



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA PLATAFORMA MARINA TIPO JACKET
LOCALIZADA EN LA SONDA DE CAMPECHE DISEÑADA CON LA NORMA
NRF-003-PEMEX-2007 BAJO CONDICIONES EXTREMAS DE TORMENTA
Y DE OPERACIÓN**

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS

PRESENTA:

ING. INOCENCIA VANESSA SÁNCHEZ GARCÍA

DIRECTOR DE TESINA: DR. MARIO HUMBERTO CHÁVEZ GONZÁLEZ



MÉXICO, D.F.

ABRIL 2016

AGRADECIMIENTOS

A la vida, que me puso una prueba difícil con una operación en medio del proceso de estos estudios, pero que me enseñó a valorar aún más la salud, actitud para la pronta recuperación y fuerzas para culminar este trabajo de tesina.

A la máxima casa de estudios, la UNAM, por darme la oportunidad en primer lugar de hacer un semestre de intercambio en la Licenciatura y por permitirme realizar mis estudios de Posgrado en Especialidad y que me enseñó la dedicación, persistencia y pasión por las estructuras.

A mi tutor, Dr. Mario Chávez por su constante dedicación, pasión por el tema de tesina desde el primer día, por haberme compartido su experiencia y paciencia para revisar cada letra de este trabajo.

A cada uno de mis sinodales, Dra. Mabel Mendoza por haber dedicado tiempo y paciencia al revisar este trabajo, Ing. Raúl Granados Granados por su paciencia y por contagiarnos durante sus clases el tema de estructuras, M. I. Octavio Domínguez por el apoyo y la dedicación al revisar y complementar este trabajo, al Ing. Valdés por compartirnos el enorme campo de estudio de las Plataformas Marinas y por el apoyo que me brindo en clase.

A mi madre Nora García Pérez y hermanos, Nora Nelly y Juan Martín, por apoyarme al dejar mi hogar para lograr este objetivo.

A mis compañeros de la Especialidad por su apoyo y trabajo en equipo.

Al Ing. José Luis Garnica, por su gran colaboración técnica y apoyo en cada paso en la realización de este trabajo.

A mis amigos por el apoyo contante a pesar de las largas distancias.

*No habrá obstáculo posible que te tumbe
ni enfermedad tan fuerte que derrumbe
la fuerza extraordinaria que hay en tu ser.(Seudónimo)*

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia el comportamiento estructural de la plataforma marina fija tipo “jacket” ONEL-A, que se encuentra en operación desde 2012 en la Sonda de Campeche (Golfo de México). En particular, el objetivo del presente estudio es la revisión de dicho comportamiento bajo las denominadas condiciones de operación y de tormenta, aplicables a este tipo de plataformas, de acuerdo a norma NRF-003-PEMEX-2007 (complementada por norma API-RP-2A-WSD 21ª Edición). Además se estudiará su comportamiento ante condiciones de tormenta extrema, no incluidas en la mencionada norma de PEMEX.

La revisión propuesta en este trabajo tiene un interés práctico, ya que en Golfo de México los fenómenos meteorológicos que prevalecen anualmente, son las llamadas tormentas tropicales (que algunas veces alcanzan la categoría de huracanes) y los llamados efectos “Norte”. Estos fenómenos generan las denominadas cargas ambientales debidas al oleaje, el viento y las corrientes marinas, las cuales estarán actuando sobre la plataforma ONEL-A durante su vida útil. Debido a lo anterior, es de crucial importancia el analizar, detalladamente, su comportamiento estructural esperado ante dichas cargas ambientales, con el fin de, si es el caso, sugerir se tomen las medidas pertinentes (por ejemplo, su reforzamiento estructural) y así garantizar su adecuado comportamiento estructural durante su vida útil, y por lo tanto de cumplir los objetivos operacionales y de seguridad para las cuales fue diseñada, construida, instalada y puesta en operación. -

De acuerdo con la norma NRF-003-PEMEX-2007 la revisión estructural de la plataforma ONEL-A debe ser efectuada aplicando los llamados métodos de análisis estructural estático (en el cual se supone que las cargas ambientales no varían con el tiempo) y el dinámico (en el cual las cargas ambientales, como en la naturaleza, varían con el tiempo). Además, para dictaminar si la plataforma es segura estructuralmente, se aplica filosofía de diseño estructural denominada de “esfuerzos permisibles” (en la cual los esfuerzos actuantes ocasionados por las acciones de servicio no sobrepasen los esfuerzos permisibles indicados en la mencionada norma). Para la realización de los análisis estructurales de la plataforma ONEL-A mencionados anteriormente, en este trabajo se utilizó el *software* SACS (Structural Analysis Computer System) versión 5.6.

Los resultados de los análisis estructurales efectuados a la plataforma ONEL-A, empleando parámetros ambientales de la norma de PEMEX, muestran que los esfuerzos máximos obtenidos en todos sus elementos mediante el método estático, cumplen la norma, es decir no se presentaron elementos sobre esforzados. En cuanto a los resultados obtenidos con el método dinámico, utilizando los mismos parámetros ambientales que en el método estático, los desplazamientos máximos en nodos críticos de la plataforma, son superiores, aproximadamente en un 20%, comparado con los obtenidos con el método estático. Sin embargo, tampoco se presentaron elementos estructurales sobre esforzados.

Los resultados del comportamiento estructural de la plataforma ONEL-A obtenidos con el método de análisis dinámico y los parámetros ambientales de tormenta extrema, indican que los desplazamientos máximos en nodos críticos son 26 veces mayores que los obtenidos según la norma NRF-003-PEMEX-2007, así como, que un número importante de sus componentes estructurales están sobre esforzados, es decir que la plataforma ONEL-A está en riesgo de experimentar fallas estructurales de importancia que impactarían su operación y seguridad.

ABSTRACT

In the present work, a fixed offshore Platform type “jacket” ONEL is studied, which is in operation since 2012 in Campeche (Gulf of Mexico). In particular, the objective of this study is to review the behavior under operating conditions and storm applicable to these platforms, according to standard NRF-003-PEMEX-2007 (supplemented by standard API-RP 2A-WSD 21st Edition). In addition their behavior will be studied to extreme storm, not included in the above mentioned standard PEMEX

The review proposed in this paper has a practical interest, since in the Gulf of Mexico the prevailing weather events annually, are called tropical storms (which sometimes reach hurricane strength) and so-called "North" effects. These events generate environmental loads due to waves, wind and ocean currents, which are (and will be acting) on the ONEL-A platform during its lifetime. Therefore, it is crucial to analyze, in detail, their expected structural behavior under these environmental loads, in order, if appropriate, suggest appropriate measures are taken (eg, structural reinforcement) and guarantee proper structural performance during its lifetime, and therefore meet the operational and safety objectives for which it was designed, built, installed and put into operation.

According to the NRF-003-PEMEX-2007 standard the structural revision of the platform ONEL-A must be carried out by applying both the static structural analysis method (in which it is assumed that environmental loads vary with time) and the dynamic one (where the environmental loads, as in nature, change over time). In addition, to rule on whether the platform is structurally safe, the structural design philosophy called the "permissible stresses" should be applied (in which the acting stresses caused by the actions of service should not exceed the allowable stresses specified in the standard). To carry out the mentioned structural analysis of the ONEL-A platform, in this work the *software* SACS (Structural Analysis Computer System) version 5.6 was used.

The results of the structural analyzes performed with the static method to the ONEL-A platform by using the environmental parameters of the NRF-003-PEMEX-2007 standard, show that all its components comply with the latter. With respect to the results obtained with the dynamic method and the same environmental parameters, the maximum displacements at critical nodes of the platform are higher by approximately 20%, compared with those obtained with the static method. However, all its components also comply with the standard.

The results of the structural behavior of the platform ONEL-A obtained with the structural dynamic analysis method and the environmental parameters of the extreme storm, indicate that the maximum displacements at critical nodes are 26 times higher than those obtained according to the environmental parameters of the NRF-003-PEMEX- 2007 standard. And also that a large number of its structural components are over stressed, therefore, under the extreme storm conditions the ONEL-A platform is at risk of experiencing major structural flaws that would impact their operation and safety.

INDICE

RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vii
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. ANTECEDENTES.....	2
1.2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PLATAFORMA ONEL-A.....	4
1.3. OBJETIVO Y ALCANCE DEL TRABAJO.....	5
CAPITULO 2. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS Y ESTRUCTURALES DE LA PLATAFORMA FIJA ONEL-A.....	7
2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DE LA PLATAFORMA DE INTERÉS.....	7
2.1.1. Características geométricas y mecánicas de la Superestructura de la Plataforma ONEL-A.....	11
2.1.2. Características geométricas y mecánicas de la Subestructura de la Plataforma ONEL-A.....	11
2.1.3. Características geométricas y mecánicas de la cimentación de la plataforma ONEL-A.....	16
CAPITULO 3. NORMAS, ESPECIFICACIONES Y METODOS DE ANALISIS APLICABLES A LA EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA PLATAFORMA MARINA FIJA ONEL-A.....	18
3.1. NORMAS Y ESPECIFICACIONES APLICABLES.....	18
3.1.1. Categorización de la plataforma ONEL-A.....	18
3.1.2. Acciones consideradas.....	23
3.1.2.1. Cargas gravitacionales.....	24
3.1.2.2. Cargas ambientales en condición de operación y tormenta.....	31
3.1.2.3. Combinación de cargas.....	39
CAPITULO 4. ANALISIS ESTRUCTURAL POR NORMATIVIDAD.....	44
4.1. CASO A: ANALISIS ESTRUCTURAL ESTATICO.....	44
4.1.1. Metodología del análisis.....	46
4.1.2. Consideraciones del análisis.....	46
4.1.3. Archivo de entrada.....	47
4.1.4. Resultados del análisis.....	52
4.1.4.1. Desplazamientos nodales.....	54
4.1.4.2. Relación de esfuerzos.....	57
4.1.4.3. Revisión de juntas.....	61
4.1.4.4. Revisión por colapso hidrostático.....	64
4.1.4.5. Revisión de pilotes.....	70
4.1.5. Análisis de resultados.....	78
4.2. CASO B: ANALISIS EN SITIO DINAMICO.....	79
4.2.1. Metodología del Análisis.....	79
4.2.2. Consideraciones del análisis.....	80

4.2.3. Descripción del archivo de entrada	82
4.2.4. Obtención de propiedades dinámicas	82
4.2.5. Resultados del análisis.....	89
4.2.5.1. Desplazamientos nodales	89
4.2.5.2. Relación de esfuerzos.....	92
4.2.5.3. Revisión de juntas	96
4.2.5.4. Revisión de pilotes	97
4.2.6. Análisis de resultados.....	102
CAPITULO 5. CASO C. ANALISIS DINAMICO ANTE ACCIONES EXTREMAS.....	104
5.1. CONDICIONES DE TORMENTA	104
5.1.1. Tormenta extrema.....	104
5.2. CARGAS CONSIDERADAS	108
5.2.1. Combinación de cargas	108
5.3. OBTENCIÓN DE PROPIEDADES DINAMICAS	108
5.4. RESULTADOS DEL ANALISIS	115
5.4.1. Desplazamientos nodales	115
5.4.2. Relación de esfuerzos	117
5.4.3. Revisión de juntas	121
5.4.4. Revisión de pilotes	123
5.5. ANALISIS DE RESULTADOS.....	127
CAPITULO 6. CONCLUSIONES.....	132
REFERENCIAS	134
APENDICES.....	136
APENDICE A. PLANTAS Y ELEVACIONES ESTRUCTURALES.....	137
APENDICE B. LISTADO DE PLANOS	141
APENDICE C. ARCHIVO DE ENTRADA DE ANALISIS DINAMICO EN SACS 5.6.....	142

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la Sonda de Campeche.....	2
Figura 2. Tipos de Plataformas Marinas	3
Figura 3. Ejemplo de una plataforma fija sometida a las acciones debidas a tormenta	3
Figura 4. Localización de la plataforma fija ONEL-A.....	4
Figura 5. Localización de la plataforma ONEL-A.....	5
Figura 6. Altura de ola significativa extrema en el Golfo de México para un periodo de recurrencia de 100 años obtenida utilizando observaciones y sintéticos de tormentas y huracanes en el Golfo de México y ajustes de distribuciones de probabilidades extremas generalizadas, (Modificada de Meza et al., 2015).....	6
Figura 7. Configuración geométrica y estructural 3D en SACS 5.6 de la plataforma marina ONEL-A .	7
Figura 8a. Ejes de referencia de la plataforma ONEL-A	8
Figura 9. Placa base en la subestructura de plataforma octápoda tipo fija.....	8
Figura 10. Configuración estructural y acciones ambientales en el marco B de la plataforma marina ONEL-A.....	10
Figura 11. Identificación de nodos en el marco A	12
Figura 12. Identificación de grupos en el marco A.....	13
Figura 13. Identificación de grupos de pilotes	16
Figura 14. Condición de carga 1 (Peso propio).....	26
Figura 15. Condición de carga 2 (Misceláneos).....	26
Figura 16. Condición de carga 3 (Carga muerta de la superestructura)	27
Figura 17. Condición de carga 4 (Carga viva de la superestructura)	28
Figura 18. Condición de carga 5 (Carga viva de equipo).....	28
Figura 19. Condición de carga 6 (Carga de tubería y equipos electrónicos).....	29
Figura 20. Condición de carga 7 (Carga viva de tubería y equipo eléctrico).....	29
Figura 21. Condición de carga 8 a 10 (Carga muerta paquete de perforación 1 a 3)	30
Figura 22. Condición de Carga 11 a 13 (Carga viva paquete de perforación 1 a 3)	30
Figura 23. Vista en planta, direcciones de incidencia de cargas ambientales: operación y tormenta	31
Figura 24. Alturas de ola máxima y significativa por operación en la Sonda de Campeche.	33
Figura 25. Altura de la ola máxima de diseño por tormenta.	34
Figura 26. Velocidad máxima del viento a 10 m sobre el NMM, promedio de 1 hora, Sonda de Campeche.....	35
Figura 27. Mareas de tormenta en Sonda de Campeche.	35
Figura 28. Velocidades de corriente en Sonda de Campeche.	36
Figura 29. Condición de carga 14 a 21 (Carga de operación en 8 direcciones de acuerdo a la figura 22)	37
Figura 30. Condición de carga 22-29 (Carga de tormenta en 8 direcciones de acuerdo a la figura 22). 38	
Figura 31. Desplazamientos máximos combinación de carga T000 (Tormenta 0° posición 1).....	55
Figura 32. Desplazamientos máximos combinación de carga T045 (Tormenta 45° posición 1).....	56
Figura 33. Desplazamientos máximos combinación de carga T090 (Tormenta 90° posición 1).....	56
Figura 34. Relación de esfuerzos máximos en la superestructura.....	60
Figura 35. Relación de esfuerzos máximos en la subestructura.....	60
Figura 36. Parámetros de la Geometría y Terminología de una conexión tubular Simple.....	61
Figura 37. Anillos exteriores de refuerzo por colapso hidrostático.....	65
Figura 38 Relación de esfuerzos de sección de pilotes arriba del lecho marino	71
Figura 39 Curvas de capacidad de carga axial ultima en pilotes de 60"Ø y detalle de hincado de pilotes	76
Figura 40 Localización del nodo con mayor desplazamiento	78
Figura 41 Solución a la interacción suelo-estructura en SACS 5.6.....	81

Figura 42 Configuración deformada del modo de vibrar 1 (X).....	83
Figura 43 Configuración deformada del modo de vibrar 2 (Y).....	84
Figura 44 Configuración deformada del modo de vibrar 3 (Y).....	84
Figura 45 Configuración deformada del modo de vibrar 4 (Y).....	85
Figura 46 Configuración deformada del modo de vibrar 5 (X).....	85
Figura 47 Configuración deformada del modo de vibrar 6 (Y).....	86
Figura 48 Configuración deformada del modo de vibrar 7 (Y).....	86
Figura 49 Configuración deformada del modo de vibrar 8 (Y).....	87
Figura 50. Configuración deformada del modo de vibrar 9 (X).....	87
Figura 51 Configuración deformada del modo de vibrar 10 (Z).....	88
Figura 52 Configuración deformada de la combinación TD-5	91
Figura 53 Configuración deformada de la combinación TD-6	91
Figura 54 Relación de esfuerzos de cubierta inferior.....	93
Figura 55 Relación de esfuerzos de cubierta superior.....	93
Figura 56 Relación de esfuerzos del jacket.....	94
Figura 57 Marco B, Relación de esfuerzos máximos en la estructura	95
Figura 58 Localización del nodo con desplazamiento máximo del análisis dinámico.....	102
Figura 59. Ejemplo de las trayectorias de 100 tormentas tropicales sinteticas, generadas en el Oceano Atlantico Norte y que potencialmente impactarian las costas del Golfo de Mexico. (Modificada de Meza et al., 2015).....	104
Figura 60. Trayectorias de 30 escenarios de tormentas esperadas en el Oceano Atlantico en el siglo 21 asociadas al cambio climatico, que alcanzan las categoria 4 y 5 de la escala Saffir- Simpson que potencialmente impactarian las costas del Golfo de Mexico. (Modificada de Bender et al., 2010). ...	105
Figura 61. Altura de ola significativa extrema en el Golfo de México para un periodo de recurrencia de 100 años obtenida utilizando observaciones y sintéticos de tormentas y huracanes en el Golfo de México y ajustes de distribuciones de probabilidades extremas generalizadas, (Modificada de Meza et al., 2015).....	106
Figura 62. Comparacion de los histogramas para la velocidad maxima del viento obtenidos para los tormentas/huracanes sinteticas e historicas en el Golfo de Mexico y el Mar Caribe. Obtenidas por Meza et al., (2015).	107
Figura 63 Configuración deformada del modo de vibrar 1 (X).....	109
Figura 64. Configuración deformada del modo de vibrar 2 (Y).....	109
Figura 65. Configuración deformada del modo de vibrar 3 (Y).....	110
Figura 66 Configuración deformada del modo de vibrar 4 (Y).....	110
Figura 67 Configuración deformada del modo de vibrar 5 (X).....	111
Figura 68 Configuración deformada del modo de vibrar 6 (Y).....	111
Figura 69 Configuración deformada del modo de vibrar 7 (Y).....	112
Figura 70 Configuración deformada del modo de vibrar 8 (Y).....	112
Figura 71 Configuración deformada del modo de vibrar 9 (X).....	113
Figura 72 Configuración deformada del modo de vibrar 10 (Z).....	113
Figura 73 Configuración deformada de la combinación TD-3	116
Figura 74. Relación de esfuerzos de cubierta superior.....	119
Figura 75. Relación de esfuerzos de cubierta inferior.....	119
Figura 76. Relación de esfuerzos del jacket.....	120

