

CAPITULO IX

9.1 Comparación de los resultados de las pruebas físicas con las obtenidas del software

En este capítulo se compararán los resultados obtenidos en el software de elemento finito con las pruebas realizadas en los laboratorios de vibraciones de la planta Volkswagen, aquí se presentarán las condiciones de frontera, estas condiciones son tomadas de las normas de esta planta para las pruebas de laboratorio, que también fueron utilizadas para el análisis de elemento finito como condiciones de frontera pero antes se explicará el método utilizado para realizar estas pruebas.

9.2 Condiciones de frontera

Las condiciones que a continuación se van a presentar son normativas implementadas en Volkswagen, estas fueron realizadas a través de varios experimentos realizados, tales normativas simulan situaciones reales a las cuales el automóvil sufrirá a lo largo de su vida, todos los diseños de las piezas de los autos son sometidos a las pruebas de laboratorio antes de ensamblarlos en ellos, estos escenarios son tomadas de las partes más importantes del auto las cuales son motor, chasis, llantas, etcétera. En el caso del faro sería el chasis, ya que nuestro ensamble se encuentra fijado en él.

Pido perdón al lector de no poner toda la normativa, puesto que todas estas normativas son años de investigación y no pueden ser presentadas al público en general, pero pondremos las que consideramos más importantes. Estas regulaciones cuentan con tipos de materiales, cédula de propiedades mecánicas, condiciones de carga así como de ensamble y fijaciones de las piezas. A continuación se presentarán algunas de las normativas para pruebas de vibraciones y voltajes requeridos.

9.2.1 Condiciones de prueba de voltaje:

- Un mínimo de 6 pruebas al componente o sistema se debe de realizar, en caso de incrementar el porcentaje de aproximación se deben realizar 10 pruebas.
- Todas las pruebas se hacen sobre una prueba previamente realizada.
- Si las tolerancias no son especificadas para temperaturas, una tolerancia de mas-menos 2°C se le debe de aplicar.
- Las pruebas se deben de realizar con una temperatura ambiental de 23 más-menos 5 °C y una humedad relativa del aire de 25 a 75%.

Tabla9.1

Prueba de voltaje	Sistema de 12V	Sistema de 24V
Motor encendido	14 mas- menos 0.1 V	28 mas-menos 0.2 V
Operación de batería	12 mas- menos 0.1 V	24 mas-menos 0.2 V

Voltaje operacional:

Tabla 9.2

Voltaje Nominal (V)	Voltaje operacional Mínimo (V)	Voltaje operacional Máximo (V)	Notas de aplicación
12	6	15	Funciones deben de mantener su rendimiento al arranque.
12	9	15	Funciones deben de mantener su rendimiento al paro del motor.
12	10.8	15	Funciones deben de mantener su rendimiento a la operación del motor.
24	Valores de arriba multiplicados x 2	Valores de arriba multiplicados x 2	Grupos con voltaje nominal de 12V

9.2.2 Condiciones de prueba de vibraciones

- Las pruebas no son necesarias si las piezas están reforzadas.
- Las pruebas de vibración se realizan con una carga similar a la de la realidad.

- Las piezas deben ser montadas en bancos de vibración con sus sujetadores, cables y mangueras perfectamente ubicados.
- Las vibraciones deben ocurrir en el automóvil a baja y alta temperaturas.

Una parte importante para el análisis de vibraciones forzadas son aquellas que ocurren por el resultado del motor de combustión interna, estas excitaciones son de dos:

1. excitación con vibraciones senoidales resultantes del movimiento del pistón.
2. excitación con vibraciones al azar resultantes todos los demás movimientos.

El procedimiento para realizar estas pruebas son las sucesivas

1. excitación con vibraciones senoidales.
 - duración de la prueba por cada eje espacial es de 22 horas.
 - Tipo de frecuencia/tiempo es 1 octave/ min., logarítmico.
 - a) tipo de prueba para máximo de 5 cilindros
 - b) tipo de prueba para 6 cilindros o más.

La siguiente tabla muestra las vibraciones senoidales del motor y las partes montadas, las cuales no solo se limitan por el número de cilindros, sino también por la cercanía al motor sienta del tipo a las mas cercanas y el tipo b las que se encuentran mas haya de 1000 mm radial mente del centro del motor :

Tabla 9.3

tipo a		Tipo b		combinación	
frecuencia	amplitud	frecuencia	amplitud	frecuencia	amplitud
Hz	m/s ²	Hz	m/s ²	Hz	m/s ²
100	100	100	100	100	100
200	200	150	150	150	150
240	200	440	150	200	200
270	100			240	200
440	100			255	150
				440	150

2. Excitación con vibraciones al azar resultantes.

- Duración de cada eje espacial es de 22 horas.
- Valor de la aceleración es 181 m/s^2 .

9.2.3 Pruebas de transmisión- partes montadas

Las vibraciones de transmisión son las mismas que las de motor la diferencia es que para las pruebas pueden resultar mayores valores.

Excitación con vibraciones senoidales.

- Duración de la prueba por cada eje espacial es de 22 horas.
- Tipo de frecuencia/tiempo es 1 octave/ min., logarítmico.

La tabla muestra el perfil de vibración de transmisión.

Tabla 9.4

Frecuencia (Hz)	Amplitud de aceleración (m/s^2)
100	30
200	60
440	60

Excitación con vibraciones al azar resultantes.

- Duración de cada eje espacial es de 22 horas.
- Valor de la aceleración es 96.6 m/s^2 .

Tabla representativa del perfil de vibración al azar resultante de la transmisión

Tabla 9.5

Frecuencia (Hz)	Espectro de Potencia – densidad ($(\text{m/s}^2)^2/\text{Hz}$)
10	10
100	10
300	0.51
500	5

2000	5
------	---

9.2.4 Pruebas del auto completo – partes montadas.

Esta prueba es del sistema montado como un cuerpo en suspensión es decir, como auto completo, las vibraciones ocurren con el resultado de las rutas “Rouge-road”.

1. Excitación con vibraciones al azar.

- duración de la prueba por cada eje espacial es de 8 horas.
- Valor de la aceleración por grado de severidad.
 - a) Severidad 1: 27.8 m/s².
 - b) Severidad 2: 19.7 m/s².
 - c) Severidad 3: 13.9 m/s².

Tabla 9.6

espectro densidad - potencia			
frecuencia	severidad 1	severidad 2	severidad 3
(Hz)	((m/s ²) ² /Hz)	((m/s ²) ² /Hz)	((m/s ²) ² /Hz)
10	20	10	5
55	6.5	3.25	1.625
180	0.25	0.125	0.0625
300	0.25	0.125	0.0625
360	0.14	0.07	0.035
1000	0.14	0.07	0.035

9.2.5 Pruebas de las partes del chasis.

Esta prueba es del sistema montado como un cuerpo en no suspendido (chasis y llantas) las vibraciones ocurren con el resultado de las rutas “Rouge-road”.

