes para la realización de pruebas físicas en los modelos en desarrollo.

El progreso de cada programa comprende la creación de reportes con el estatus de cada modelo y análisis verificando la integridad y corrección de cada una de las evaluaciones realizadas.

Otra de mis funciones, es la optimización de los componentes de cuerpo exterior para cada vehículo, utilizando herramientas CAE que generen una reducción de costos para la empresa también desarrollando métodos y procesos nuevos e incorporarlos a las aplicaciones de los programas, aunado a esto debo propiciar alternativas de diseño para los componentes que así lo requieran.

Capítulo 2. Caso de estudio

Introducción

A menudo, el diseño de la parte inferior y la ubicación de los componentes, así como los puntos de unión en el automóvil y el diseño estructural del chasis, ya se han decidido sin haber realizado una verificación y/o puesta en marcha, conduce a la detección tardía de puntos de concentración de esfuerzo, cambios costosos de diseño y mayores costos y tiempos de prueba.

Validar con un proceso para la prueba de vadeo del vehículo ayuda a identificar estos problemas en etapas tempranas y se logra generar información sobre la integridad estructural de los componentes debajo de la carrocería y analizar múltiples diseños con confianza, lo que lleva a un diseño óptimo.

El procedimiento de prueba de vadeo actualmente implica conducir el vehículo a través de un canal a diferentes velocidades y profundidades de agua, varias combinaciones de velocidad y profundidad producen comportamientos diferentes en estabilidad, patrón de salpicadura y formación de ondas en la parte frontal del vehículo. El objetivo principal de la experimentación es entender los diferentes comportamientos y evitar la generación de problemas posteriores mencionados previamente.

Después de cumplir con mi proceso de inducción a la empresa, me fueron asignadas tareas de mallado utilizando FEM de distintos componentes. Después de realizar estas tareas y tomando en cuenta la capacidad de análisis, conocimiento de materiales, representación de datos y funciones, creación de interfaces de usuario y comunicación con programas en otros lenguajes, fui asignado como tarea principal al soporte en los análisis de vadeo para realizar la interpretación, evaluación, simplificación y mejora de las señales generadas.

2.1 Problemática

El objetivo del proyecto es aplicar la metodología que la compañía y sus proveedores usan para realizar análisis estructurales usando casos de carga que simulan la prueba de vadeo. Con base en los datos obtenidos, analizar la diferencias, patrones y factores o variables que sean más sensible al sistema.

En el momento, en que soy asignado a este proyecto se había logrado un avance en la toma de lecturas de pruebas físicas después de varias mediciones.

Debido al avance y la cantidad de información recabada había una carga de trabajo con exceso de pendientes. De esta manera por mis cualidades y el buen desempeño mostrado durante los cursos asociados a nuevas herramientas para mejorar mi trabajo, fui asignado al desarrollo de este proyecto.

El trabajo se encontraba en la etapa de evaluación de la primera lectura de las mediciones de las pruebas físicas, mi mentor asignado, precisó que para tener mayor exactitud era necesario realizar una repetición de los datos físicos, y verificar

que las lecturas tuvieran discrepancia, así se obtuvo un segundo Round de mediciones de pruebas físicas de mejor calidad para probar los análisis.

2.2 Planeación

El vadeo del vehículo se refiere al procedimiento de la prueba, que consiste en un conjunto de combinaciones con diferentes profundidades de nivel de agua y velocidades de entrada en una piscina.

El procedimiento general para el desarrollo de esta metodología se definió en seis etapas. Estas fueron determinadas mediante el calendario del programa del vehículo; comprendiendo a la etapa 1 y 3 la instrumentación de los componentes de interés, adquisición de lecturas obtenidas de los sensores colocados, filtrado de las lecturas y validación de los valores obtenidos de estas lecturas. Las correspondientes son:

- Instrumentación del vehículo de prueba.
- Filtrado de las señales obtenidas de los sensores.
- Aplicación de macros para la organización de los datos (al ser gran cantidad de datos de salida se tuvieron que desarrollar para tener rapidez en su lectura).