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Localización geográfica de la plataforma ONEL-A.....	4
Tabla 2. Esfuerzo de fluencia de tipos de Acero	11
Tabla 3. Propiedades de los elementos del marco A	14
Tabla 4. Longitudes de los elementos del marco A (ver figura 11)	15
Tabla 5. Normatividad, códigos y documentos de referencia	18
Tabla 6. Categorización de plataformas marinas, (NRF-003-PEMEX-2007)	19
Tabla 7. Parámetros de diseño para estructuras a ser instaladas en el Golfo de México (NRF-003-PEMEX-2007).....	22
Tabla 8. Casos de carga.....	24
Tabla 9. Descripción de “Sum of forces” de SACS 5.6	24
Tabla 10. Peso total de la plataforma marina ONEL-A	25
Tabla 11. Espesor de crecimiento marino recomendado.....	32
Tabla 12. Coeficientes hidrodinámicos para operación y tormenta (NRF-003-PEMEX-2007)	32
Tabla 13. Parámetros asociados a la altura de ola máxima de operación en la Sonda de Campeche. ...	34
Tabla 14. Resumen de Parámetros meteorológicos aplicables a la plataforma ONEL-A	36
Tabla 15. Factores para combinaciones de cargas en operación (Posición 1).....	39
Tabla 16. Factores para combinaciones de cargas en operación (Posición 2).....	40
Tabla 17. Factores para combinaciones de cargas en operación (Posición 3).....	40
Tabla 18. Factores para combinaciones de cargas en tormenta (Posición 1)	41
Tabla 19. Factores para combinaciones de cargas en tormenta (Posición 2)	41
Tabla 20. Factores para combinaciones de cargas en tormenta (Posición 3)	42
Tabla 21. Esfuerzos permisibles en miembros Estructurales (AISC-ASD 09th año 1989)	45
Tabla 22. Dirección de Incidencia para Operación y Tormenta.....	46
Tabla 23. Variables contenidas en la tabla de "Máximum joint deflection report"	54
Tabla 24. Variables contenidas en la tabla de "Member group summary"	57
Tabla 25. Variables contenidas en la tabla “Joint Can Summary”	62
Tabla 26. Variables contenidas en la tabla “Hydrostatic collapse analysis”	66
Tabla 27. Variables contenidas en la tabla de "Member group summary"	70
Tabla 28. Variables contenidas en la tabla “Pile group summary”	72
Tabla 29. Factores de seguridad obtenidos en pilotes, condición de operación.....	77
Tabla 30. Factores de seguridad obtenidos en pilotes, condición de tormenta	77
Tabla 31. Modos de vibrar de la plataforma ONEL-A (Caso B)	88
Tabla 32. Variables contenidas en la tabla “Mass Participation Factor Report”	89
Tabla 33. Valores contenidos en la tabla “Maximum joint deflection report”	89
Tabla 34. Variables contenidas en la tabla de "Member group summary".	92
Tabla 35. Variables contenidas en la tabla “Joint can summary”	96
Tabla 36. Variables contenidas en la tabla de "Member group summary"	97
Tabla 37. Variables contenidas en la tabla “Pile group summary”	98
Tabla 38. Calculo de factores de seguridad en pilotes, condición de tormenta en análisis dinámico ..	101
Tabla 39. Parámetros meteorológicos extremos aplicables a la plataforma ONEL-A.....	107
Tabla 40. Factores para combinaciones de cargas en tormenta.....	108
Tabla 41. Modos de vibrar de la plataforma ONEL-A (Caso C)	114
Tabla 42. Variables contenidas en la tabla “Mass participation factor report”	114
Tabla 43. Valores contenidos en la tabla “Maximum joint deflection report”	115
Tabla 44. Variables contenidas en la tabla de "Member group summary"	117
Tabla 45. Variables contenidas en la tabla “Joint can summary”	121
Tabla 46. Variables contenidas en la tabla de "Member group summary"	123
Tabla 47. Variables contenidas en la tabla “Pile group summary”	124
Tabla 48. Calculo de factores de seguridad en pilotes, condición de tormenta en análisis dinámico ..	127

Tabla 49. Factores que afectan a los parámetros ambientales obtenidos de la ola de diseño.....	128
Tabla 50. Comparativa final de los análisis estructurales caso A, B y C	130
Tabla A1.Planos de Superestructura.....	141
Tabla A2.Planos de Subestructura.....	141

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Esfuerzo-Deformación del Acero Estructural	44
Gráfica 2. Envolverte de relación de esfuerzos máximos en Pilotes	74
Gráfica 3 Envolverte de desplazamientos laterales en Pilotes.....	75
Gráfica 4. Envolverte de relación de esfuerzos máximos en Pilotes.	99
Gráfica 5. Envolverte de desplazamientos laterales en Pilotes.....	100
Gráfica 6. Envolverte de desplazamientos laterales en Pilotes.....	126

INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Procedimiento de Evaluación para plataformas marinas existentes. IMP	21
Diagrama 2. Cargas aplicadas al modelo basadas en NRF-003-PEMEX-2007	23

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

En el Golfo de México todos los años ocurren eventos climatológicos significativos como tormentas, huracanes, y los llamados “Nortes”, a los cuales se asocian vientos, oleajes y corrientes marinas de intensidad y/o duración (o ambos) importantes, y en ocasiones extremos (Valdés, 2005). La frecuencia de ocurrencia de estos fenómenos es particularmente intensa en los meses de junio a noviembre y su duración puede ser de días, como por ejemplo el huracán Roxanne ocurrido en Octubre de 1995 (CONAGUA, 2012) el cual tuvo una duración aproximada de 7 días desde su formación en la Costa de Nicaragua hasta su disipación en las Costas de Veracruz (Ramos *et al.*, 1997).

En la actualidad existen más de 100 plataformas marinas de Petróleos Mexicanos (PEMEX) en el Golfo de México, un porcentaje importante de estas son destinadas a la explotación de hidrocarburos y se ubican en la llamada Sonda de Campeche (ver figura 1). La mayoría de estas plataformas son denominadas tipo Jacket o fijas, que se utilizan en tirantes de agua de 20 a 600 m, como la mostrada en forma esquemática en el lado superior izquierdo de la Figura 2. Las plataformas fijas son fabricadas en acero y sus principales componentes son: 1) la superestructura localizada arriba del nivel medio del mar, NMM, 2) la subestructura localizada bajo el NMM, y 3) la cimentación a base de pilotes hincados bajo el lecho marino (ver figura 2).



Figura 1. Localización de la Sonda de Campeche

Figura tomada del sitio: <http://juanrayavallejo.blogspot.mx/2013/06/lugares-petroleros.html> (fecha de actualización junio 2013)

Las plataformas marinas deben cumplir, aparte de las condiciones normales de operación, las condiciones ambientales extremas que se presentan costa afuera.

Por lo cual, su diseño requiere la utilización de la información: meteorológica, oceanográfica, geológica, geotécnica e ingenieril, disponible para el sitio donde se localizaran las plataformas.

Lo anterior con el fin de diseñar y fabricar este tipo de estructuras para que puedan soportar, durante su vida útil, las condiciones adversas debidas a oleaje, corrientes marinas, vientos, sismos y hielo (para las plataformas que se localizan en latitudes iguales o mayores a 45°N) que probablemente se presentaran en el sitio en dicho lapso, y permanecer en armonía con el medio ambiente.

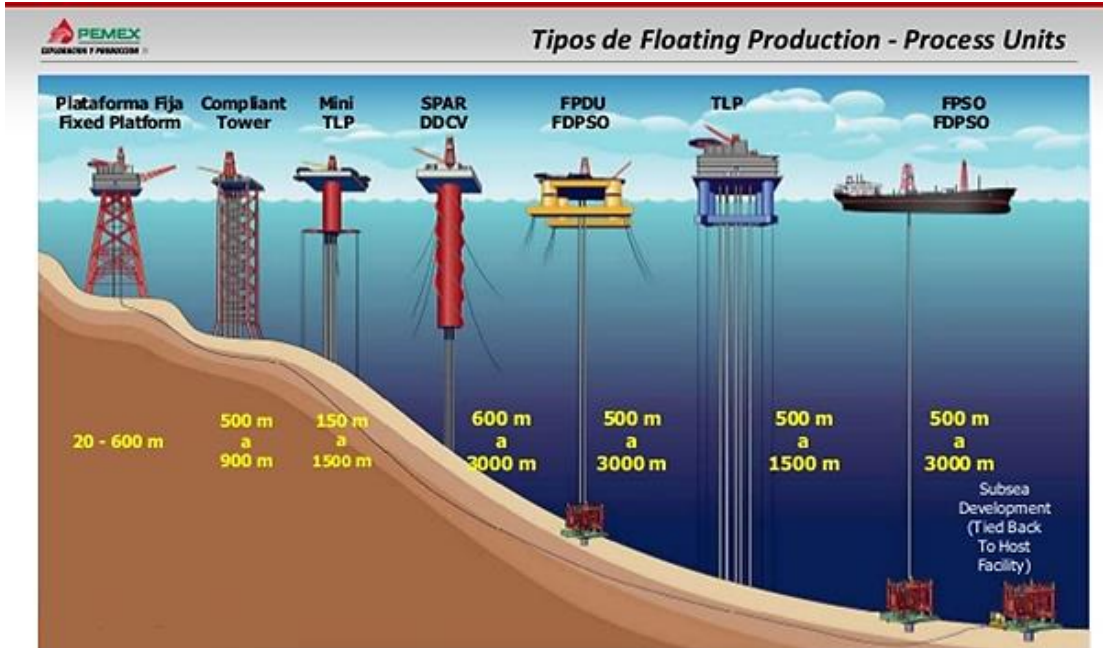


Figura 2. Tipos de Plataformas Marinas
(2do Congreso Logística, Transporte y Distribución de Hidrocarburos 2013)

En México las plataformas marinas fijas deben cumplir la Normatividad NRF-003-PEMEX-2007, así como partes de la norma API-RP-2A-WSD (21ª edición) de Estados Unidos. Dichas normas requieren la realización de análisis estructurales detallados de las plataformas bajo condiciones de operación y de tormenta (ver figura 3) con el fin de garantizar el adecuado comportamiento de estas estructuras durante su vida útil.



Figura 3. Ejemplo de una plataforma fija sometida a las acciones debidas a tormenta
(Oil Industry News, www.oilandgaspeople.com, 2015)

1.2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PLATAFORMA ONEL-A

En la figura 4 se puede observar la localización del Campo ONEL-1, adicionalmente en la tabla 1 se muestran las coordenadas de localización del Campo ONEL-1 y de la plataforma marina tipo octápoda de perforación denominada ONEL-A con tirante de 75.5 m.

Tabla 1. Localización geográfica de la plataforma ONEL-A

LOCALIZACIÓN DE LA PLATAFORMA CON CENTRO EN LAS COORDENADAS REFERIDAS AL SISTEMA U.T.M.	
X=563,021.146	Y=2,137,951.146
COORDENADAS AL CENTRO DEL POZO ONEL-1	
X=563,010.80	Y=2,137,940.80

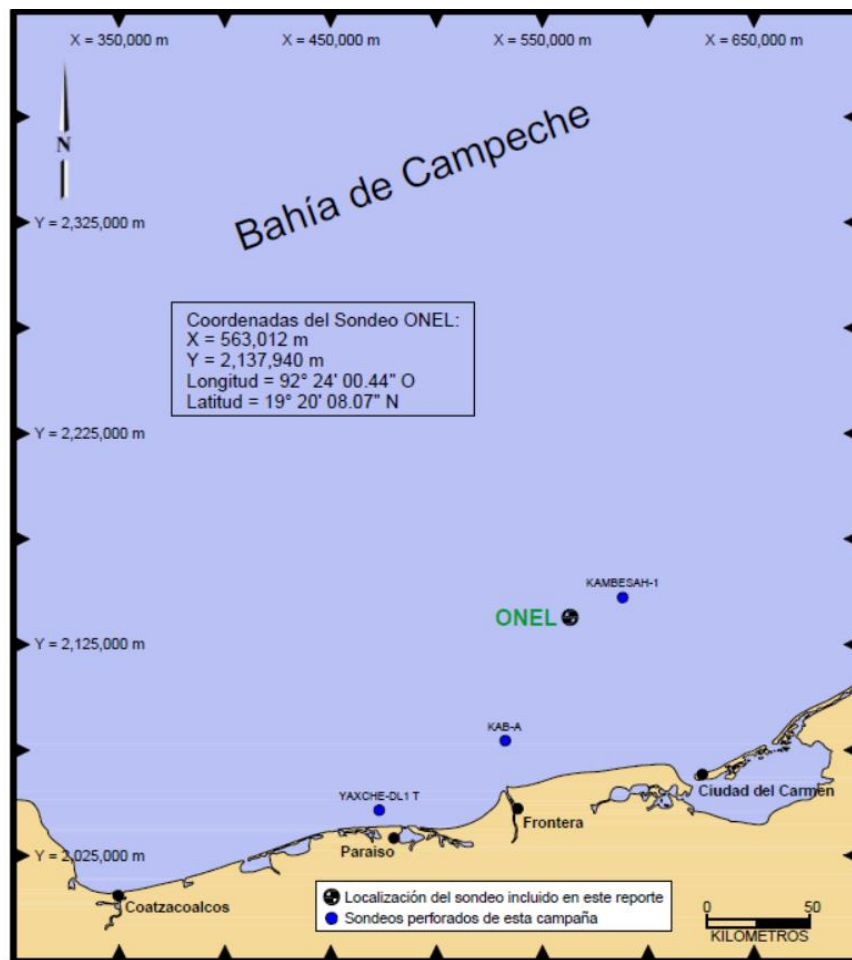


Figura 4. Localización de la plataforma fija ONEL-A (Diavaz y Fugro Chance de México, 2007)

1.3. OBJETIVO Y ALCANCE DEL TRABAJO

El objetivo del presente trabajo es analizar y comparar el comportamiento estructural de la plataforma marina fija ONEL-A (cuya localización se muestra en la figura 5) siguiendo las mencionadas normas de PEMEX y del API, bajo las denominadas condiciones de: A) operación, B) tormenta, y C) tormenta extrema. Esta última tomará en cuenta la posibilidad de ocurrencia en el Golfo de México, de un huracán que genere en la Sonda de Campeche alturas de ola significativas como las mostradas en figura 6, las cuales podrían alcanzar hasta 35m (Meza *et al.*, 2015), no consideradas en la normatividad vigente que fue aprobada en 2007 (NRF-003-PEMEX-2007). Acorde con lo anterior este trabajo se desarrollara en la siguiente forma.

En el capítulo 2 se presentan las características estructurales de la plataforma ONEL-A; la normatividad aplicable a la misma se incluye en el capítulo 3; en el capítulo 4 se discuten y aplican los métodos estático y dinámico de análisis estructural, así como del *software* SACS 5.6 utilizado para para efectuar dichos análisis a la plataforma ONEL-A bajo las condiciones de carga operativa y de tormenta. En el capítulo 5 se presentan los resultados del análisis estructural dinámico para la condición de carga de tormenta extrema. Finalmente, en el capítulo 6 se presentan las conclusiones del trabajo.