2. Excitación con vibraciones al azar.

- duración de la prueba por cada eje espacial es de 8 horas.
- d) Valor de la aceleración 107.3 m/s^2 .

Tabla 9.7

frecuencia	espectro densidad - potencia
(Hz)	$((\text{m/s}^2)^2/\text{Hz})$
20	200
40	200
300	0.5
800	0.5
1000	3
2000	3

9.3 Equipo y método para la elaboración de pruebas físicas

9.3.1 Equipo utilizado

Laser Scanner Vibrometer POLYTEC	DTV-2-112
Shaker Modal Shop / Modal Shop amplifier 2050-E02	DTV-2-129
Shaker Modal Shop / Modal Shop amplifier 2050-E02	DTV-2-130
Charge Cell B & K 8200	DTF-2-023
Charge Cell B & K 8200	DTF-2-024
Charge Amplifier 2635 B&K	DTV-2-030
Charge Amplifier 2635 B&K	DTV-2-031

Auto completo

9.3.2 Método Utilizado

El efecto Doppler describe la variación de la frecuencia de una onda percibida por un observador cuando la fuente que lo genera, el mismo observador o ambos están en movimiento. Este efecto fue analizado por Christian Doppler (1803 – 1853) para explicar la variación de la frecuencia de las ondas luminosas que provienen de cuerpos celestes. En el caso del efecto Doppler, la variación de la frecuencia depende de que sea la fuente o el receptor el que se esté moviendo a una velocidad v . Dicha diferencia se debe a que existe un medio (aire) respecto al cual tiene lugar el movimiento; así es que puede distinguirse el movimiento de la fuente o el receptor respecto del aire en calma. Esta diferencia entre el movimiento de la fuente o el receptor no puede extenderse para analizar este efecto en el caso de la luz o de ondas electromagnéticas en el vacío. Aquí se analizara lo que comúnmente se conoce como “velocímetro por efecto Doppler con LASER”, LDV o LDDM, utilizando un interferómetro de Michelson. El LDV se basa en la variación de la frecuencia por efecto Doppler de un haz que se hace incidir sobre uno de los espejos del interferómetro que oscila con una amplitud y frecuencia conocida.

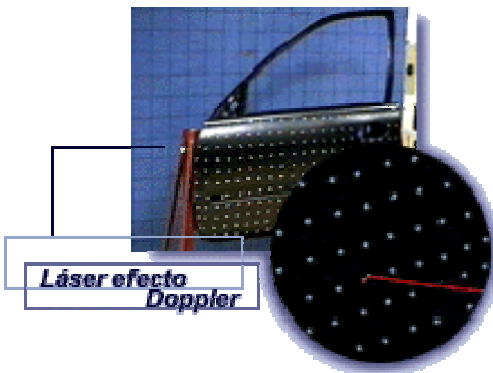


Figura 9.1 Láser efecto Doppler

Como ya se ha visto el principio Doppler explica que existe un cambio de frecuencia entre la onda emitida y la onda reflejada. Para el caso concreto del sensor de velocidad Delta (ver A6 6.1), se transmite una señal con una frecuencia específica que refleja en una superficie y es devuelta al sensor. Si el sensor o la superficie donde se refleja

el rayo están moviéndose uno relativamente respecto del otro, la señal cambiará en frecuencia cuando vuelva al sensor. Este cambio en frecuencia permite medir la velocidad relativa entre el sensor y la superficie. El cambio de frecuencia Doppler viene dada por:

$$F_d = 2 \cdot V \cdot \left(\frac{F_0}{c}\right) \cdot \cos \theta$$

F_d = Cambio de frecuencia observado (Hz)

V = velocidad

c = velocidad de la luz

θ = Angulo de incidencia

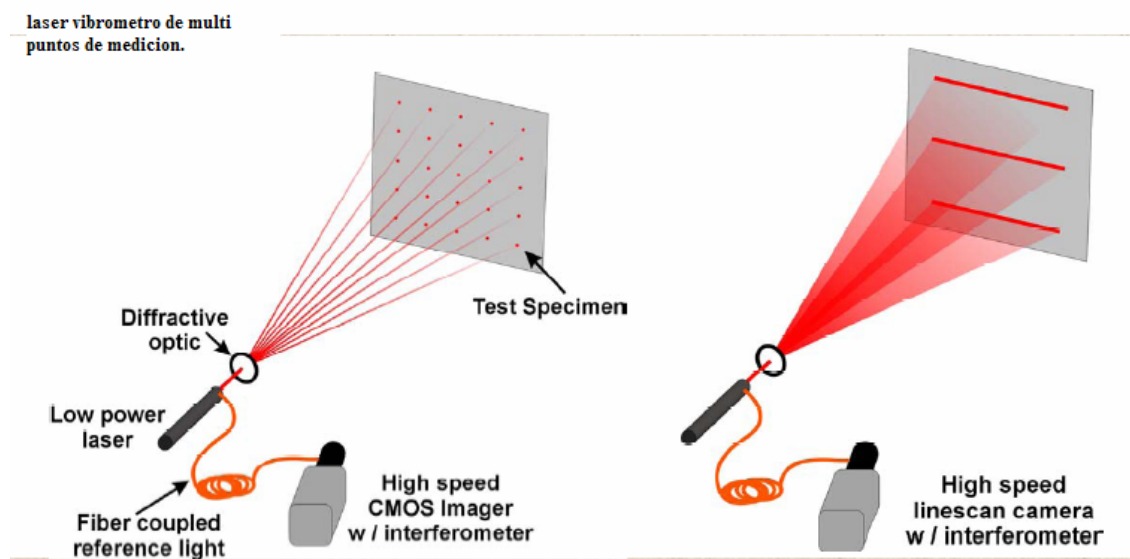


Figura 9.2 Láser sobre superficie

Para estas pruebas física se utiliza la incidencia de un láser sobre un punto en la superficie, al ser excitado el sistema este se mueve y el láser mide la velocidades en un punto al reflejarse en la superficie después es pasado a una PC en la cual llegan todas las mediciones de los puntos y te muestra las siguientes formas.