Las etapas 4 y 5, consisten en la obtención de los modelos CAD de los componentes de interés, incluir los datos adquiridos en un análisis CFD, además de utilizar un perfil de velocidad finalizando con la extracción de resultados de las simulaciones CAE. Las acciones establecidas son:

- Cálculo de la deformación máxima.
- Construcción y simulación de los modelos CAE (mapeo de la presión obtenida de la simulación CFD sobre los componentes).

La etapa 6 consiste en el análisis de los resultados por lo que las actividades son:

- Post procesamiento de los datos obtenidos de resultados de CAE.
- Análisis de correlación.

2.2 Solución

El desarrollo de la prueba en estudio implica la conducción del vehículo a través de diferentes profundidades de agua a distintas velocidades, en las que las partes inferiores son inspeccionadas para validar que pasaron la prueba.

Bajo la idea de recrear las pruebas físicas con ayuda de software especializados dada la necesidad de reducir los tiempos de entrega de cada programa, así como los costos generados a partir de la realización de las pruebas físicas; se propone reunir a las áreas especialistas para recrear las condiciones que se presentan en la prueba física.

Se tuvieron que realizar varias mejoras en el proceso generado hasta este punto (solo se había realizado el Round 1 de prueba física), esto establecido a partir de

las conversaciones para la mejora en la confiabilidad de los resultados finales y validar la metodología propuesta para ser utilizada en programas posteriores. Entre los puntos de acción que tuve que realizar para *Round 1 y 2* están:

- Validar las lecturas obtenidas de los sensores
- Mejorar la calidad de malla en los componentes para poder evaluar los archivos de presión obtenidos de las pruebas físicas (*Round 2*) y aplicarse a estas mallas
- Procesamiento de las señales obtenidas de prueba física
- Generación de archivos para poder realizar el ordenamiento de la numeración en la lectura para todos los sensores
- Creación de archivos para filtrar las lecturas de cada sensor
- Interpretación de los gráficos obtenidos (deformación, desplazamiento, tiempo)
- Mejorar la definición de los contactos, puntos unión en el modelo CAE para igualar las condiciones entre el modelo físico y modelo CAE.

El proceso final de correlación fue realizado en forma conjunta por los grupos CAE y CFD, aportando cada equipo su experiencia lograda a lo largo de todo el proyecto.

2.3.1 Etapa 1-3

Las etapas 1-3 constaron de la instrumentación de los escudos a estudiar por parte del equipo de Ford Norte América, la ejecución de siete pruebas con diferentes configuraciones formadas de diferentes alturas y velocidades en los laboratorios y pista de pruebas de la empresa y la recolección, filtrado y post-procesamiento de los datos obtenidos de las pruebas físicas por parte del equipo de CAE al que pertenezco.

La instrumentación del automóvil constó de sensores de presión, *Rosettes* de tensión (tri direccional) y calibradores de tensión. Estos sensores los colocaron en las zonas de interés, que a su vez fueron determinados como áreas propicias para sufrir mayores deformaciones o como áreas donde los esfuerzos se concentrarían.

2.3.1-a Filtrado de señales

Me fueron compartidos los resultados de las pruebas físicas; con estos datos inicié el filtrado de las señales obtenidas de los sensores para el *Round 2* de pruebas físicas. Este filtrado lo realicé en conjunto con mi *Tutor* por medio de un script¹, en el cual, se filtran los datos aplicando un espectro de magnitud, para trabajar con la frecuencia máxima que podría estar presente en la señal ya discretizada.

El resultado del filtro provee una señal libre de ruido, la diferencia entre los gráficos de las señales con ruido y la señal con el filtro aplicado se puede ver en la *figura 2*.