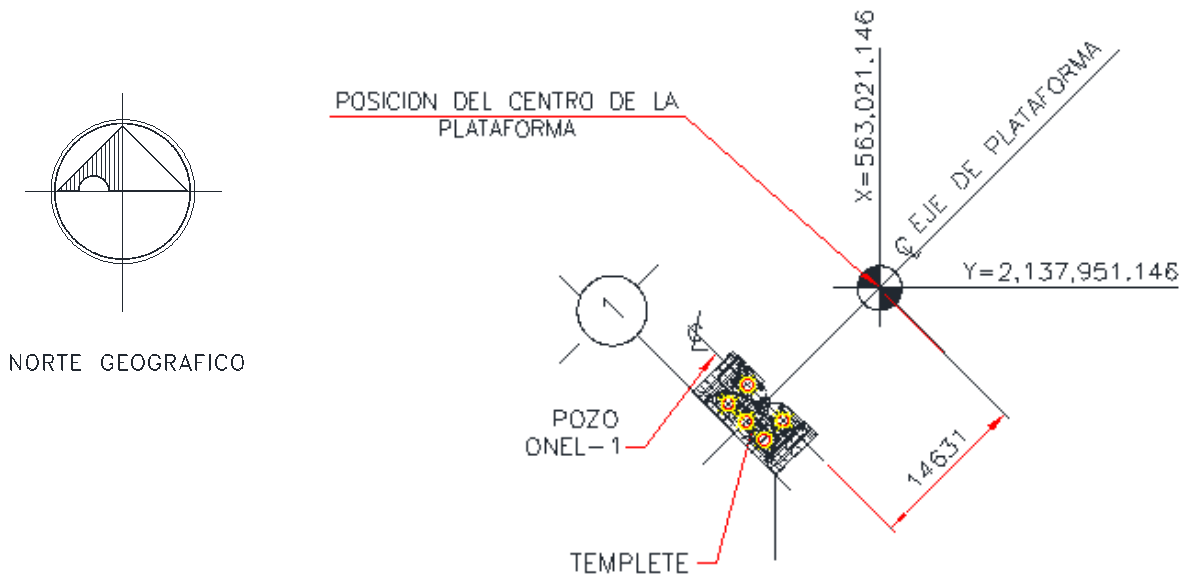


Figura 5. Localización de la plataforma ONEL-A

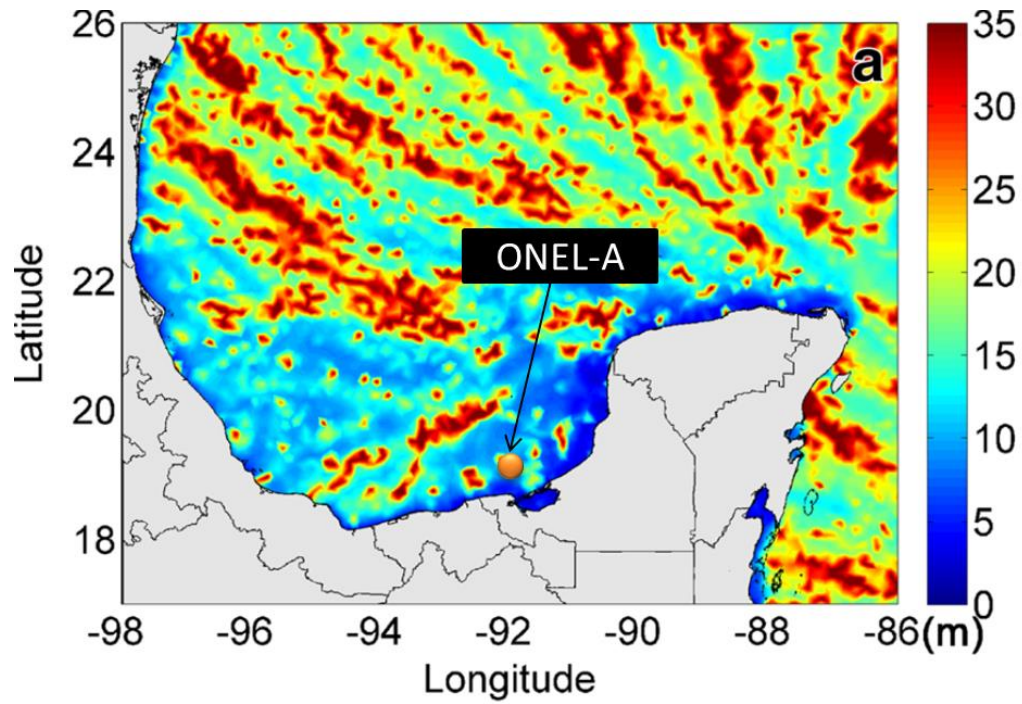


Figura 6. Altura de ola significativa extrema en el Golfo de México para un periodo de recurrencia de 100 años obtenida utilizando observaciones y sintéticos de tormentas y huracanes en el Golfo de México y ajustes de distribuciones de probabilidades extremas generalizadas, (Modificada de Meza et al., 2015).

CAPITULO 2. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS Y ESTRUCTURALES DE LA PLATAFORMA FIJA ONEL-A

En este capítulo se presenta la información estructural de la plataforma marina ONEL-A. En las siguientes secciones se exponen las características generales de la estructura, su geometría y propiedades mecánicas, adicionalmente se incluyen los planos estructurales principales de la plataforma en los Apéndices A y B.

2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DE LA PLATAFORMA DE INTERÉS

En la figura 7 se presenta la configuración general en 3D con los principales componentes estructurales de la plataforma marina fija octápoda de perforación ONEL-A. Esta plataforma se localiza en el sitio de la Sonda de Campeche indicado en la figura 4 con tirante de agua de 75.5 m.

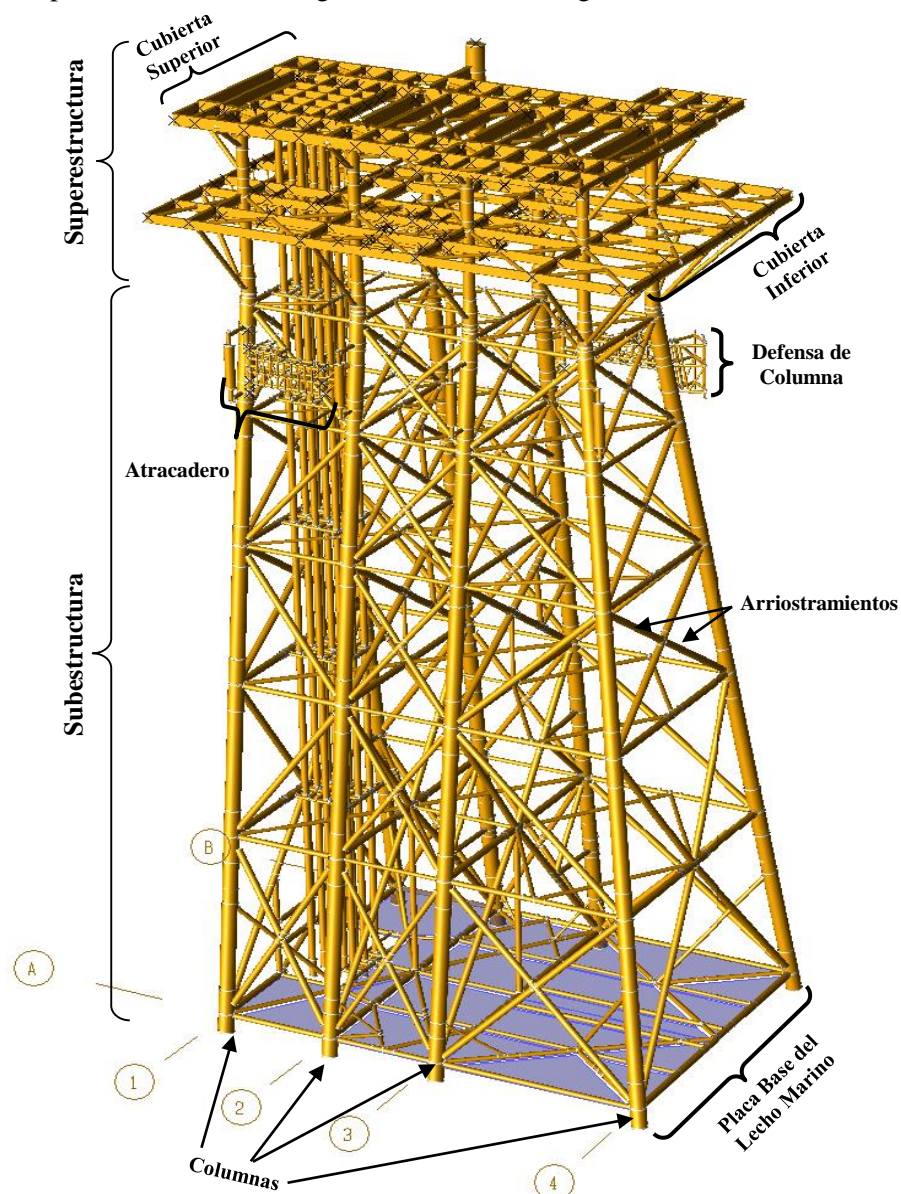


Figura 7. Configuración geométrica y estructural 3D en SACS 5.6 de la plataforma marina ONEL-A

Capítulo 2. Características geométricas y estructurales de la Plataforma fija ONEL-A

En el Apéndice A (ver figuras A1 - A4) se incluyen los planos estructurales de la plataforma de interés, en estas figuras se puede observar que la dimensión de la cubierta superior es de 45.568 m de largo por 22.860 m de ancho, y que las la cubierta inferior son 51.148 m por 33.716 m. Además en dichas figuras se incluyen las elevaciones del eje 1 y eje A (ver figura 7) de la subestructura. En la figura 7a se muestran en planta la nomenclatura de los ejes estructurales principales de la plataforma ONEL-A que serán utilizados subsecuentemente.

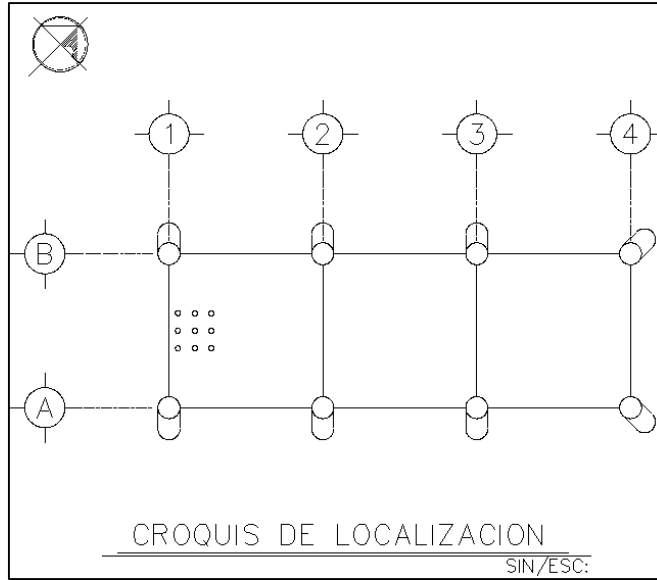


Figura 8a. Ejes de referencia de la plataforma ONEL-A

En la figura 7 se observa que la plataforma ONEL-A consiste en 4 marcos, en la dirección X, los cuales están conectados con 6 niveles de arriostramiento en la subestructura. En las direcciones X, Y los marcos están arriostrados por un sistema de cruceta, el cual aporta mayor rigidez a la estructura. En el lecho marino se encuentran arriostramientos ligados a las columnas y una placa base (ver figura 8), esta última tiene la función de proporcionar estabilidad a la plataforma durante el hincado del sistema de cimentación de la plataforma que es a base de pilotes de acero.

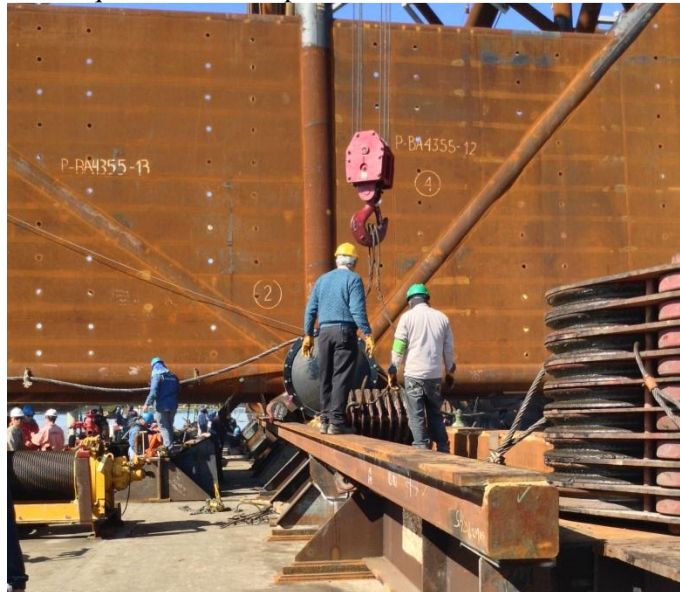


Figura 9. Placa base en la subestructura de plataforma octápoda tipo fija (Fotografía propia 2013)

Capítulo 2. Características geométricas y estructurales de la Plataforma fija ONEL-A

En la figura 7 se puede observar que la superestructura consta de 2 niveles principales, un subnivel con los respectivos sistemas de piso, y un pedestal para una grúa. Adicionalmente en la figura 7 se pueden apreciar elementos secundarios, como conductores, defensas de los ductos y las defensas de las columnas.

En la figura 9 se presenta, en dos dimensiones la configuración geométrica y estructural del marco B de la plataforma, los tres marcos restantes de la plataforma son similares (ver figura 7); en esta última también se señalan, esquemáticamente, las acciones ambientales que actúan sobre la plataforma, es decir el viento, el oleaje y la corriente marina. Las elevaciones de los niveles principales de la plataforma indicadas con signos “+” y “-”son con respecto al nivel medio del mar (NMM).

En la figura 9 se observa que para fines estructurales el marco B está constituido por: la superestructura que incluye las cubiertas superior e inferior (en la cual se colocan los equipos y ductos necesarios para la extracción y procesamiento de los hidrocarburos); la subestructura formada por columnas y arrojamientos (cuya función es soportar la superestructura); y la cimentación a base de pilotes (Valdés, 2011).

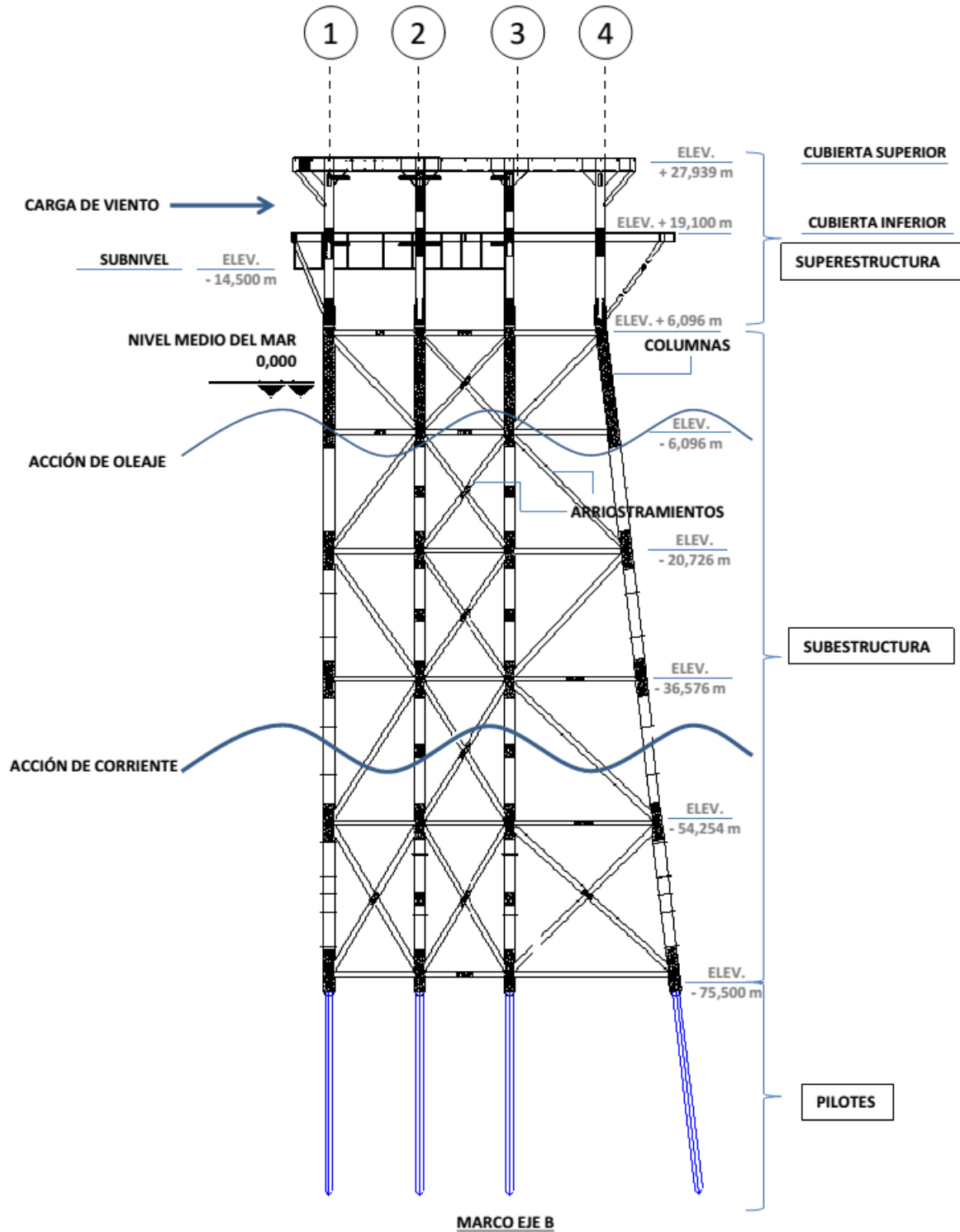


Figura 10. Configuración estructural y acciones ambientales en el marco B de la plataforma marina ONEL-A

El listado de los planos estructurales completos de la plataforma se incluye en el Apéndice B.