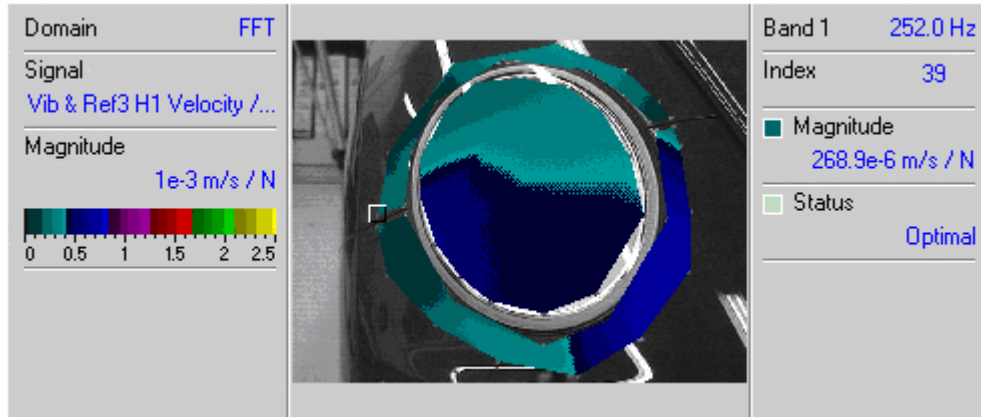


Figura 9.3 Barrido de punto

Después es necesario hacer realiza una limpia de puntos para poder mostrar los desplazamientos de las piezas teniendo como resultados

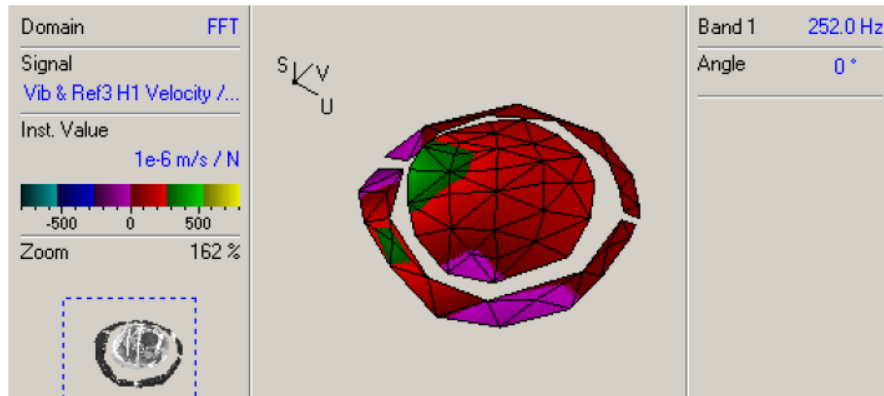


Figura 9.4 Limpieza de los puntos

9.4 Resultado de las pruebas físicas

Las pruebas físicas se realizaron en el faro derecho y según la normativa suponen que es la misma vibración para los dos faros y con el auto completo excitándolo en el gancho de arrastre y en el chasis cercano a la pieza 2, por lo cual se obtuvo un rango de frecuencias, en la cual varios de los picos son de otras piezas, ya que al tener el auto completo los componentes que asedian al faro como son la facia y salpicadera intervienen en las frecuencias del faro en este caso de la mica, por lo cual los expertos de vibraciones de la Volkswagen, nos ayudaron a separar estas y dejar solo las frecuencias concernientes al faro, en la siguiente grafica se revelan las vibraciones del sistema, el circulo central es la

mica del faro y las otras dos partes son pertenecientes a la facia. La parte sombreada es perteneciente a la mica.

A continuación presentaremos los picos con sus frecuencias así como los desplazamientos.

9.4.1 Primer pico

En la primera ilustración se muestra el pico que se encuentra a la frecuencia de 252 Hz, la segunda modela el desplazamiento sin el filtrado de puntos, la tercera ya con el filtrado de puntos teniendo la escala del lado izquierdo en ambos casos.

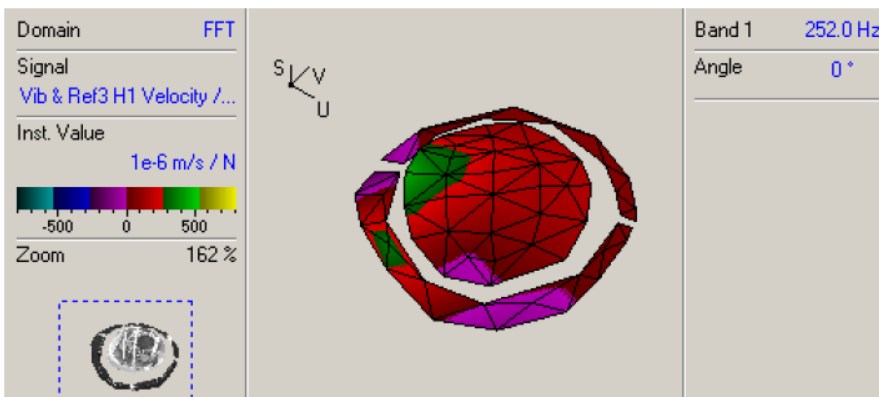
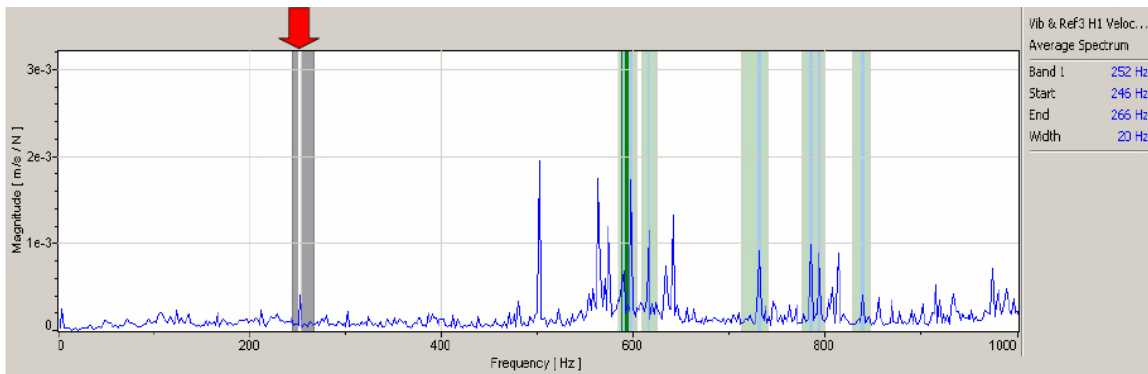