¹El script es un lenguaje de programación que ejecuta diversas funciones en un programa, estas 2 acciones son determinadas por el usuario.

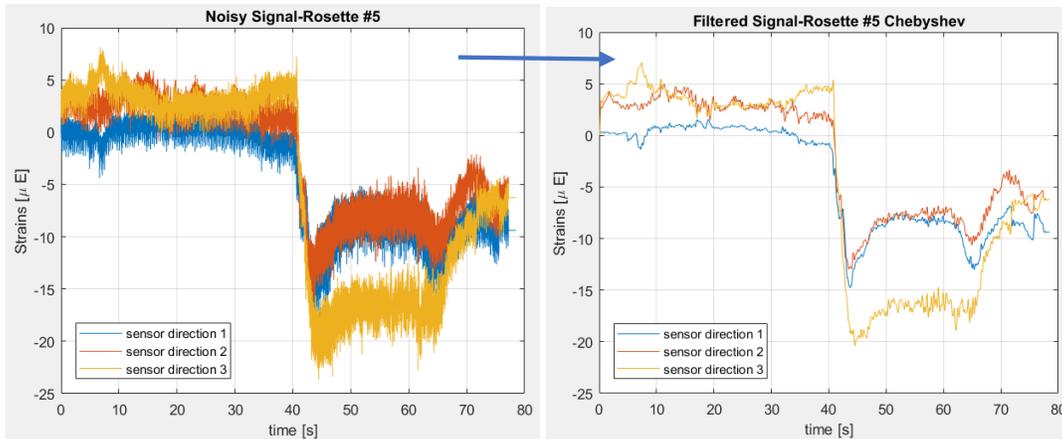


Figura 2 Entrada de una señal discreta obtenida de la prueba física de un solo sensor y salida de una señal discreta

El filtrado lo realicé para los 23 sensores con los Rounds 1 y 2 para cada sensor. Considerando que se realizaron 7 pruebas con diferentes combinaciones, se generaron alrededor de 1200 lecturas. Manejar estos resultados fue una tarea que se volvió compleja por el tiempo de entrega y la cantidad de lecturas que se necesitaban, con ayuda de mi *Tutor* se desarrolló un nuevo *script*, el cual permite ordenar cada una de las lecturas de cada prueba.

De las lecturas que se obtuvieron, decidí realizar una comparación entre los dos rounds de lecturas adquiridas debido a la gran cantidad de datos, con el fin de evaluar si existía algún error en la medición del sensor y conocer la variación de los valores de cada Round.

Se estableció un código de colores, para determinar de manera sencilla la variación de los datos y así conocer la validez de los datos adquiridos.

Rosettes data		
Engine Shield	R1	L
	R2	M
	R3	M
	R4	H
	R5	H
Rocker Shield	R6	M
	R7	L
	R8	H
	R9	L
	R10	L
Gages data		
Engine Shield	G16	H
	G17	H
	G18	M
	G19	H
Rocker Shield	G35	M
	G36	M
	G37	H
	G38	H
	G39	H
	G40	H
	G41	H
	G42	H
	G43	H

Tabla 1 Para una de las pruebas con altura y velocidad definidas

El nivel de comparación de la *Tabla 1* para cada sensor es:

■ Misma o magnitud parecida, forma de la curva y la dirección de la curva no es invertida.

■ Misma forma de la curva o tendencia y la dirección de las curvas no invertida; leve variación en magnitud.

■ Diferente magnitud por más de $20\mu E$, en algunos casos el máximo, diferencia notable en las lecturas o la dirección invertida en los sensores con diferentes lecturas.

(L = Low, M = Medium, H = High)

En la figura 3 se aprecia el caso de alta consistencia entre Rounds para el mismo sensor y en la figura 4 podemos ver la diferencia en magnitud, dirección y forma en la señal para el sensor 43, mostrando una baja consistencia.