2.1.1. Características geométricas y mecánicas de la Superestructura de la Plataforma ONEL-A

Como se mencionó previamente, la superestructura de la plataforma ONEL-A está constituida por dos cubiertas principales, la superior en la elevación (+) 27.939 m, la inferior en la elevación (+) 19.100 m, y una cubierta secundaria (también conocida en la práctica como subnivel o mezzanine) localizada en la elevación (+) 14.500 m (ver figura 9).

La estructuración de las cubiertas está conformada principalmente por perfiles de acero IR, los sistemas de piso se componen de canales perimetrales a las cubiertas, los arriostramientos entre cubiertas corresponden a perfiles tubulares de acero y el pedestal de la grúa es perfil OC de 76" x 1.000" esp. de tipo de acero API 2H GR.50, ver listado de tipos de acero en tabla 2.

La distribución del tipo de materiales en la superestructura es normalmente tipo A992-GR. 50 para los perfiles IR y canales perimetrales, los elementos tubulares de la superestructura es acero tipo API 5L GR. B, la rejilla galvanizada la cual se encuentra instalada en los sistemas de piso es tipo Irving de 1 ¼ pulgadas de espesor (Valdés, 2011).

Tabla 2. Esfuerzo de fluencia de tipos de Acero

Tipo de acero	Esfuerzo de fluencia f_y (kg/cm ²)
ASTM A36	2532
API 5L GR B	2532
API 2H GR 50	3515
A992 GR 50	3515

2.1.2. Características geométricas y mecánicas de la Subestructura de la Plataforma ONEL-A

La subestructura de la plataforma ONEL-A (ver figuras 7 y 9) está formada por 8 columnas, comúnmente llamadas piernas, el Jacket está conformado por 5 niveles de arriostramiento y en la elevación 75.500 m nivel llamado nivel de lecho marino en el cual se encuentra la placa base (ver figura 8).

La distribución del tipo de materiales en la plataforma es normalmente tipo ASTM A-36 en los elementos tubulares de la subestructura o API 5L GR. B, y en las crucetas de cada marco se utilizan carretes de acero API 2H-GR 50 generalmente entre 2 m y 3 m de longitud.

El nivel inferior de la subestructura (ver figura 9) se localiza en la elevación (-) 75.500 m (es decir en el lecho marino). El nivel donde se conectan la columna de la superestructura y la subestructura se localiza en la elevación (+) 7.315 m. Los niveles de arriostramiento están localizados en las elevaciones siguientes: (+) 6.096 m, (-) 6.096 m, (-) 20.726 m, (-) 36.576 m, (-) 54.254 m, y (-) 75.500 m.

En la figura 10 se muestra la identificación de nodos y en la figura 11 se indican los diferentes grupos de elementos estructurales que constituyen la subestructura. Los elementos identificados como Aij (i = 1-6, j = 1-3) son los miembros horizontales de los niveles de arriostramiento, i: identifica el nivel en el sentido gravitacional, j: indica los 3 claros iniciando desde el eje 1 hacia el eje 4; los elementos identificados como LGi (i = 1-6) es la identificación de las columnas; los elementos identificados como PLi (i = 1-6) es la identificación de los pilotes sobre el lecho marino; los elementos identificados como V Ai (i = 1-9) y ViA (i= 1-7) identifican a los elementos tubulares que forman crucetas entre los marcos. W.B. es una función del *software* llamada *wishbone*; es un elemento ficticio el cual tiene la

**Capítulo 2. Características geométricas y estructurales
de la Plataforma fija ONEL-A**

función de conectar 2 nodos coincidentes del pilote y columna, es decir *wishbone* transmite las acciones ejercidas sobre la columna hacia al pilote, el cual a su vez transmitirá las fuerzas hacia el suelo.

En la tabla 3 se incluyen las propiedades mecánicas de los diferentes tipos de elementos que forman la subestructura (ver figura 11) y las longitudes de los miembros se incluyen en la tabla 4.

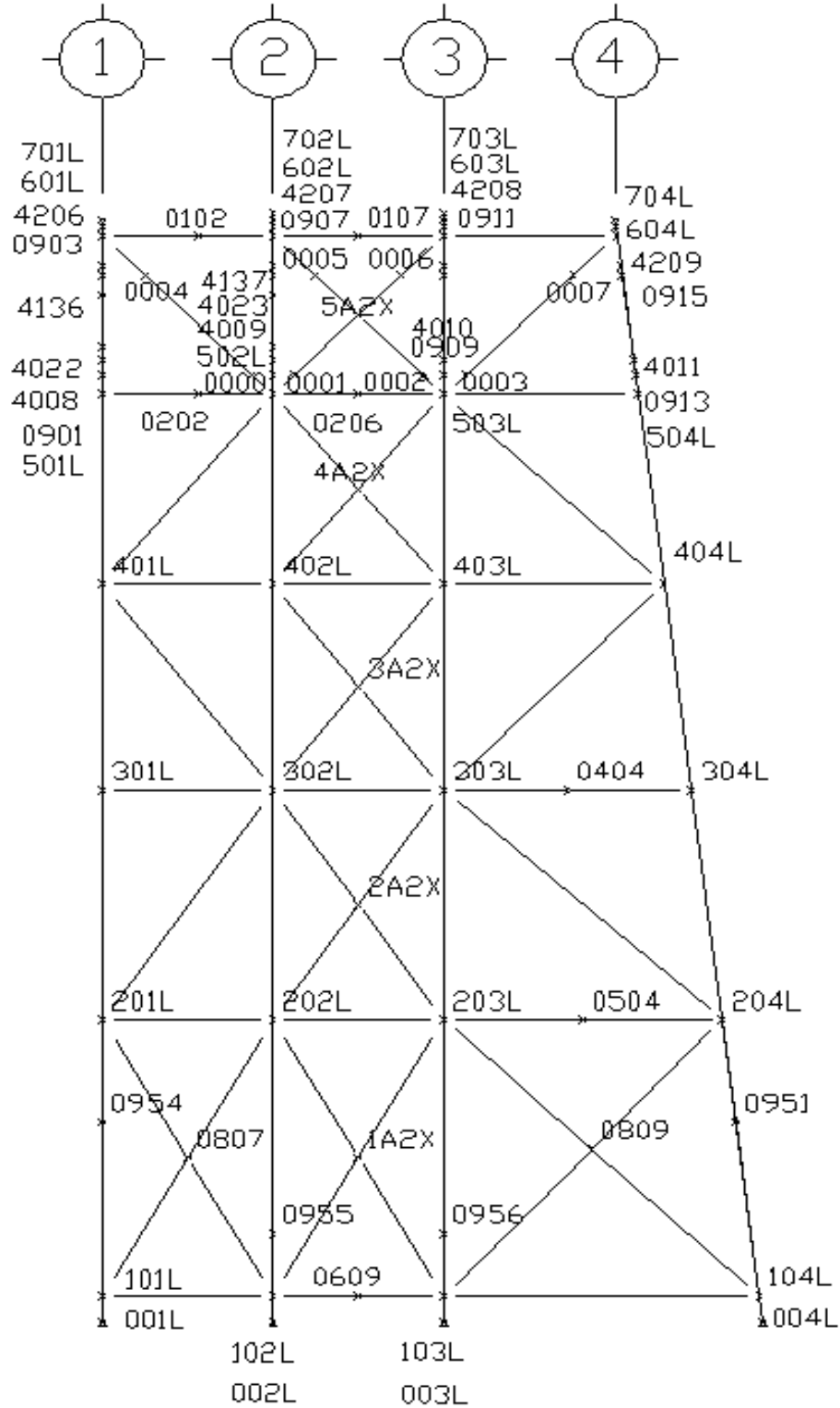


Figura 11. Identificación de nodos en el marco A

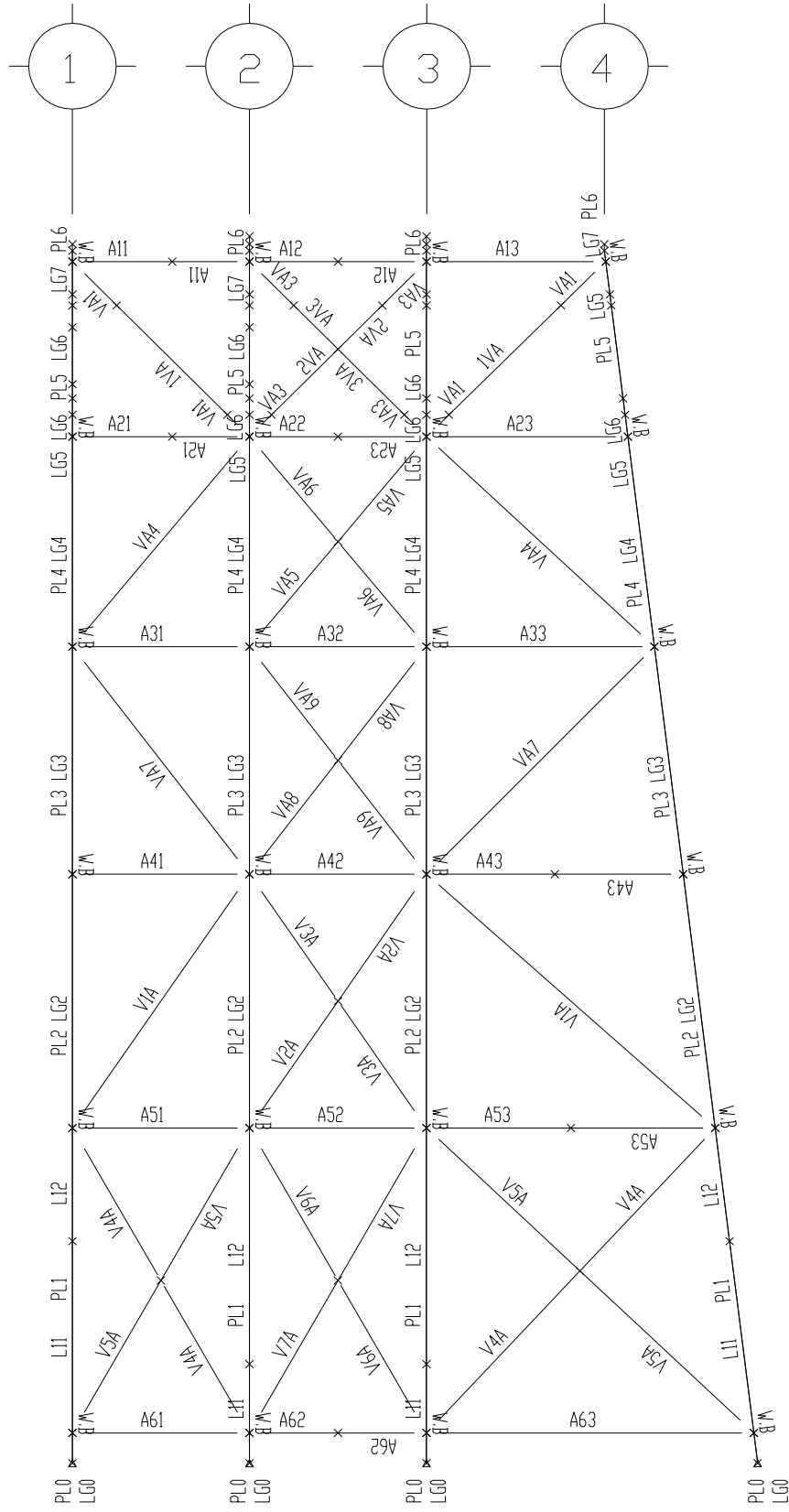


Figura 12. Identificación de grupos en el marco A

Capítulo 2. Características geométricas y estructurales de la Plataforma fija ONEL-A

Con el objetivo de identificar los grupos y propiedades mecánicas asignadas al modelo, en la tabla 3 se indican las propiedades mecánicas asignadas a los grupos.