Figura 9.5

9.4.2 Segundo pico

Frecuencia de 598 Hz

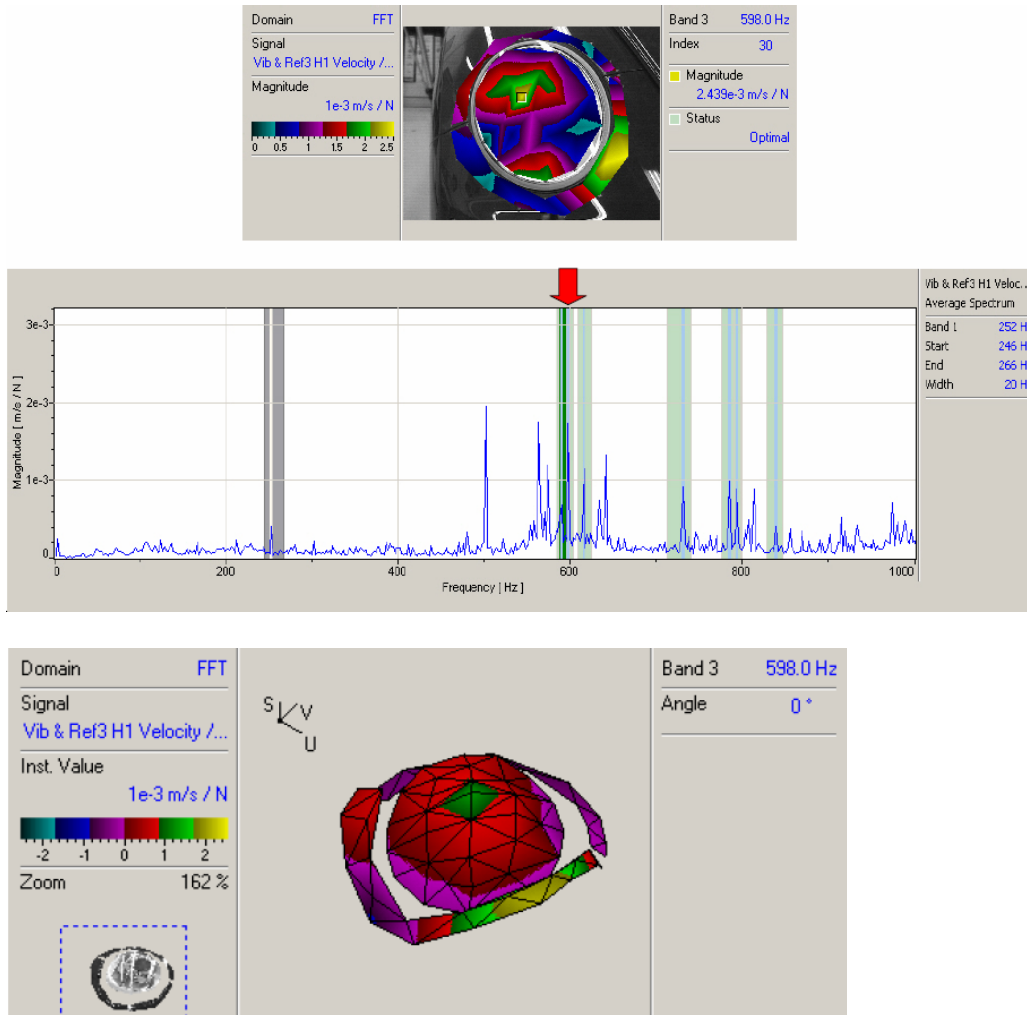


Figura 9.6

9.4.3 Tercer pico

Frecuencia de 616Hz

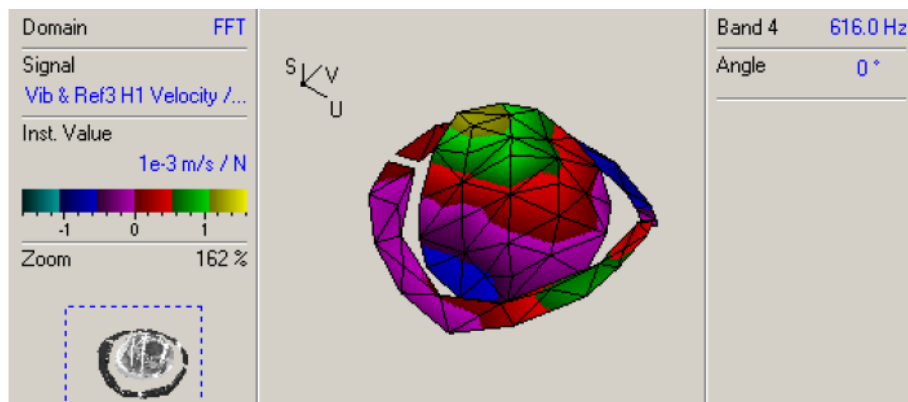
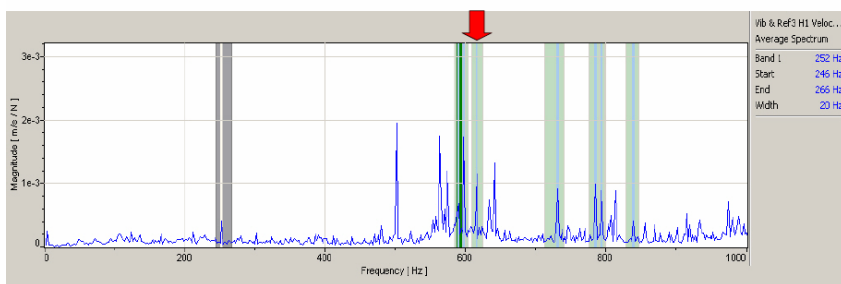
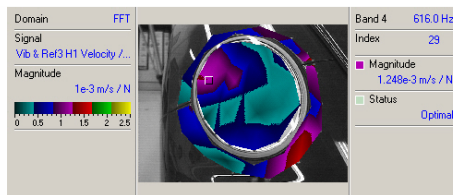