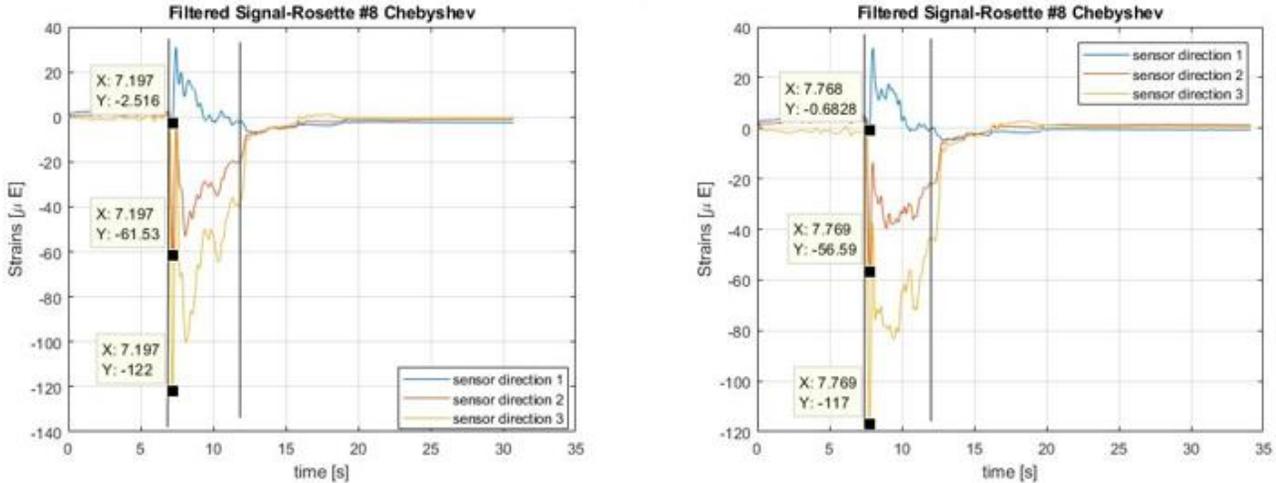


Figura 3 Señal filtrada de Rosette #8 con alta consistencia entre los dos rounds de lectura, se muestran tres direcciones que corresponden a cada dirección medida por cada sensor.