Tabla 3. Propiedades de los elementos del marco A

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
GRP	W ALL TH CK CM	OUTSIDE DIAM . CM	E 1000 KGSMM	G 1000 KGSMM	AXIAL AREA CM **2	MOMENTS OF INERTIA			YELD STRESS KGSMM	KY	KZ	SHEAR AREA CM **2	RNG SPACE M	SECT LENG M
						X-X CM **4	Y-Y CM **4	Z-Z CM **4						
A 11	2.54	50.8	20.4	8.2	385.1	2.25E+05	1.12E+05	1.12E+05	35.1	1.0	1.0	146.31	0	0
A 11	1.905	50.8	20.4	8.2	292.62	1.75E+05	8.76E+04	87581	25.3	1.0	1.0	192.55	0	0.53
A 12	1.905	50.8	20.4	8.2	292.62	1.75E+05	8.76E+04	87581	25.3	1.0	1.0	146.31	0	0
A 12	2.54	50.8	20.4	8.2	385.1	2.25E+05	1.12E+05	1.12E+05	35.1	1.0	1.0	192.55	0	0.91
A 13	1.905	50.8	20.4	8.2	292.62	1.75E+05	8.76E+04	87581	25.3	1.0	1.0	146.31	0	0
A 21	1.905	50.8	20.4	8.2	292.62	1.75E+05	8.76E+04	87581	25.3	1.0	1.0	146.31	0	0
A 21	2.54	50.8	20.4	8.2	385.1	2.25E+05	1.12E+05	1.12E+05	35.1	1.0	1.0	192.55	0	0.53
A 22	1.588	50.8	20.4	8.2	245.51	1.49E+05	7.44E+04	74401	25.3	1.0	1.0	122.76	0	0
A 22	2.54	50.8	20.4	8.2	385.1	2.25E+05	1.12E+05	1.12E+05	35.1	1.0	1.0	195.55	0	0.91
A 23	1.905	50.8	20.4	8.2	292.62	1.75E+05	8.76E+04	87581	25.3	1.0	1.0	146.31	0	0
A 31	1.27	50.8	20.4	8.2	197.62	1.21E+05	6.06E+04	60640	25.3	1.0	1.0	98.81	0	0
A 32	1.27	45.72	20.4	8.2	177.35	87673	43837	43837	25.3	1.0	1.0	88.67	0	0
A 33	1.27	50.8	20.4	8.2	197.62	1.21E+05	6.06E+04	60640	25.3	1.0	1.0	98.81	0	0
A 41	1.588	60.96	20.4	8.2	296.2	2.61E+05	1.31E+05	1.31E+05	25.3	1.0	1.0	148.18	0	0
A 42	1.91	45.72	20.4	8.2	262.88	1.26E+05	6.32E+04	63189	25.3	1.0	1.0	131.44	0	0
A 43	1.588	60.96	20.4	8.2	296.2	2.61E+05	1.31E+05	1.31E+05	25.3	1.0	1.0	148.1	0	0
A 43	2.54	60.96	20.4	8.2	466.17	3.99E+05	1.99E+05	1.99E+05	35.1	1.0	1.0	233.09	0	1.22
A 51	1.588	60.96	20.4	8.2	296.2	2.61E+05	1.31E+05	1.31E+05	25.3	1.0	1.0	148.1	0	0
A 52	1.27	45.72	20.4	8.2	177.35	87673	43837	43837	25.3	1.0	1.0	88.67	0	0
A 53	1.588	60.96	20.4	8.2	296.2	2.61E+05	1.31E+05	1.31E+05	25.3	1.0	1.0	148.1	0	0
A 53	2.54	60.96	20.4	8.2	466.17	3.99E+05	1.99E+05	1.99E+05	35.1	1.0	1.0	233.09	0	1.22
A 61	2.222	60.96	20.4	8.2	410.03	3.54E+05	1.77E+05	1.77E+05	25.3	1.0	1.0	205.01	0	0
A 62	1.588	60.96	20.4	8.2	296.2	2.61E+05	1.31E+05	1.31E+05	25.3	1.0	1.0	148.1	0	0
A 62	2.54	60.96	20.4	8.2	466.17	3.99E+05	1.99E+05	1.99E+05	35.1	1.0	1.0	233.09	0	1.22
A 63	2.54	60.96	20.4	8.2	466.17	3.99E+05	1.99E+05	1.99E+05	25.3	1.0	1.0	233.09	0	0
LG 0	4.445	166.37	20.4	8.2	2261.2	1.48E+07	7.42E+06	7.42E+06	35.1	1.0	1.0	1130.59	0	0
LG 4	4.445	166.37	20.4	8.2	2261.2	1.48E+07	7.42E+06	7.42E+06	35.1	1.0	1.0	1130.59	0	2.28
LG 4	2.54	162.56	20.4	8.2	1276.9	8.18E+06	4.09E+06	4.09E+06	25.3	1.0	1.0	638.45	0	0
LG 4	4.445	166.37	20.4	8.2	2261.2	1.48E+07	7.42E+06	7.42E+06	35.1	1.0	1.0	1130.59	0	2.28
LG 5	4.445	166.37	20.4	8.2	2261.2	1.48E+07	7.42E+06	7.42E+06	35.1	1.0	1.0	1130.59	0	0
LG 6	4.445	166.37	20.4	8.2	1931	1.26E+07	6.28E+06	6.28E+06	35.1	1.0	1.0	1931.01	0	0
LG 7	4.445	166.37	20.4	8.2	2261.2	1.48E+07	7.42E+06	7.42E+06	35.1	1.0	1.0	1130.59	0	0
PL 0	6.985	152.4	20.4	8.2	3191	1.69E+07	8.45E+06	8.45E+06	35.1	1.0	1.0	1595.5	0	0
PL 1	6.985	152.24	20.4	8.2	3187.5	1.69E+07	8.43E+06	8.43E+06	35.1	1.0	1.0	1593.74	0	15.2
PL 1	6.35	152.24	20.4	8.2	2910.4	1.55E+07	7.76E+06	7.76E+06	35.1	1.0	1.0	1455.19	0	0
PL 2	6.35	152.24	20.4	8.2	2910.4	1.55E+07	7.76E+06	7.76E+06	35.1	1.0	1.0	1455.19	0	2.3
PL 2	5.715	152.24	20.4	8.2	2630.7	1.41E+07	7.07E+06	7.07E+06	35.1	1.0	1.0	1315.37	0	0
PL 3	5.715	152.24	20.4	8.2	2630.7	1.41E+07	7.07E+06	7.07E+06	35.1	1.0	1.0	1315.37	0	0
PL 4	5.715	152.4	20.4	8.2	2633.6	1.42E+07	7.09E+06	7.09E+06	35.1	1.0	1.0	1316.81	0	11.7
PL 4	6.35	152.4	20.4	8.2	2913.6	1.56E+07	7.78E+06	7.78E+06	35.1	1.0	1.0	1456.79	0	0
PL 5	6.35	152.4	20.4	8.2	2913.6	1.56E+07	7.78E+06	7.78E+06	35.1	1.0	1.0	1456.79	0	0
PL 6	6.35	152.4	20.4	8.2	2913.6	1.56E+07	7.78E+06	7.78E+06	35.1	1.0	1.0	1456.79	0	0
VA 1	2.54	66.04	20.4	8.2	506.71	5.12E+05	2.56E+05	2.56E+05	25.3	1.0	1.0	253.35	0	0
VA 3	2.54	60.96	20.4	8.2	466.17	3.99E+05	1.99E+05	1.99E+05	25.3	1.0	1.0	233.09	0	0
VA 4	2.54	66.04	20.4	8.2	506.71	5.12E+05	2.56E+05	2.56E+05	25.3	1.0	1.0	253.35	0	0
VA 5	1.588	66.04	20.4	8.2	321.54	3.34E+05	1.67E+05	1.67E+05	25.3	1.0	1.0	160.77	0	0
VA 5	2.54	66.04	20.4	8.2	506.71	5.12E+05	2.56E+05	2.56E+05	35.1	1.0	1.0	253.35	0	0.92
VA 6	1.588	66.04	20.4	8.2	321.54	3.34E+05	1.67E+05	1.67E+05	25.3	1.0	1.0	160.77	0	0
VA 7	1.91	76.2	20.4	8.2	445.77	6.15E+05	3.08E+05	3.08E+05	25.3	1.0	1.0	222.89	0	0
VA 8	1.588	66.04	20.4	8.2	321.54	3.34E+05	1.67E+05	1.67E+05	25.3	1.0	1.0	160.77	0	0
VA 8	2.54	66.04	20.4	8.2	506.71	5.12E+05	2.56E+05	2.56E+05	35.1	1.0	1.0	253.35	0	0.92
VA 9	1.588	66.04	20.4	8.2	321.54	3.34E+05	1.67E+05	1.67E+05	25.3	1.0	1.0	160.77	0	0
W B	3.81	160	20.4	8.2	1869.5	1.14E+07	5.70E+06	5.70E+06	25.3	1.0	1.0	934.76	0	0
I VA	2.54	66.04	20.4	8.2	377.2	3.73E+05	1.86E+05	1.86E+05	25.3	1.0	1.0	377.2	0	0
2VA	2.54	60.96	20.4	8.2	345.8	2.89E+05	1.45E+05	1.45E+05	25.3	1.0	1.0	345.8	0	0
2VA	3.175	60.96	20.4	8.2	456	3.73E+05	1.87E+05	1.87E+05	35.1	1.0	1.0	456	0	0.92
3VA	2.54	60.96	20.4	8.2	345.8	2.89E+05	1.45E+05	1.45E+05	25.3	1.0	1.0	345.8	0	0
V 4A	1.91	76.2	20.4	8.2	445.77	6.15E+05	3.08E+05	3.08E+05	25.3	1.0	1.0	222.89	0	0
V 5A	1.91	76.2	20.4	8.2	445.77	6.15E+05	3.08E+05	3.08E+05	25.3	1.0	1.0	222.89	0	0
V 5A	3.175	76.2	20.4	8.2	728.39	9.73E+05	4.86E+05	4.86E+05	35.1	1.0	1.0	364.2	0	1.35
V 6A	1.588	66.04	20.4	8.2	321.54	3.34E+05	1.67E+05	1.67E+05	25.3	1.0	1.0	160.77	0	0
V 7A	1.588	66.04	20.4	8.2	321.54	3.34E+05	1.67E+05	1.67E+05	25.3	1.0	1.0	160.77	0	0
V 7A	2.54	66.04	20.4	8.2	506.71	5.12E+05	2.56E+05	2.56E+05	35.1	1.0	1.0	253.35	0	1.07

1 Nomenclatura para Identificación del Grupo

2 Espesor de pared del miembro en cm

3 Diametro exterior en cm

4 Modulo de Elasticidad del Acero en kg/mm²

5 Modulo de Cortante del Acero en Kg/mm²

6 Area que considera para calcular fuerzas axiales cm²

7 Momento de Inercia alrededor del eje x

8 Momento de Inercia alrededor del eje y

9 Momento de Inercia alrededor del eje z

10 Esfuerzo de Fluencia

11 Ky, Factor de longitud efectiva por pandeo por flexión alrededor del eje Y

12 Kz, Factor de longitud efectiva para pandeo torsional

13 Area efectiva a cortante cm²

14 Espaciamiento entre anillos en m

15 Longitud de secciones en m, 0 indica que la sección es uniforme en toda su longitud, un valor distinto de cero indica que ese miembro será de diferente diametro y/o espesor ó tipo de acero en la longitud indicada.

Capítulo 2. Características geométricas y estructurales de la Plataforma fija ONEL-A

Tabla 4. Longitudes de los elementos del marco A (ver figura 11)

Reporte de Miembros

Grupo de Miembro	Longitud	Grupo de Miembro	Longitud
Nodo-Nodo-Grupo	(m)	Nodo-Nodo-Grupo	(m)
0000 0004 1VA		604L 704L LG7	0.77
0001 5A2X 2VA	6.49	0909 4010 LG8	1.15
0006 5A2X 2VA	4.33	001P 101P PL0	2.12
0002 5A2X 3VA	6.19	002P 102P PL0	2.12
0005 5A2X 3VA	4.02	003P 103P PL0	2.12
601L 0102 A11	6.04	004P 104P PL0	2.13
602L 0102 A11	4.49	101P 201P PL1	21.41
602L 0107 A12	5.27	102P 202P PL1	21.41
603L 0107 A12	5.27	103P 203P PL1	21.41
603L 604L A13	10.68	104P 204P PL1	21.58
501L 0202 A21	6.04	201P 301P PL2	17.82
502L 0202 A21	4.49	202P 302P PL2	17.82
502L 0206 A22	5.27	203P 303P PL2	17.82
503L 0206 A23	5.27	204P 304P PL2	17.95
503L 504L A23	12.20	301P 401P PL3	15.97
401L 402L A31	10.54	302P 402P PL3	15.97
402L 403L A32	10.54	303P 403P PL3	15.97
403L 404L A33	14.04	304P 404P PL3	16.10
301L 302L A41	10.54	401P 501P PL4	14.74
302L 303L A42	10.54	402P 502P PL4	14.74
303L 0404 A43	8.01	403P 503P PL4	14.74
304L 0404 A43	8.01	404P 504P PL4	14.86
201L 202L A51	10.54	501P 601P PL5	12.29
202L 203L A52	10.54	502P 602P PL5	12.29
203L 0504 A53	9.12	503P 603P PL5	12.29
204L 0504 A53	9.11	504P 604P PL5	12.38
101L 102L A61	10.54	601P 701L PL6	0.77
102L 0609 A62	5.27	602P 702L PL6	0.77
103L 0609 A62	5.27	603P 703L PL6	0.77
103L 104L A63	20.89	604P 704L PL6	0.77
001L 101L LG0	2.12	701L 801P PL6	0.46
002L 102L LG0	2.12	702L 802P PL6	0.46
003L 103L LG0	2.12	703L 803P PL6	0.46
004L 104L LG0	2.13	704L 804P PL6	0.46
201L 301L LG2	17.82	201L 302L V1A	18.66
202L 302L LG2	17.82	204L 303L V1A	24.35
203L 303L LG2	17.82	202L 2A2X V2A	9.33
204L 304L LG2	17.95	303L 2A2X V2A	9.33
301L 401L LG3	15.97	203L 2A2X V3A	8.98
302L 402L LG3	15.97	302L 2A2X V3A	8.98
303L 403L LG3	15.97	0807 201L V4A	10.21
304L 404L LG3	16.10	0809 204L V4A	12.24
401L 501L LG4	14.74	102L 0807 V4A	10.21
402L 502L LG4	14.74	103L 0809 V4A	13.93
403L 503L LG4	14.74	101L 0807 V5A	10.65
404L 504L LG4	14.86	104L 0809 V5A	15.22
0903 4206 LG5	0.77	202L 0807 V5A	10.65
0907 4207 LG5	0.77	203L 0809 V5A	13.44
0911 4208 LG5	0.77	103L 1A2X V6A	10.27
0915 4209 LG5	0.77	202L 1A2X V6A	10.27
4206 601L LG5	2.30	102L 1A2X V7A	10.65
4207 602L LG5	2.30	203L 1A2X V7A	10.65
4208 603L LG5	2.30	0004 601L VA1	3.15
4209 604L LG5	2.32	502L 0000 VA1	0.99
501L 0901 LG5	1.54	503L 604L VA2	15.20
502L 0905 LG5	1.54	502L 0001 VA3	0.99
503L 0909 LG5	1.54	503L 0002 VA3	0.99
504L 0913 LG5	1.55	602L 0005 VA3	3.15
0901 4008 LG6	1.15	603L 0006 VA3	3.15
0905 4009 LG6	1.15	401L 502L VA4	16.54
0913 4011 LG6	1.16	404L 503L VA4	19.11
4008 4022 LG6	1.00	402L 4A2X VA5	8.27
4009 4023 LG6	1.00	503L 4A2X VA5	8.27
4010 0911 LG6	6.53	403L 4A2X VA6	7.93
4011 0915 LG6	6.58	502L 4A2X VA6	7.93
4022 4136 LG6	3.99	302L 401L VA7	17.37
4023 4137 LG6	3.99	303L 404L VA7	20.17
4136 0903 LG6	1.54	302L 3A2X VA8	8.69
4137 0907 LG6	1.54	403L 3A2X VA8	8.69
601L 701L LG7	0.77	303L 3A2X VA9	8.34
602L 702L LG7	0.77	402L 3A2X VA9	8.34
603L 703L LG7	0.77		

2.1.3. Características geométricas y mecánicas de la cimentación de la plataforma ONEL-A

La cimentación de ONEL-A esta constituida a base de 8 pilotes de 60" Ø fabricados de acero tipo ASTM A-36 y API 2H GR 50. La nomenclatura de la partes que los conforman (PL0, PL1, PL2, PL3, PL4, PL5 y PL6) se indican en la figura 12.

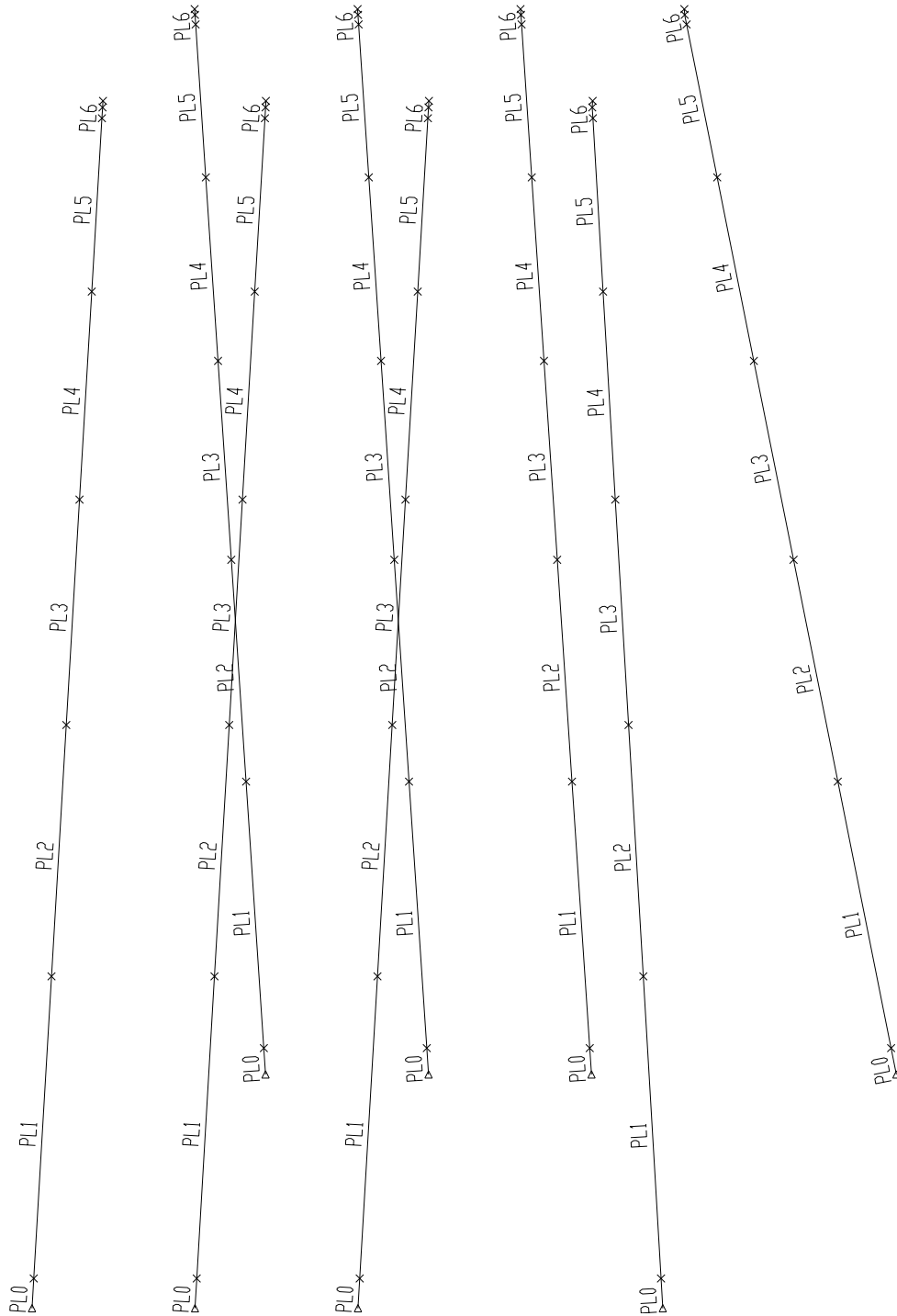


Figura 13. Identificación de grupos de pilotes

Capítulo 2. Características geométricas y estructurales de la Plataforma fija ONEL-A

Las propiedades mecánicas de las secciones de los pilotes se siguiente tabla, la nomenclatura de esta es idéntica a los de la tabla 3.