Figura 9.7

9.4.4 Cuarto pico

Frecuencia de 732 Hz

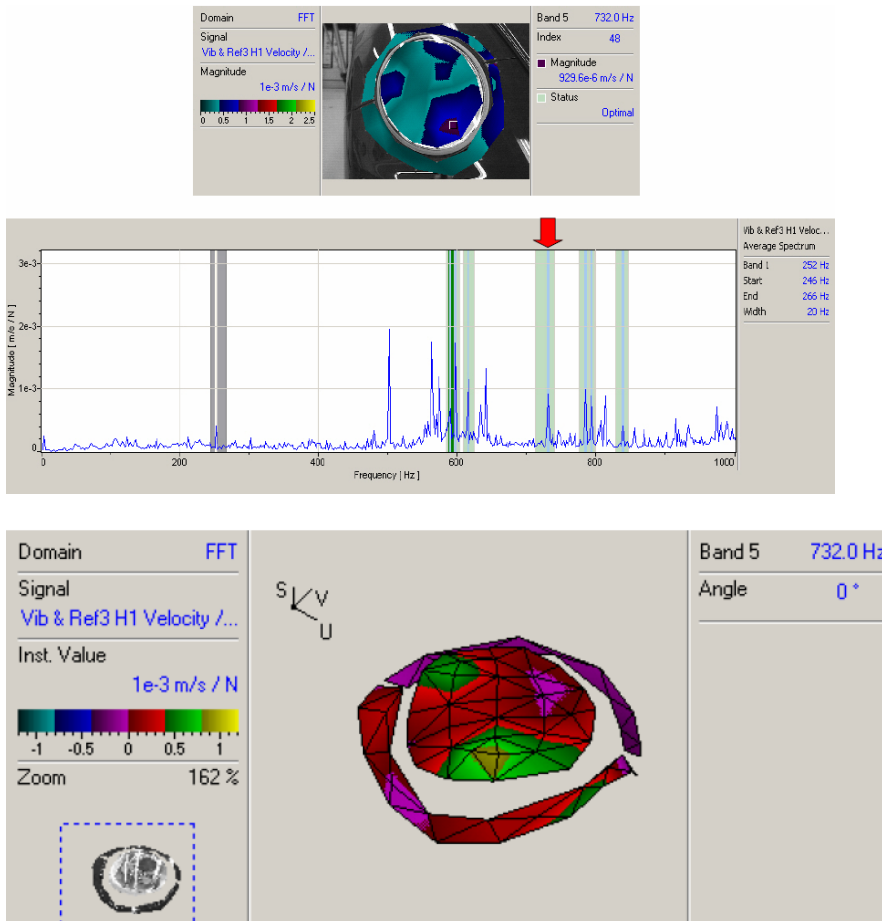


Figura 9.7

9.4.5 Quinto pico

Frecuencia de 786Hz

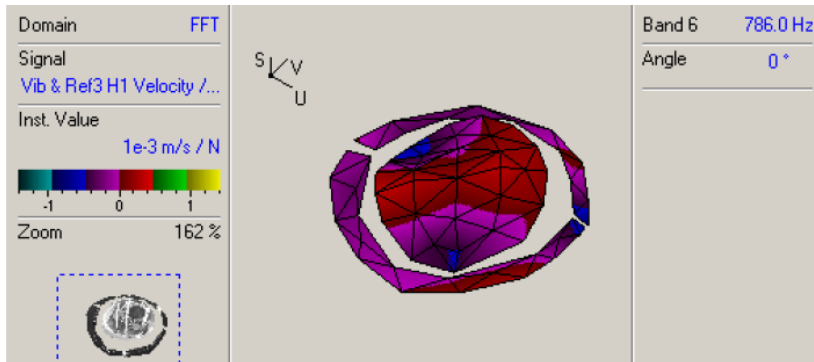
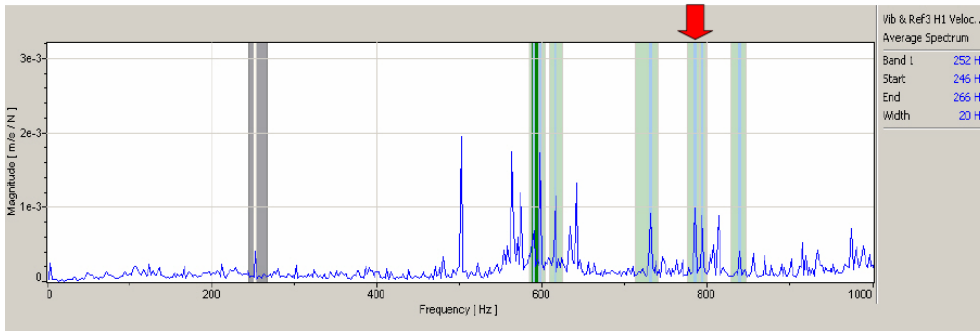
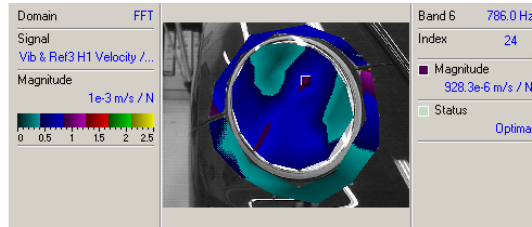
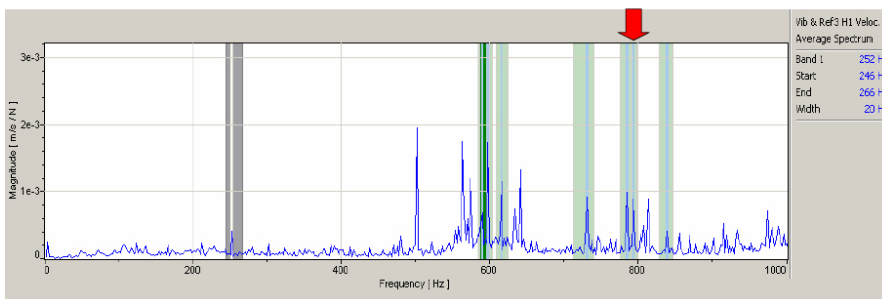
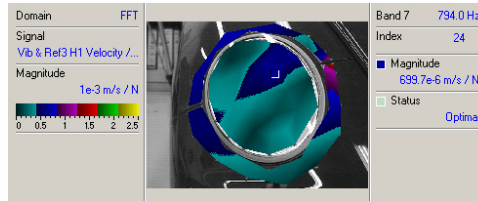