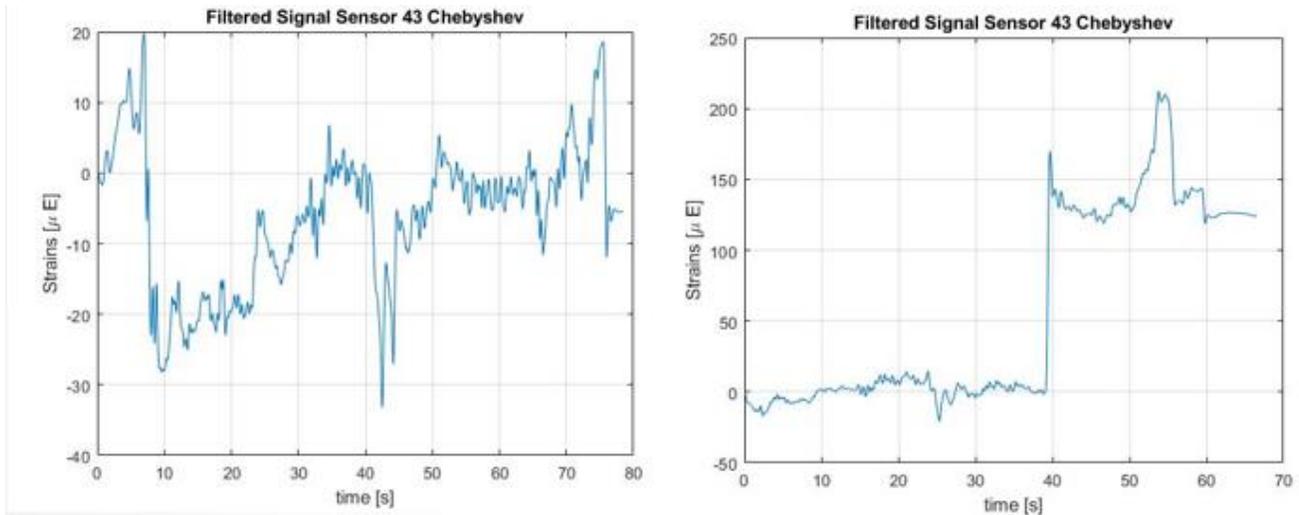


Figura 4 Señal filtrada del sensor 43 del escudo Rocker con baja consistencia.

2.3.1-b Intervalo de tiempo de señal filtrada

Una vez filtradas las señales obtenidas tanto de los Rosettes como de Gages, era necesario restringir la duración de la prueba ya que los archivos que generaba la simulación CFD tenían un tamaño de memoria entre 30-60 Gb.

Por esta razón, se realizó una petición al equipo CFD, que se compartieran los datos de un rango específico, es decir, el rango comprendido entre el instante en que el automóvil entra a la piscina y a la salida de ésta, y así disminuir el espacio en disco consumido por los archivos así como, el tiempo de cómputo de 2 a 3 semanas.

Para determinar el rango de tiempo donde pueden presentarse las mayores deformaciones, el valor máximo se presenta al iniciar la prueba

En el rango de tiempo identifiqué los valores máximos de deformación, estos puntos muestran la máxima exigencia tolerada por los componentes físicos, los cuales, pueden provocar alguna falla.

Este proceso lo realicé con las lecturas de los 23 sensores para las 9 configuraciones diferentes de prueba física.

Con la idea de validar las zonas de interés de cada sensor, realicé la comparación de los datos de los Rounds 1 y 2 de una prueba de altura específica de agua con una velocidad también determinada, contra los valores de deformación encontrados en el análisis CAE-CFD, según apartado 2.3.2 Etapa 4-5.

El criterio de efectividad de las mediciones fue determinado por el equipo de CFD. Esto permitió establecer el límite donde las mediciones serían aceptables.

Al final se pudo observar a manera de conclusión que las mediciones de deformación en la simulación CAE-CFD siguen la tendencia de las lecturas, por lo tanto, se puede decir que la simulación puede indicar aproximadamente la distribución de deformación y tensión sobre los componentes.

Se obtuvo una mejor correlación en las mediciones de uno de los componentes, esto puede significar que existe una mejor distribución de la presión representada en simulaciones en estas áreas.

Uno de los sensores muestra una lectura completamente fuera de rango. Es un caso aislado en la toma de las lecturas.

De la *figura 5*, existe un nivel de confianza medio de la metodología al haber realizado la lectura y comparación de los dos Rounds para cada una de las configuraciones.

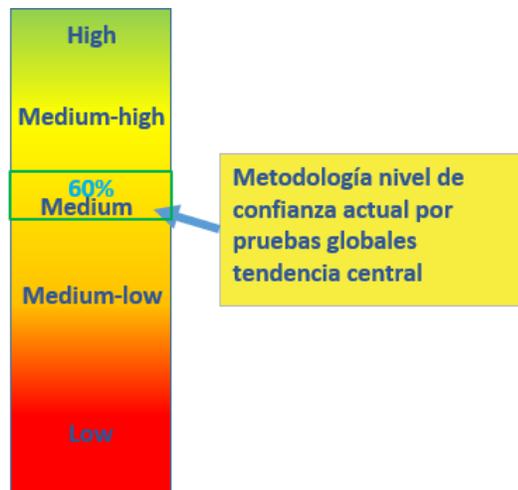


Figura 5 (Izq.) Del desarrollo de la metodología, el nivel de confianza es medio. (Der.) nivel de confianza para cada prueba

2.3.2 Etapa 4-5

Simultáneamente a las etapas 1-3, realicé la etapa de modelado, que consiste en el mallado 2D de los componentes, así como sus puntos de fijación y condiciones de frontera. También realicé la extracción de los resultados de la simulación CAE-CFD y la obtención de la deformación sobre los escudos inferiores a través de un análisis estático.