TUBULAR MEMBER PROPERTIES													
GRP	WALL THICK M	OUTSIDE THICK CM	E 1000	G 1000	AXIAL AREA	***** MOMENTS OF INERTIA ****			YIELD STRESS KGSMM	KY	KZ	SHEAR AREA CM**2	SECT CM
						X-X CM**4	Y-Y CM**4	Z-Z CM**4					
PL0	6.985	152.40	20.4	8.2	3191.0	0.16908E+08	0.84539E+07	0.84539E+07	35.1	1.0	1.0	1595.50	0.00
PL1	6.985	152.24	20.4	8.2	3187.5	0.16852E+08	0.84261E+07	0.84261E+07	35.1	1.0	1.0	1593.74	15.20
PL1	6.350	152.24	20.4	8.2	2910.4	0.15515E+08	0.77577E+07	0.77577E+07	35.1	1.0	1.0	1455.19	0.00
PL2	6.350	152.24	20.4	8.2	2910.4	0.15515E+08	0.77577E+07	0.77577E+07	35.1	1.0	1.0	1455.19	2.30
PL2	5.715	152.24	20.4	8.2	2630.7	0.14142E+08	0.70709E+07	0.70709E+07	35.1	1.0	1.0	1315.37	0.00
PL3	5.715	152.24	20.4	8.2	2630.7	0.14142E+08	0.70709E+07	0.70709E+07	35.1	1.0	1.0	1315.37	0.00
PL4	5.715	152.40	20.4	8.2	2633.6	0.14188E+08	0.70941E+07	0.70941E+07	35.1	1.0	1.0	1316.81	11.70
PL4	6.350	152.40	20.4	8.2	2913.6	0.15567E+08	0.77833E+07	0.77833E+07	35.1	1.0	1.0	1456.79	0.00
PL5	6.350	152.40	20.4	8.2	2913.6	0.15567E+08	0.77833E+07	0.77833E+07	35.1	1.0	1.0	1456.79	0.00
PL6	6.350	152.40	20.4	8.2	2913.6	0.15567E+08	0.77833E+07	0.77833E+07	35.1	1.0	1.0	1456.79	0.00

CAPITULO 3. NORMAS, ESPECIFICACIONES Y METODOS DE ANALISIS APLICABLES A LA EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA PLATAFORMA MARINA FIJA ONEL-A

3.1. NORMAS Y ESPECIFICACIONES APLICABLES

Como se mencionó en el Capítulo 1, la norma aplicable a la plataforma marina de interés es la NRF-003-PEMEX-2007, la cual es una normatividad de PEMEX para el diseño y la evaluación estructural de plataformas existentes y/o planeadas en la parte mexicana del Golfo de México. Esta norma se complementa con la norma API- RP 2A-WSD (21th Edition), la cual se basa en la filosofía de diseño estructural denominada -por esfuerzos permisibles- que se discutirá en capítulos posteriores.

Para la realización de los análisis en sitio en condiciones de operación y tormenta se basa en las siguientes referencias de la tabla 5.

Tabla 5. Normatividad, códigos y documentos de referencia

No.	Identificación	Descripción
1	0201-6317-1	“Reporte Final Investigación Geotécnica” Sondeo: ONEL , Bahía de Campeche, México; Volumen I: Criterios para Diseño Estático”.
2	NRF-003-PEMEX-2007	Diseño y Evaluación de Plataformas Marinas Fijas en el Golfo de México, PEMEX.
3	NRF-175-PEMEX-2007	Acero Estructural para Plataformas Marinas, PEMEX.
4	API RP 2A, 21 TH Ed. ERRATA AND SUPPLEMENT 1, 2 Y 3	Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design, American Petroleum Institute.
5	AISC-ASD, 9 TH Ed.- 1989	Manual of Steel Construction - Allowable Stress Design, American Institute of Steel Construction.
6	IMCA 4ta Ed.	Manual de Construcción en Acero – Diseño por Esfuerzos Permisibles, Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A.C.
7	AWS D1.1/D1.1M:2010	Structural Welding Code-Steel, American Welding Society.

3.1.1. Categorización de la plataforma ONEL-A

La norma NRF-003-PEMEX-2007 requiere definir la categoría de la plataforma de interés con la finalidad de conocer las consecuencias de su falla potencial, para fines de evaluación y/o diseño según corresponda. El criterio de dicha categorización se presenta en la tabla 6, que se basa en la producción esperada (en miles de barriles de producción de hidrocarburos por día, MBPD) que maneja la plataforma marina en cuestión, así como en el tipo de servicio operacional a la que estará destinada.

Capítulo 3. Normas, especificaciones y métodos de análisis aplicables a la evaluación estructural de la Plataforma fija ONEL-A

En el caso de la plataforma de ONEL- A, su producción máxima esperada es de 80 MBPD, y se trata de una plataforma de perforación.

Tabla 6. Categorización de plataformas marinas, (NRF-003-PEMEX-2007)

SERVICIO	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN MANEJADO (MBPD)	CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN (CONSECUENCIA DE FALLA)	
		EVALUACIÓN	DISEÑO
Enlace	—	Muy alta	Muy alta
Medición	—	Muy alta	
Compresión	—	Alta	
Habitacional	—	Moderada	
Inyección	—	Alta	
Mixto	> 100	Muy alta	
	50 - 100	Alta	
	< 50	Moderada	
Perforación	> 100	Muy alta	
	50 - 100	Alta	
	20 - 50	Moderada	
	< 20	Baja	
Producción temporal	> 100	Muy alta	
	< 100	Alta	
Producción permanente	—	Muy alta	
Rebombeo	—	Muy alta	
Recuperación de pozos	50 -100	Alta	
	20 - 50	Moderada	
	< 20	Baja	
Telecomunicación	—	Moderada	

De la tabla 6 se puede concluir que a la plataforma ONEL-A le corresponde la categoría “*alta*” para fines de evaluación (evaluación hace referencia a plataformas existentes), debido a esto se requiere una serie de análisis estructurales que deberán estar apegados a las normatividades en cuanto a parámetros de evaluación, con el fin de evitar daños severos en la estructura, que puedan afectar la producción e incluso pérdidas humanas. Además, la plataforma ONEL-A para fines de diseño, es decir por las consecuencias de su falla, es considerada en la categoría de exposición como “*muy alta*”.

3.1.1.1. Recomendaciones de análisis y diseño estructural de la norma NRF-003-PEMEX-2007 aplicables a la plataforma fija ONEL-A

Las recomendaciones de análisis y diseño estructural de la norma NRF-003-PEMEX-2007 (PEMEX 2007) aplicables a la plataforma fija ONEL-A son las siguientes:

Las estructuras marinas están sujetas a efectos ambientales extremos y a prácticas de operación propias de la zona particular donde se aloja la plataforma, por lo que se recomienda que estas estructuras deban diseñarse o evaluarse de acuerdo a normas y estándares que reflejen las características locales.

La norma de PEMEX se complementa con las recomendaciones de API-RP-WSD 21 ed., por lo que a continuación se mencionan las recomendaciones referentes a este documento:

Las direcciones en las cuales se aplican las cargas ambientales deben anticiparse y suponer direcciones críticas a 45°, se recomiendan mínimo 8 direcciones al menos que se cuente con conocimiento de la zona en específico.

Capítulo 3. Normas, especificaciones y métodos de análisis aplicables a la evaluación estructural de la Plataforma fija ONEL-A

Las acciones aplicadas a las plataformas marinas, son de naturaleza dinámicas debidas a la respuesta a una excitación de naturaleza cíclica, la excitación puede ser causada por olas, viento o maquinaria cuando se encuentra en operación.

En plataformas marinas para aguas profundas donde la estructura es más flexible, no se recomienda el análisis estático lineal, ya que no describe las cargas reales dinámicas.

Las condiciones de carga de diseño deberán incluir cargas ambientales, estas deberán combinarse con el peso propio, la carga viva máxima, el peso de equipos móviles de acuerdo a su ubicación, tales como el equipo de perforación, deben de considerarse en las combinaciones de cargas. El diseño se realizara con los esfuerzos máximos presentados en los miembros de la plataforma marina.

En estructuras marinas como lo son las plataformas marinas se recomienda diseñar con la especificación AISC-ASD 9th (Criterio de diseño por esfuerzos permisibles), cuando los esfuerzos se deben a la participación de fuerzas laterales y verticales ocasionadas por condiciones ambientales, API-RP-WSD recomienda incrementar los esfuerzos permisibles a un tercio.

Recomendaciones para evaluación de plataformas marinas existentes según API-RP-2A-WSD 21ed.

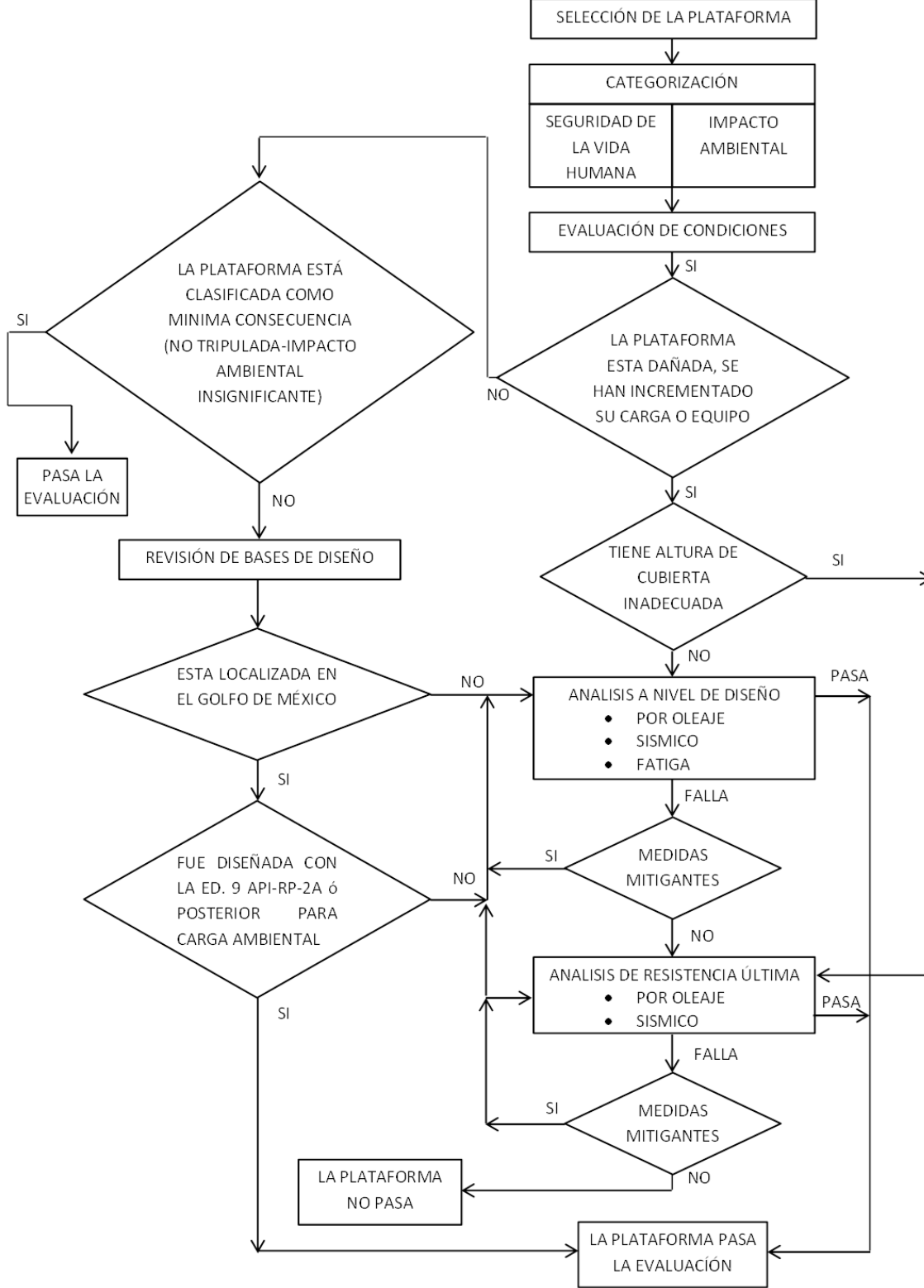
Las recomendaciones de la API-RP2A-WSD sección 17 se basan principalmente en los riesgos de afectación al medio ambiente y la seguridad de la vida humana, estas recomendaciones son aplicables a plataformas existentes que fueron diseñadas con el código mencionado.

En el siguiente diagrama de flujo se muestra el procedimiento de evaluación de plataformas existentes, las plataformas marinas al haber estado sometida a condiciones meteoceanicas extremas, deberá evaluarse estructuralmente para el aseguramiento y adecuada operación de la misma.

El procedimiento para la evaluación inicia con la categorización de la plataforma, posteriormente se evaluarán las condiciones actuales para verificar si existe, sobrecargas ambientales o de operación con incremento de 10%, cambios el diseño estructural principal, altura insuficiente de la cubierta principal (inferior), daños encontrados en las inspecciones.

Capítulo 3. Normas, especificaciones y métodos de análisis aplicables a la evaluación estructural de la Plataforma fija ONEL-A

Diagrama 1. Procedimiento de Evaluación para plataformas marinas existentes. IMP



Capítulo 3. Normas, especificaciones y métodos de análisis aplicables a la evaluación estructural de la Plataforma fija ONEL-A

Las plataformas deberán cumplir con los análisis a nivel de diseño o de resistencia última, en caso de que no cumplan se deberán tomar medidas mitigantes como:

- **Reducción de cargas**
- **Reforzamiento de la plataforma**
- **Reducción de consecuencias de operación**

Las medidas mitigantes y reforzamiento de una plataforma instalada resulta costoso, por lo que antes de aplicar medidas mitigantes se deberán realizar análisis de costo-beneficio, para conocer la rentabilidad de la inversión en una plataforma.

Factores de reserva de resistencia (RSR)

De acuerdo a la NRF-003-PEMEX-2007, RSR (por siglas en ingles Reserve Strength Ratio) es la relación entre la fuerza cortante basal lateral con la que colapsa la estructura y una fuerza cortante de referencia.

Para la condición meteorológica y oceanográfica el cortante de colapso es producido por un perfil de cargas correspondiente a la altura de ola última aplicada en forma incremental. El cortante de referencia corresponde a la aplicación de la ola de diseño.

La estructura será satisfactoria si los factores RSR son mayores o iguales a los valores de la tabla 7.

Tabla 7. Parámetros de diseño para estructuras a ser instaladas en el Golfo de México (NRF-003-PEMEX-2007)

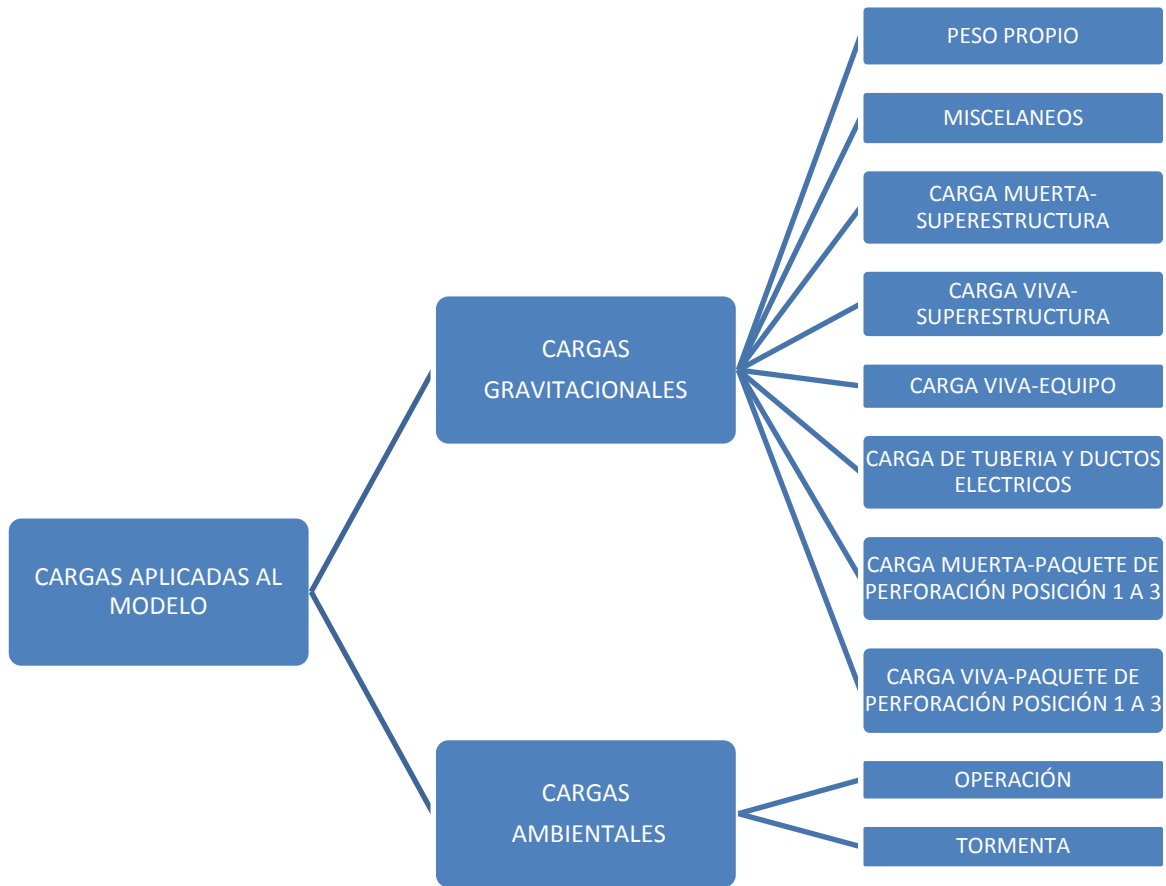
PARÁMETROS DE DISEÑO POR OLEAJE	
Categoría de exposición	Muy Alta
Altura de las olas de diseño y de resistencia última, y parámetros asociados a ambas alturas de ola	Tomar datos del Anexo A
Mínimo RSR, cuando la ola no impacta a la cubierta y/o subnivel	1.9
Mínimo RSR, cuando la ola impacta a la cubierta y/o subnivel	2.2
Elevación ¹ mínima de la cubierta inferior (ver nota inferior y Fig. 8.3.1.3) para tirantes mayores de 25 m	19.10 m
Elevación ¹ mínima de la cubierta inferior (ver nota inferior y Fig. 8.3.1.3) para tirantes menores o iguales a 25 m	15.85 m
Parámetros hidrodinámicos adicionales.	Usar API-RP-2A (WSD) 21ª Edición (Ver la Sección 8.3.1.2 de este documento para definiciones especiales).