Figura 9.8

9.4.6 Sexto pico

Frecuencia de 794Hz



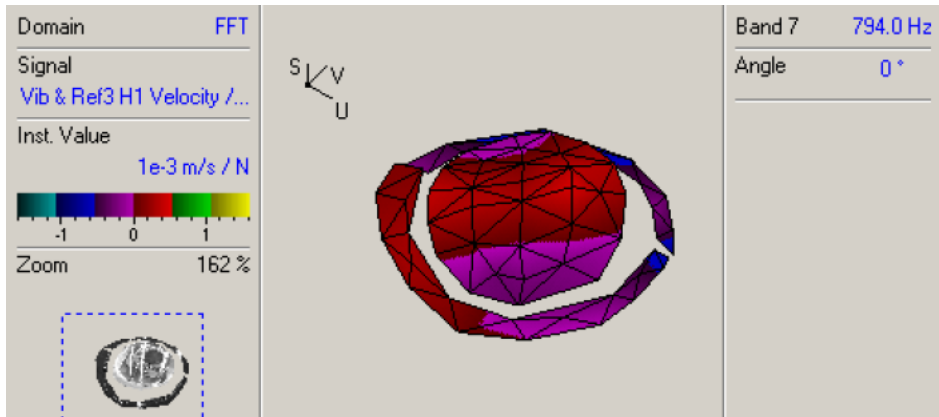


Figura 9.9

9.4.7 Séptimo pico

Frecuencia de 840Hz

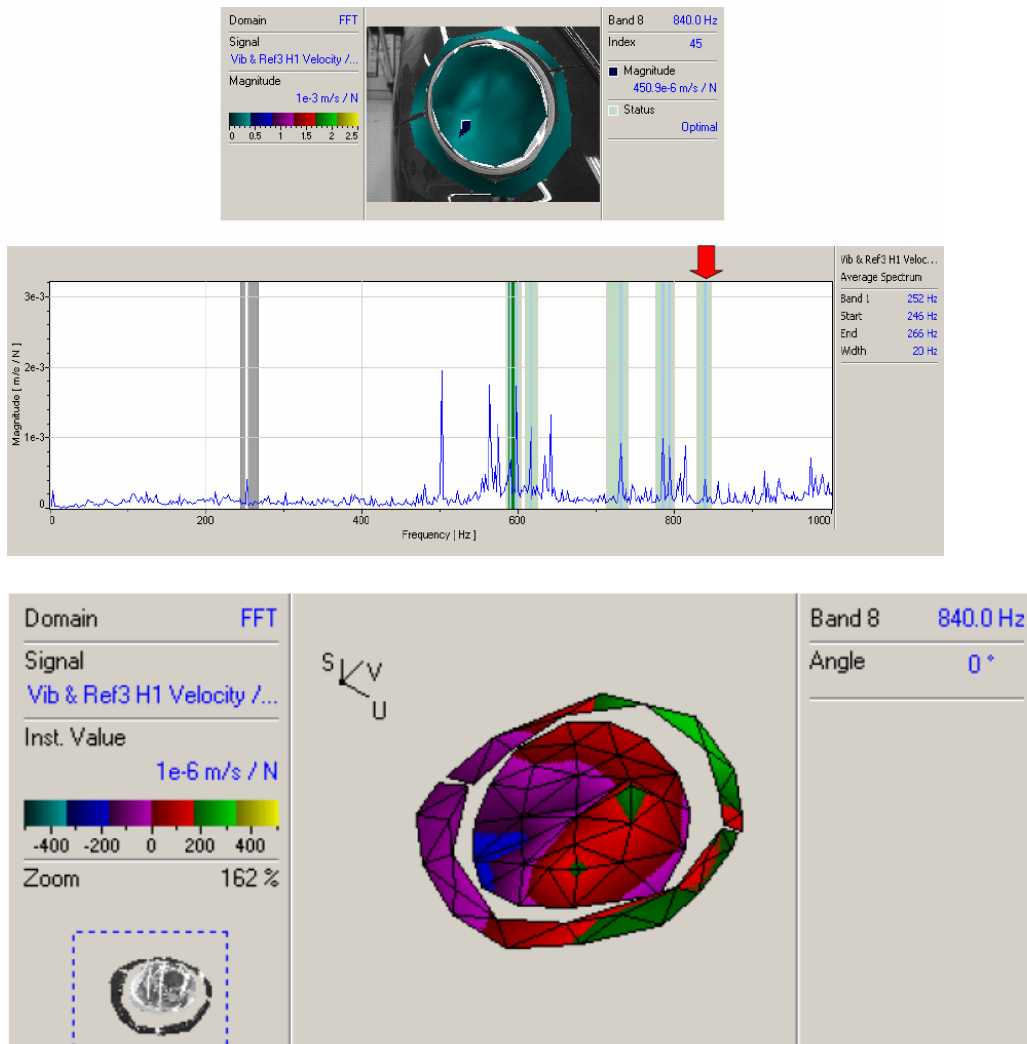


Figura 9.10

9.5 Comparación de las pruebas físicas con las pruebas de ALGOR 16

La forma en que podemos comparar las pruebas físicas con las obtenidas en elemento finito, es la frecuencia de los picos del ensayo físico contra las frecuencias naturales así como los desplazamientos, cabe mencionar que estas van a variar por los siguientes aspectos:

1. Los sistemas analizados uno es con el carro completo y el otro solo las partes involucradas en el montaje del faro
2. La excitación en diferentes puntos

3. Condiciones de frontera

9.5.1 Comparación de frecuencias

En la sección 7.2.1 de esta tesis se muestran los modos de vibración y en el 10.4 se muestran los resultados de las pruebas físicas, y se encontró la relación en tres modos 3 picos cercanos a estos valores, los rangos que se encontraron fueron los siguientes:

Tabla 9.8

Prueba modal		Prueba experimental	
Modo numero	Hertz	Hertz	Pico numero
5	264	252	1
14	563	598	2
15	613	616	3

Como se puede observar en la primera comparación el primer pico se acerca con el quinto modo teniendo una variación de 12 Hz, pero antes hay 3 modos que no se detectaron en el análisis experimental. En los otros dos puntos cercanos a los picos son el modo 14 y modo 15 entre los cuales hay un gran numero de modos que no se pudieron distinguir en el análisis entre estos dos rangos de frecuencia hay una diferencia de 35 Hz y de 3 Hz, estos valores no son idénticamente iguales por los factores antes ya mencionados pero son valores muy cercanos uno de otro. En seguida se presentaran los dos sistemas con las frecuencias obtenidas, recordamos al lector que los desplazamientos obtenidos en el análisis real no son reales para los desplazamientos los compararemos en la siguiente sección