Basándome en la plataforma *TeamCenter*, que se trata de un sistema de gestión de ciclo de vida de un producto (*PLM, Product Life Management* por sus siglas en inglés), me permitió tener a la mano las geometrías de los escudos con la última actualización para poder modelarlos utilizando FEM.

La malla la establecí mediante elementos “Shell”² cuadriláteros (elementos 2D) (ver *Figura 6*) a partir de la superficie media (*MidSurface*) creada a partir de la geometría, el tamaño de cada elemento que forma a la malla es de 5 mm. Las propiedades de la malla son definidas por el espesor de la geometría, la generación de la malla se basa en el procedimiento de corte transversal que elimina el modo W (*Hourglass*³).

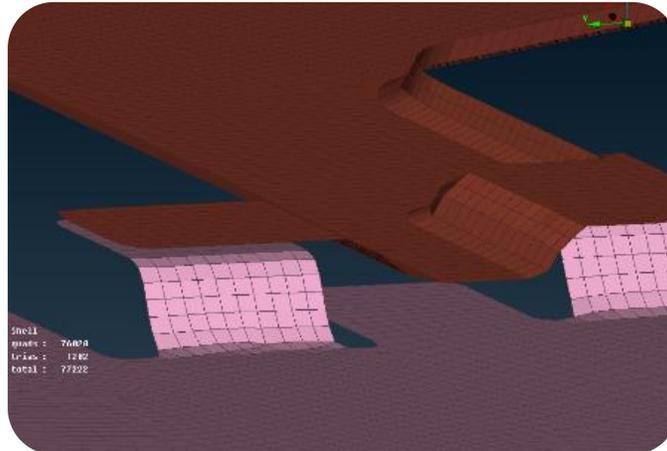


Figura 6 Muestra una parte de la malla de los escudos inferiores del vehículo.

2.3.2-a Procesado de la información con el modelo FEM

Como resultado de la simulación CFD, se obtuvo una malla para estudiar la solución de los valores de la distribución de presión en los escudos.

Los resultados obtenidos de la simulación CFD, tiene una solución semi-transitoria con un valor que corresponde a un instante específico en el período de tiempo dentro del rango de la prueba y está definido para cada elemento que forma a la malla. La distribución de la presión está representada por vectores y es aplicada normal a la cara de cada elemento (*Figura 7*).

² Este tipo de elementos Shell, también llamados elementos 2-D o elementos área, se usan para mallar estructuras cuyo espesor puede ser pequeño, plano medio o con espesores que no tienen mucha variación.

³ Son elementos más blandos de la cuenta y se deforma sin que nada lo toque provocando que en el software aparezcan modos de energía cercana a cero.

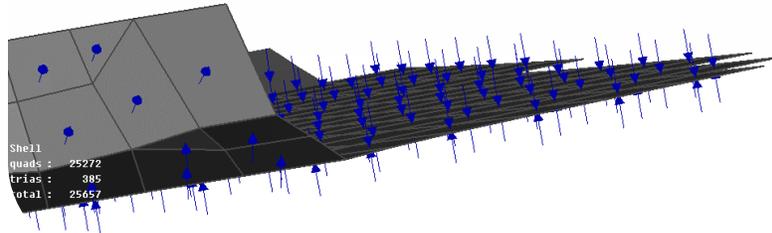


Figura 7 Distribución de presión a lo largo del escudo en sus dos caras.

Las condiciones de límite restrictivas (*Boundary Conditions*) las modelé para representar las condiciones en el rango predeterminado anteriormente en que el vehículo se encuentra dentro de la piscina.