3.1.2. Acciones consideradas

De acuerdo a las recomendaciones mencionadas anteriormente, se tomaron en cuenta las siguientes acciones para el análisis estructural de la plataforma marina ONEL-A.

Las cargas aplicadas a la subestructura y la superestructura de las plataformas fijas incluyen las llamadas cargas gravitacionales y las ambientales, la clasificación de estas cargas se muestra en el Diagrama 2, todas las cargas deberán aplicarse en 8 direcciones por condiciones normales de operación y 8 direcciones para las condiciones de tormenta, estas serán discutidas en las secciones siguientes (Valdés, 2005).

Diagrama 2. Cargas aplicadas al modelo basadas en NRF-003-PEMEX-2007



Capítulo 3. Normas, especificaciones y métodos de análisis aplicables a la evaluación estructural de la Plataforma fija ONEL-A

3.1.2.1. Cargas gravitacionales

Las cargas verticales o cargas gravitacionales a las que está sometida la estructura se conforman por el peso propio y los elementos que forman parte de ella así como los accesorios. En esta sección se presenta los casos de cargas gravitacionales en la plataforma octápoda; puede notarse de acuerdo a la tabla 8 que las cargas gravitacionales corresponden de la núm. 1 a la num.13.

Tabla 8. Casos de carga

Caso de carga	Descripción
1	Peso propio (referente al peso propio de los elementos modelados)
2	Misceláneos (Incluye: ánodos de sacrificio, cuna de deslizamiento, guías de conductores, placas como; orejas de arrastre, orejas de izaje y placa base, tubería para barandales, rejilla tipo irving y sistema de inundación).
3	Carga muerta de la superestructura (Incluye: sistema de piso y elementos secundarios que son carga permanente).
4	Carga viva de la superestructura (Incluye: cargas producidas por tripulación de la plataforma, material, herramientas, peso de grúas y helicópteros).
5	Carga viva de equipo (Incluye: carga producida por la vibración de los equipos).
6	Carga muerta de equipo (Incluye: carga del equipo de perforación)
7	Carga viva de tubería y equipo eléctrico (Incluye carga de líquidos contenidos en tuberías y recipientes).
8 a 10	Carga muerta de paquete de perforación en tres posiciones.
11 a 13	Carga viva de paquete de perforación en tres posiciones.
14 a 21	Carga de operación (8 direcciones, de acuerdo a la figura 22)
22 a 29	Carga de tormenta (8 direcciones, de acuerdo a la figura 22)

En el Diagrama 2 se indicó la clasificación de cargas aplicadas al modelo estructural, las imágenes 13 a 21 se obtienen del *software* SACS 5.6, se puede apreciar las acciones que se han aplicado al modelo estructural para cada condición, el cuadro de dialogo titulado “*Sum of Forces*” que se observa en las imágenes 13 a 21, se componen de los siguientes datos:

Tabla 9. Descripción de “Sum of forces” de SACS 5.6

Dato	Descripción
Fx	Fuerzas en la dirección X (Gravitacional)
Fy	Fuerzas en la dirección Y (Lateral)
Fz	Fuerzas en la dirección Z (Lateral)
Mx	Momentos alrededor del eje x respecto al origen del sistema global de coordenadas
My	Momentos alrededor del eje y respecto al origen del sistema global de coordenadas
Mz	Momentos alrededor del eje z respecto al origen del sistema global de coordenadas
Center of forces (m): For X force	Centro de fuerzas en dirección X
Center of forces (m): For Y force	Centro de fuerzas en dirección Y
Center of forces (m): For Z force	Centro de fuerzas en dirección Z
Joint loads	Numero de juntas donde se aplicó carga
Member loads	Número de miembros donde se aplicó carga
Space loads	Fuerzas en el espacio

Capítulo 3. Normas, especificaciones y métodos de análisis aplicables a la evaluación estructural de la Plataforma fija ONEL-A

De forma ilustrativa se observa en las imágenes de cargas (ver figura 13 a 21), en color verde se representan los elementos barra y en azul los elementos placa que fueron modelados en el *software* SACS 5.6, dichos elementos se exponen de manera unifilar; adicionalmente la dirección de las cargas y la ubicación exacta de las cargas está representada por líneas de color magenta, y el cuadro de dialogo llamado “Sum of forces” como se mencionó anteriormente muestra la suma de las fuerzas que se asignaron a cada caso de carga, la descripción de cada término del cuadro de dialogo se explicó en la tabla 9.

De las figuras 13 a 21, se observa el centro de fuerzas para acciones aplicadas en dirección Z, ya que todas las fuerzas presentadas en estas imágenes son gravitacionales; de la misma manera en el cuadro de dialogo “Sum of forces” contiene la información de sumatoria de momentos alrededor de Y, y Z.

En la figura 13, se aprecia que el peso propio de los elementos modelados de la plataforma es de 5,161.597 t., de las condiciones de carga 2 a 13 se señalan las cargas muertas debidas a elementos no modelados y se indican las cargas vivas, la tabla 10 contiene el resumen de las cargas y el peso total de la estructura.

Tabla 10. Peso total de la plataforma marina ONEL-A

Caso de carga	Peso (t)
1	5,161.597
2	403.075
3	467.391
4	2,233.143
5	802.538
6	400.001
7	92.503
8	3,010.377
9	3,010.377
10	3,010.377
11	2,482.548
12	2,482.548
13	2,482.548
Total	26,039.023

LOAD CONDITION 1 - *

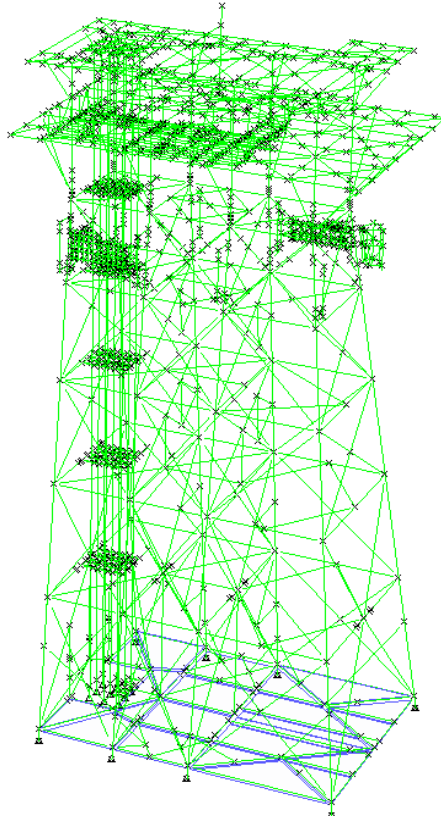
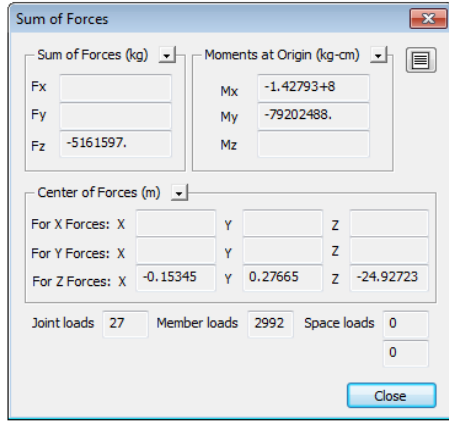


Figura 14. Condición de carga 1 (Peso propio)

LOAD CONDITION 2 - *

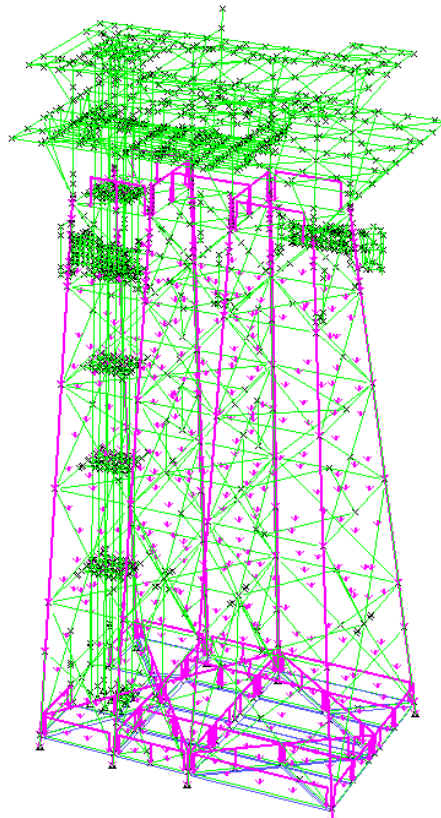
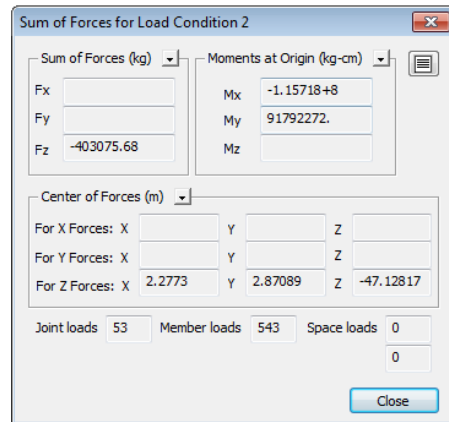


Figura 15. Condición de carga 2 (Misceláneos)

LOAD CONDITION 3 - *

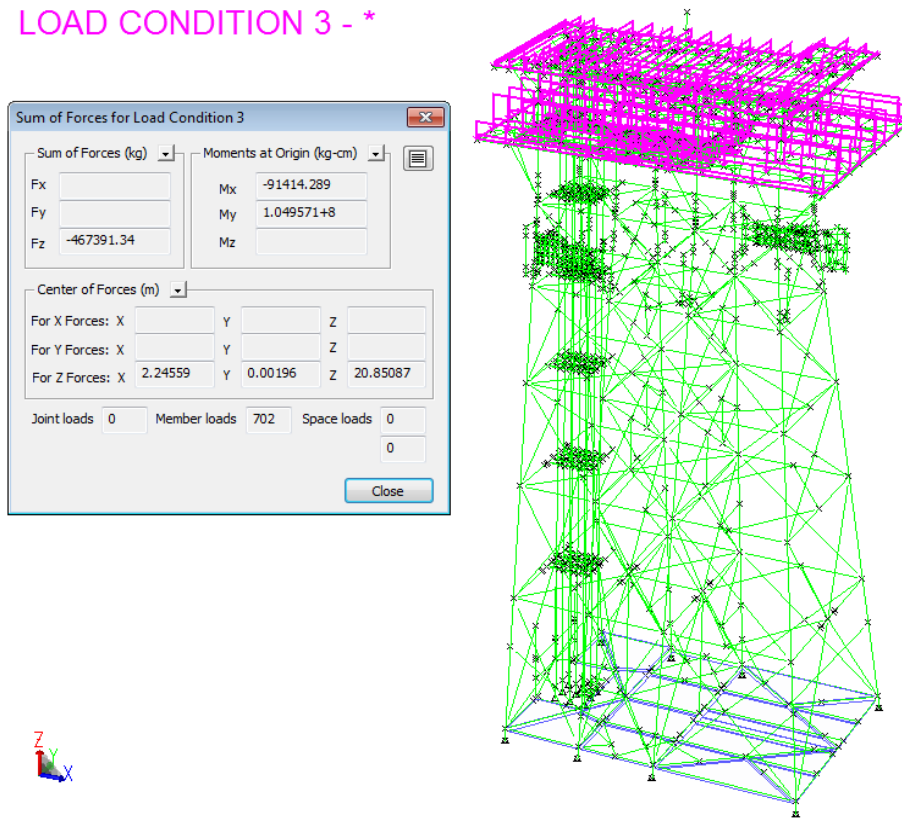


Figura 16. Condición de carga 3 (Carga muerta de la superestructura)

LOAD CONDITION 4 - *

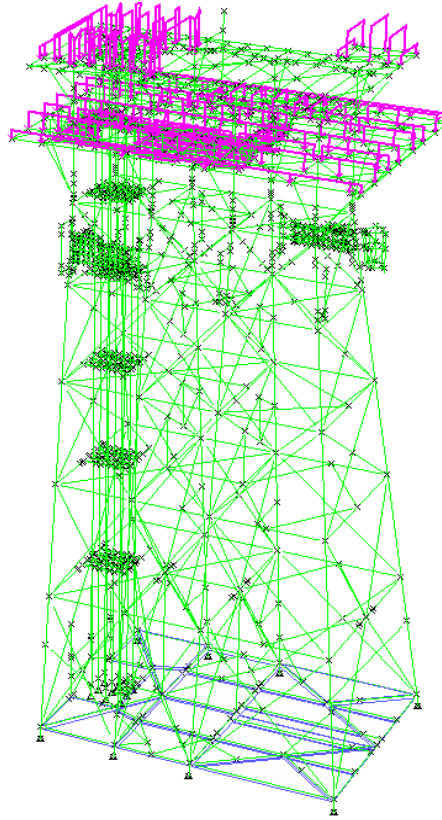
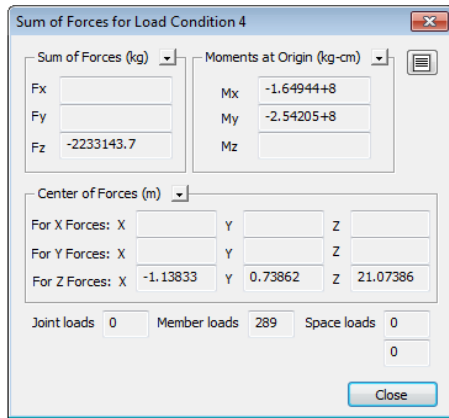


Figura 17. Condición de carga 4 (Carga viva de la superestructura)

LOAD CONDITION 5 - *

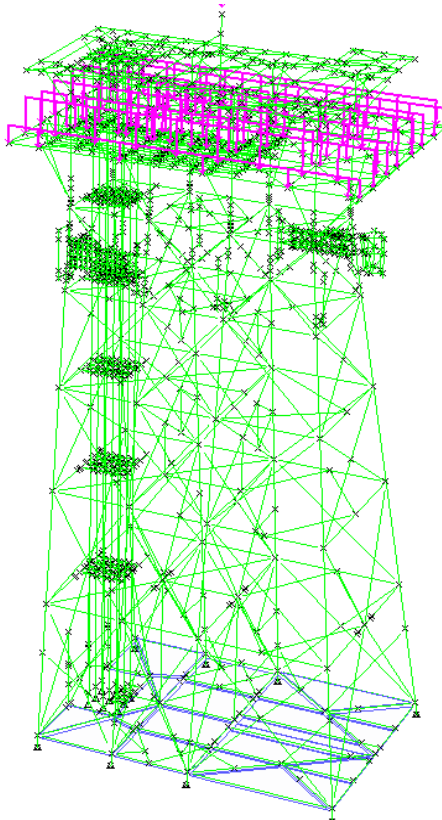
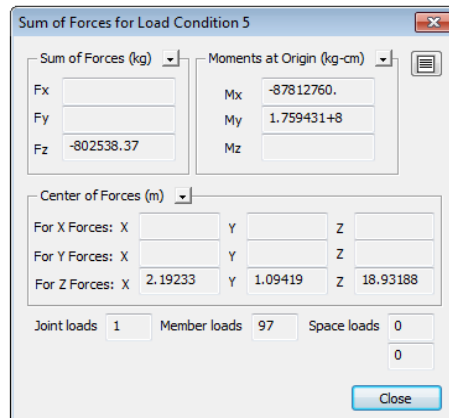


Figura 18. Condición de carga 5 (Carga viva de equipo)

LOAD CONDITION 6 - *

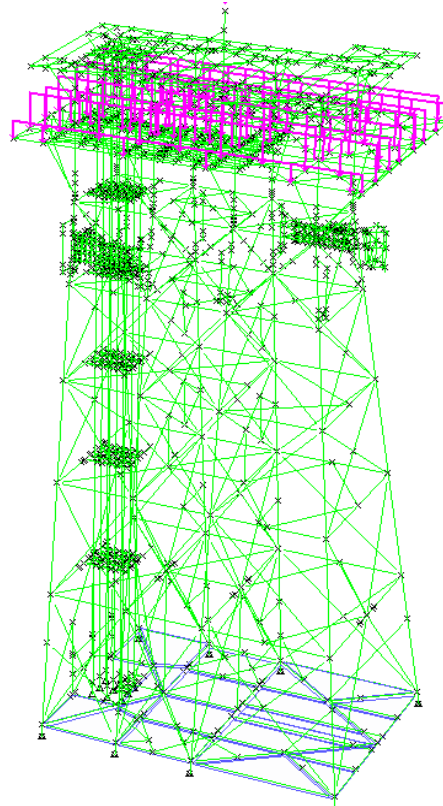
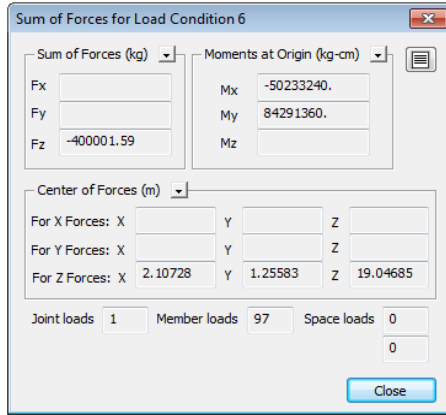