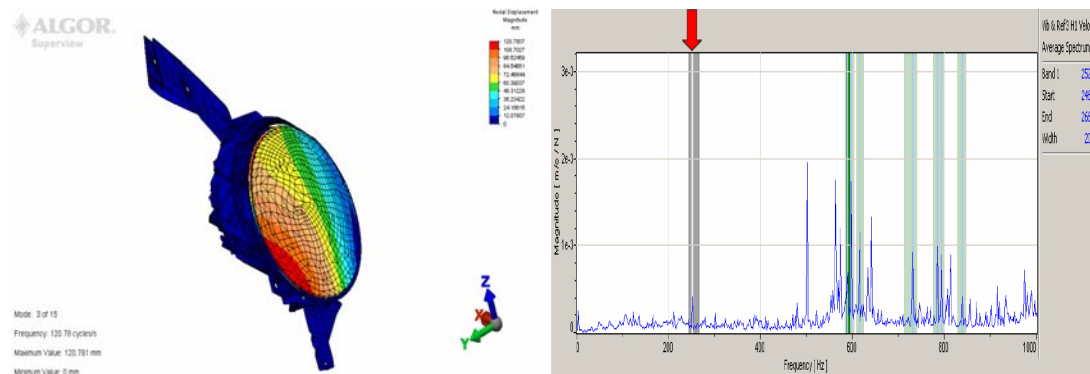


Figura 9.11 Comparación del tercer modo y primer pico

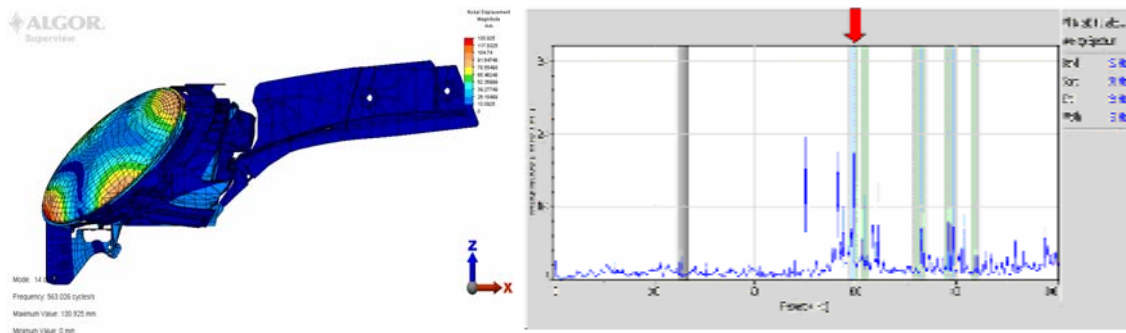


Figura 9.12 Modo 14 y pico12

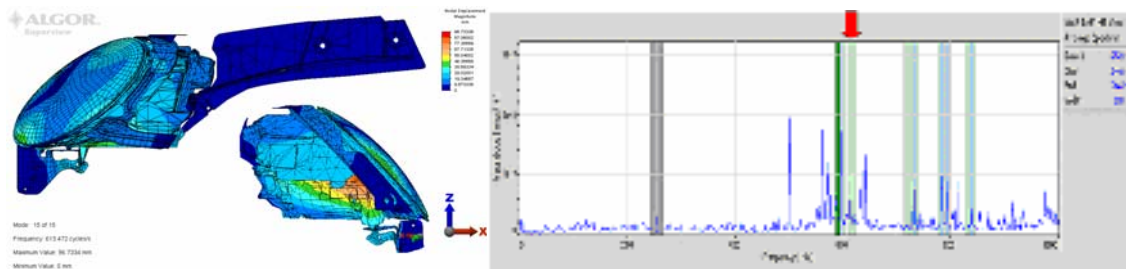


Figura 9.13 Modo 15 y pico 13

9.5.2 Comparación de los desplazamientos

9.5.2.1 Primer pico y modo 5 con espectro de respuesta

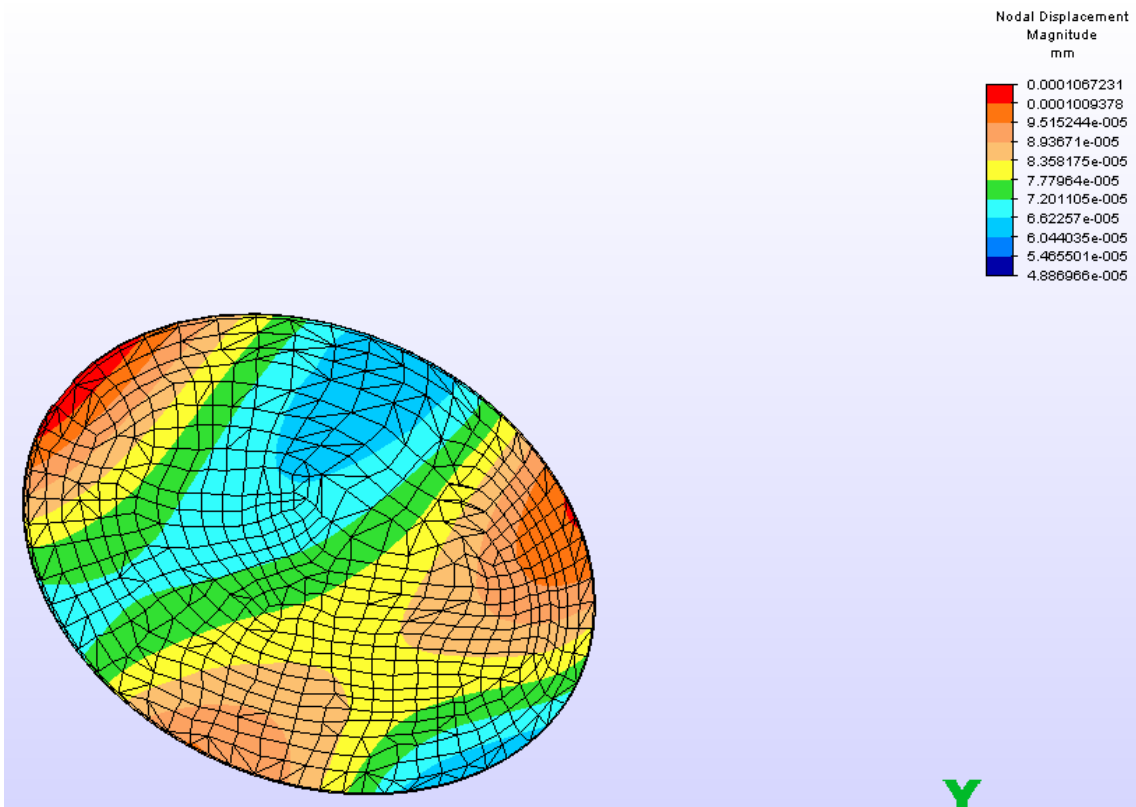
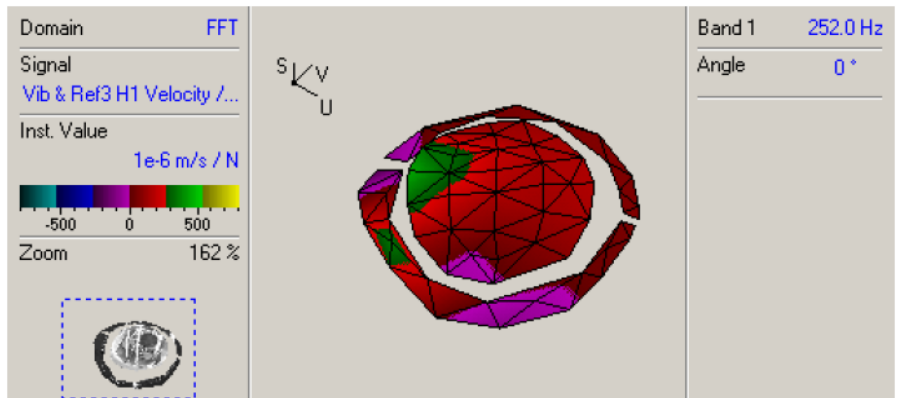