Cada punto donde se encuentra un accesorio, (Tornillo, Push Pin, etc.) restringe el movimiento (punto de unión) entre los escudos y los componentes que los rodean en el vehículo, los modelé como rígido, que representa una unión con tornillo. Cabe destacar que en los elementos de la malla que conforman estas zonas juntos con los elementos circundantes, no se tomará en cuenta la distribución de esfuerzos.

2.3.3 Etapa 6

En esta etapa realicé el post procesamiento de los datos obtenidos de las simulaciones por medio de un análisis estático con una solución semi transitoria, para obtener los valores máximos de Strains en la simulación CAE de los escudos para compararlos con los valores adquiridos para Rounds 1 y 2 de la prueba física.

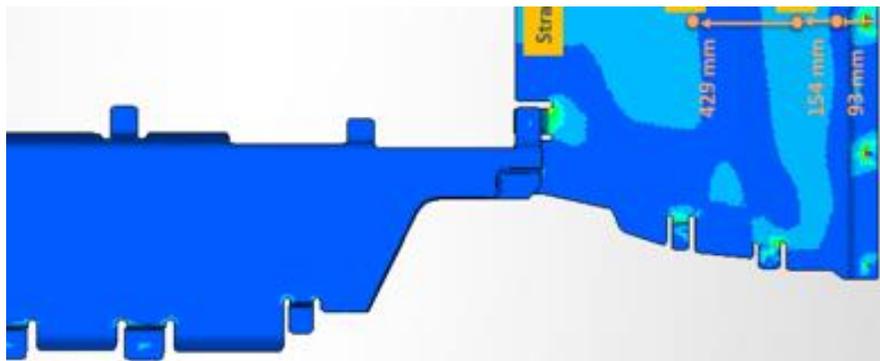
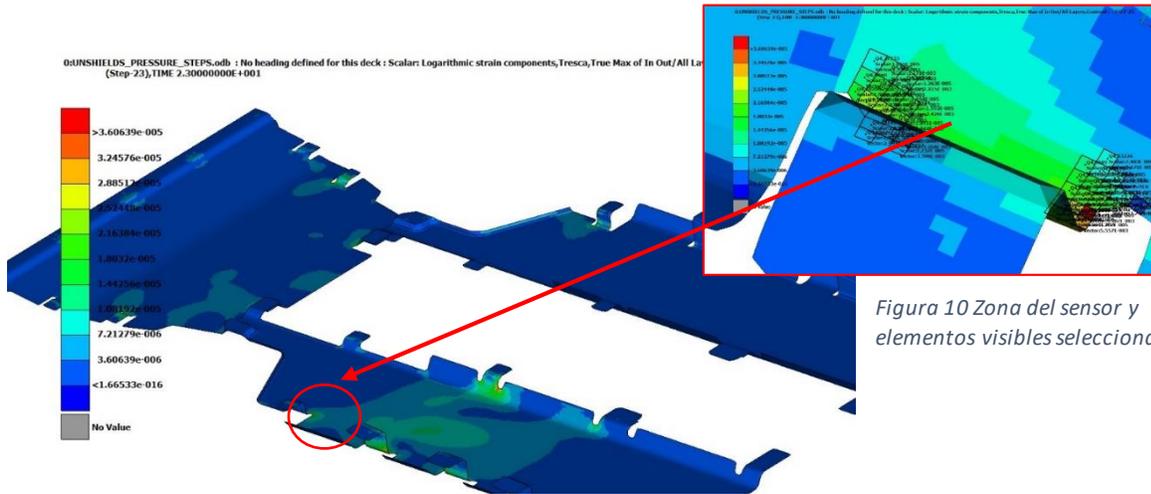


Figura 8 Vista inferior del ensamble de los componentes inferiores.