Figura 9.14

9.5.2.2 Segundo pico y modo 14

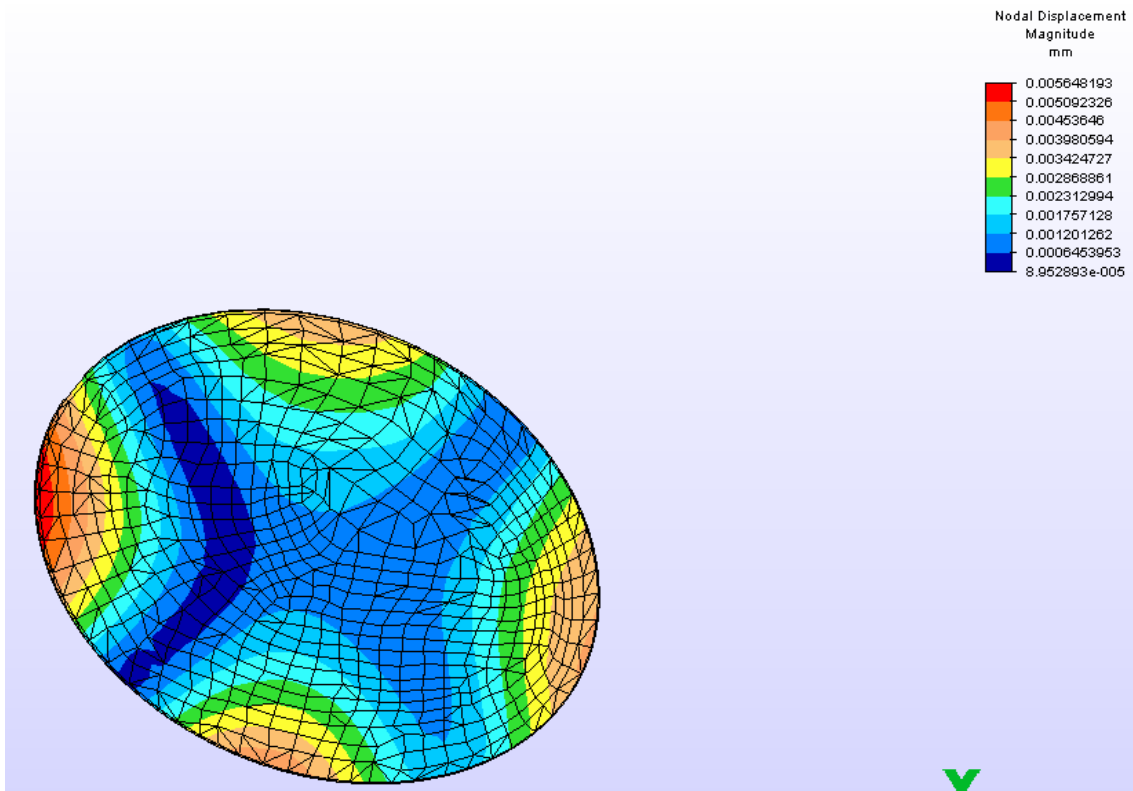
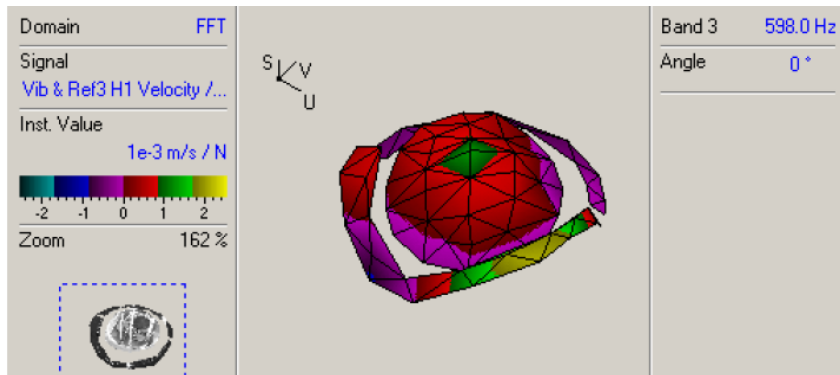


Figura 9.15

9.5.3.3 Tercer pico y modo 15

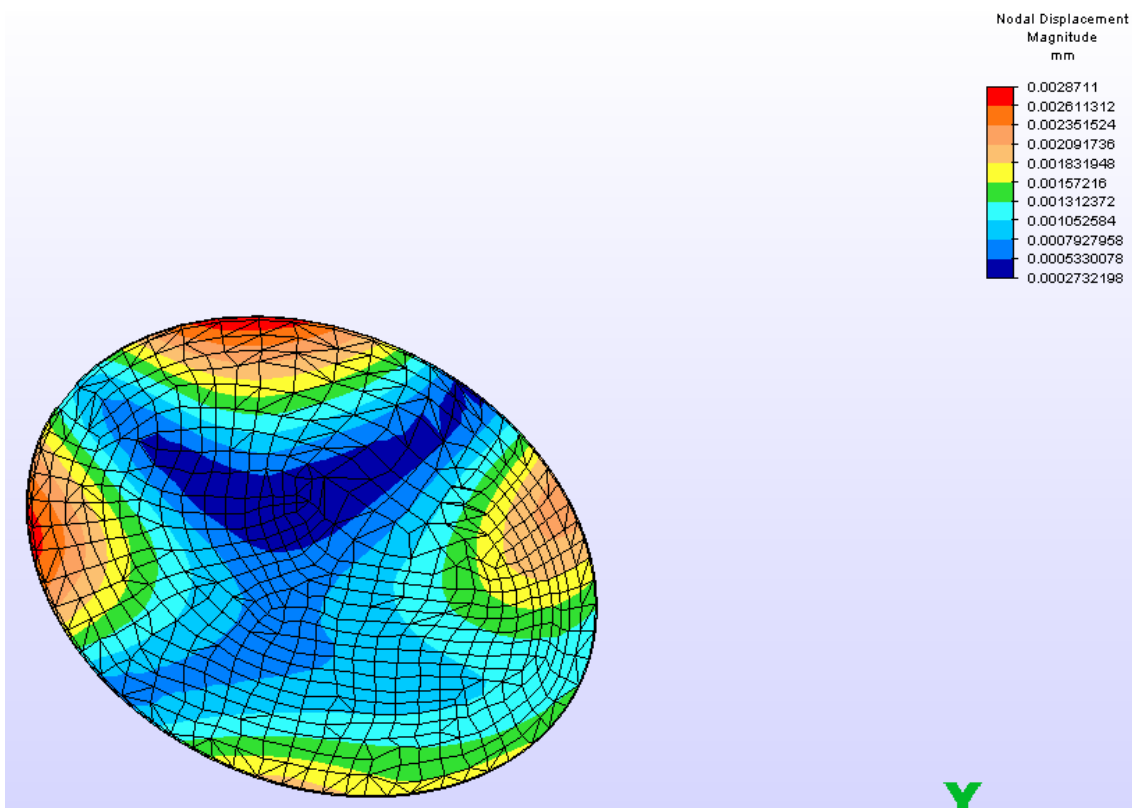
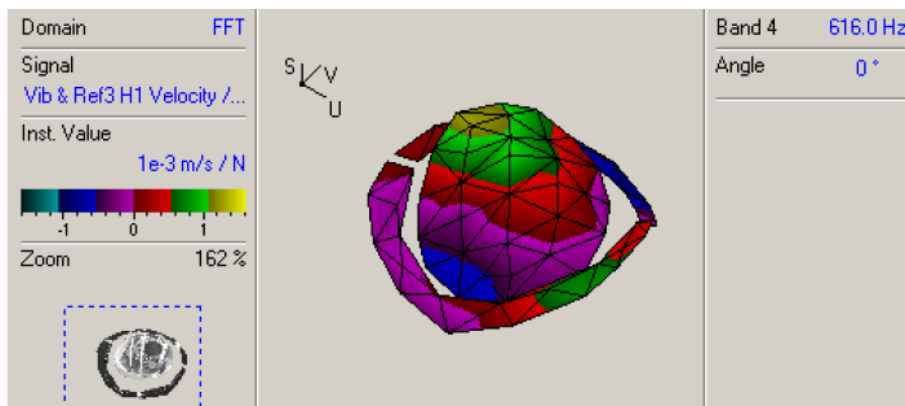


Figura 9.16