En las *figuras 9 y 10* se muestra la selección de los elementos en el software para post-procesamiento alrededor del sensor, tomando en cuenta las coordenadas del

área de cada sensor para prueba física y tomando elementos de la malla. Aquí tomé la decisión de que no era fiable tomar las lecturas en el punto exacto de las coordenadas, sino que era pertinente y necesario tomar elementos de la malla en las áreas circundantes a los sensores.



Este mismo procedimiento lo realicé con los 23 sensores para las 7 pruebas logrando tener diferentes lecturas en cada prueba. Cabe resaltar que los componentes en pruebas de altas velocidades tenderán a sufrir mayores desplazamientos y esfuerzos en los puntos de fijación.

2.3.4 Resultados

Se acotó el rango de estudio dentro de la piscina. Esto fue esencial para reducir el tiempo de cómputo y reducir la zona de interés.

La variación media lograda fue del 17%, si bien es baja por el momento es valor aceptable que indica dirección de diseño, se identificaron las fuentes de error tales como: elección en las áreas donde se colocan los sensores

La disposición de los sensores no cambió a pesar de saber que existían errores y una diferencia de valores entre Rounds.

El procedimiento que desarrollé lo empleé a las subsiguientes pruebas recabando la información de:

- Prueba física
- Simulación CAE-CFD
- Porcentaje de efectividad para cada Round y comparación.

Los resultados de las simulaciones mostraron, que el arreglo originalmente propuesto para la posición de sensores no era el mejor ya que se encontraron áreas de baja importancia dados los valores de desplazamiento encontrados

Esta metodología desarrollada está ayudando a la prevención de casos de falla y reducción de pruebas físicas.

Conclusiones

Se mejoró el desarrollo de cada etapa, comenzando por los tiempos de entrega; también se determinó que es necesario tener un nivel de ensamble donde se incluya todos los componentes que interactúan directamente con los escudos con el fin de replicar el comportamiento de los componentes en la vida real. Los scripts desarrollados ayudan a realizar con mayor eficiencia el procesamiento e interpretación de las lecturas. También se logró reducir el tiempo de cómputo como post procesamiento de la simulación.

A lo largo del desarrollo de esta metodología y el progreso para este vehículo que fue el programa de prueba para lograr el desarrollo del método, se consiguió ampliar el mismo proceso para otros vehículos y de esta forma la metodología, se puede implementar en un alcance GLOBAL. Ahora esta metodología como herramienta CAE está en proceso de correlación con un nuevo programa (por finalizar) para lograr un mejor nivel de confianza en los resultados.

A lo largo del desarrollo de este proyecto, considero que tuve que *volver a empezar*, a retomar fundamentos de la mayoría de los conocimientos que adquirí en la Facultad los he puesto a prueba. Las oportunidades que me ha presentado este proyecto y las tareas que tengo que realizar en mi trabajo día a día exigen siempre tener claros los conocimientos que me dejaron mis profesores.

Tuve dos problemas a mi entrada a Ford. El primero fue la interfaz con softwares especializados; las herramientas que un estudiante de Ingeniería tiene a su alcance son mínimas, en comparación con las herramientas existentes, y a usar en el desarrollo de mi puesto. Sin embargo, considero que la Facultad provee las herramientas y conocimientos fundamentales para lograr un mejor manejo, entendimiento y comprensión de este tipo de softwares. El segundo problema fue la presentación oral de los resultados debido a la poca experiencia que uno tiene, algo que se puede atacar con mayor exposición oral en la Facultad, pero sin duda el equipo al que pertenezco con su experiencia me ayudo a mejorar este aspecto.

La realización de este proyecto deja como resultado trabajos a futuro para otros vehículos, realizado con un esfuerzo permanente y llevado a buen fin para resolver las vertientes generadas en su desarrollo, ayudado de las habilidades y conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería.

Uno de los trabajos a futuro es iniciar la evaluación de los componentes fabricados con otros materiales. Algunos ya están incluidos en los programas donde la metodología ya se está utilizando.