Figura 19. Condición de carga 6 (Carga de tubería y equipos electrónicos)

LOAD CONDITION 7 - *

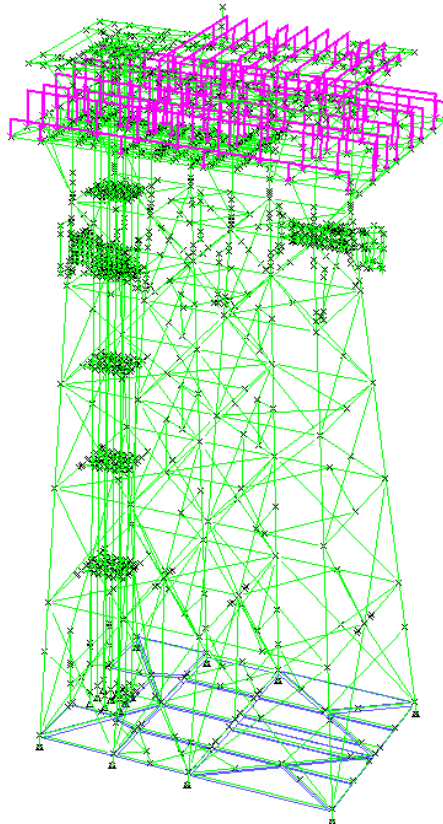
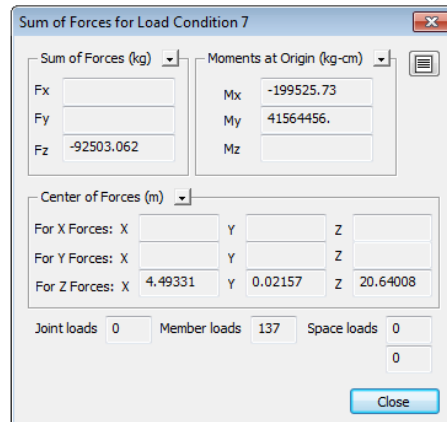


Figura 20. Condición de carga 7 (Carga viva de tubería y equipo eléctrico)

LOAD CONDITION 8 - *

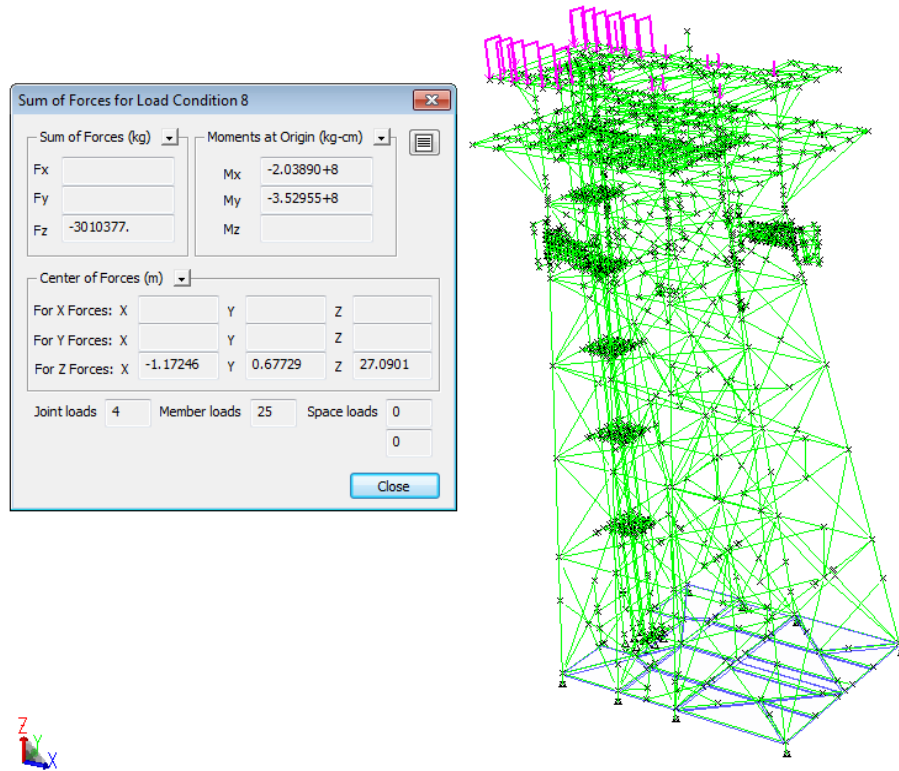


Figura 21. Condición de carga 8 a 10 (Carga muerta paquete de perforación 1 a 3)

LOAD CONDITION 11 - *

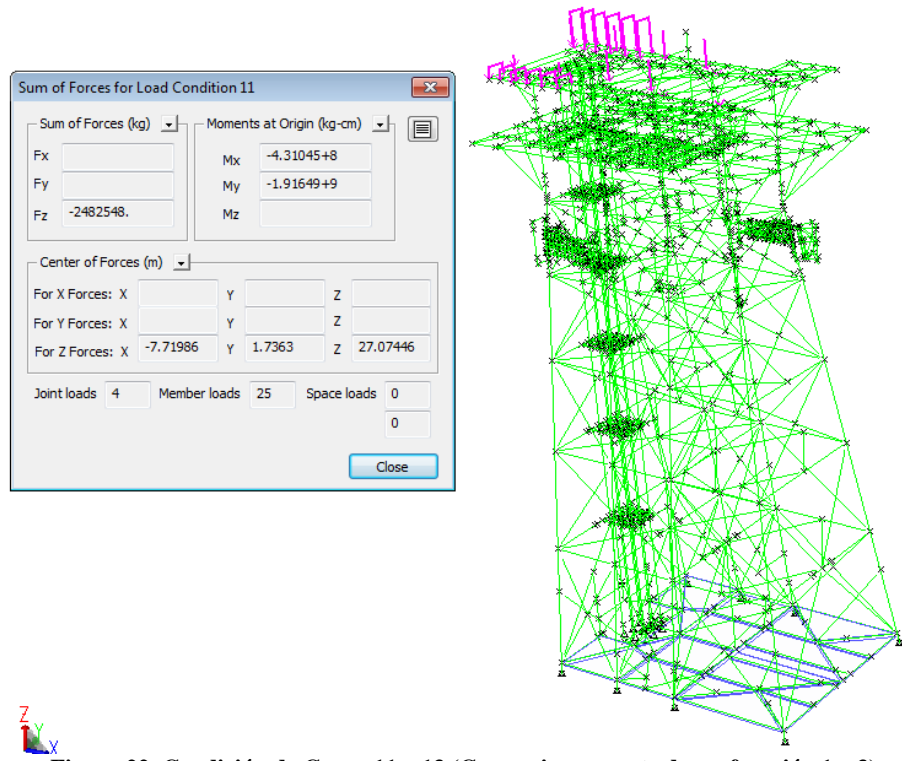


Figura 22. Condición de Carga 11 a 13 (Carga viva paquete de perforación 1 a 3)

3.1.2.2. Cargas ambientales en condición de operación y tormenta

Las cargas ambientales son las que actúan sobre la plataforma inducidas por fenómenos naturales como: viento, oleaje, corriente y mareas, las cuales dependen de las condiciones meteorológicas y oceanográficas, las condiciones de diseño en base a la Norma NRF-003-PEMEX-2007 presentadas en esta sección son de operación y tormenta.

En la tabla 8 se indicaron los casos de carga 14 a 21 para operación y 22 a 29 para tormenta, de acuerdo a la Norma API-RP-2A, los casos de carga para el análisis se deberán aplicar en 8 direcciones como la figura 22:

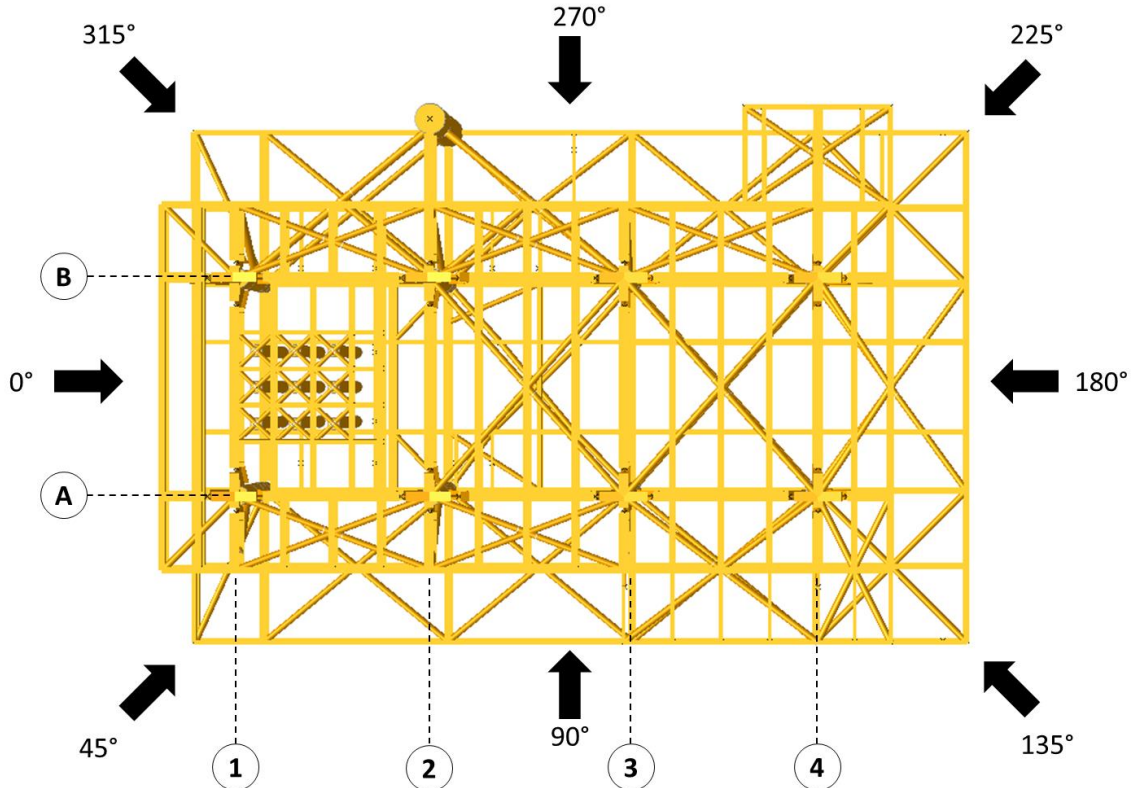


Figura 23. Vista en planta, direcciones de incidencia de cargas ambientales: operación y tormenta

Capítulo 3. Normas, especificaciones y métodos de análisis aplicables a la evaluación estructural de la Plataforma fija ONEL-A

CONDICIONES DE OPERACIÓN Y TORMENTA

Las plataformas marinas se diseñan bajo dos consideraciones meteorológicas y oceanográficas de acuerdo a normatividad:

- a) **Condición normales de operación**
- b) **Condición de tormenta**

La condición A se refiere a condiciones ambientales normales, es decir a las que se supone ocurren frecuentemente a lo largo de la vida de servicio de la plataforma. La condición B se basa a condiciones ambientales extremas, que se supone ocurren solo en algunas ocasiones durante la vida útil de la plataforma. Sin embargo, su impacto en el comportamiento de la plataforma debe ser analizado para garantizar su adecuado comportamiento durante su vida útil.

En condiciones de operación o de tormenta la plataforma debe ser diseñada/revisada considerando los parámetros ambientales asociados al oleaje, el viento y a las corrientes marinas, correspondientes de la Sonda de Campeche. Dichos parámetros, como se muestran a continuación dependen del tirante de agua del sitio en que se localice la plataforma de interés.

Para ambas condiciones se tendrá que aplicar el factor de crecimiento marino de acuerdo a la tabla 11, estos factores consideran el espesor adicional a la tubería, ocasionado por el crecimiento marino.

Tabla 11. Espesor de crecimiento marino recomendado (NRF-003-PEMEX-2007)

INTERVALO DE ELEVACIÓN RESPECTO AL NMM (m)	ESPESOR DE CRECIMIENTO MARINO DURO (cm)
+ 1.0 a - 20.0	6.0
- 20.0 a - 40.0	4.0
- 40.0 a - 80.0	2.0
- 80.0 a - 100.0	0.0

En ambas condiciones, operación y tormenta se aplicará los parámetros hidrodinámicos incluidos en la tabla 12.

Tabla 12. Coeficientes hidrodinámicos para operación y tormenta (NRF-003-PEMEX-2007)

	Elementos fuera del agua	Elementos sumergidos
Coeficiente de arrastre (Cd)	0.65	1.05
Coeficiente de inercia (Cm)	1.60	1.20

En las figuras 23 a 27 y la tabla 14 se presentan los parámetros ambientales en relación al tirante de la plataforma, para el caso de la plataforma ONEL-A el tirante es de 75.500 m, se identifica por una línea roja punteada en dichas figuras.

1. Altura de la ola

A medida que el tirante aumenta se puede notar en las gráficas que los parámetros como: altura de ola y ola significativa no cambian notablemente (ver figura 23).

La altura de ola significativa establece la relación entre las alturas de ola obtenidas del registro instrumental del oleaje y las establecidas a través de observación de un estado de mar.

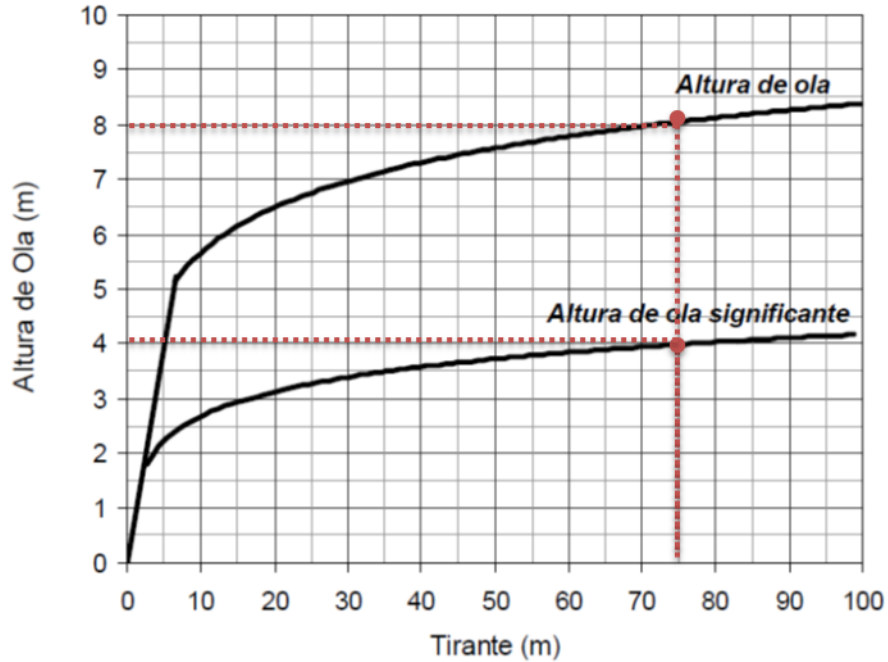


Figura 24. Alturas de ola máxima y significativa por operación en la Sonda de Campeche. NRF-003-PEMEX-2007

2. Parámetros asociados a la altura de ola máxima

Estos parámetros (ver tabla 13) son resultado de estudios realizados con eventos *norte* en el Golfo de México, dichos fenómenos se presentan con frecuencia en esta zona por lo cual se considera en la norma como una condición normal de operación a la que estará sometida la plataforma.

Tabla 13. Parámetros asociados a la altura de ola máxima de operación en la Sonda de Campeche. NRF-003-PEMEX-2007

Parámetros	
Período de la ola (s)	8.2
Altura de la marea astronómica (m)	0.76
Altura de la marea de tormenta (m)	0.3
Velocidad máxima de viento a 10 m sobre el N.M.M (m/s), promedio de 1 hr	14.4
Velocidad de corriente (cm/s)	
0% de la profundidad	30
50% de la profundidad	25
95% de la profundidad	18

Para condiciones de tormenta se utilizan parámetros meteorológicos y oceanográficos basados en eventos extremos, como lo son huracanes y tormentas de invierno para la Sonda de Campeche.

En las siguientes imágenes de la presente sección se muestran los parámetros aplicables a la plataforma ONEL-A para condición de tormenta, cabe destacar que los datos aquí mostrados hasta ahora corresponden a la normatividad de PEMEX, sin embargo el objetivo del presente trabajo es considerar un caso adicional, el cual es tomando en cuenta parámetros meteorológicos y oceanográficos basados de eventos extremos ocurridos en el Golfo de México, el cual se mencionará a detalle más adelante.

1. Altura de ola

Para condiciones de tormenta, la gráfica muestra valores mayores de altura de ola con respecto a condiciones normales (ver figura 24), cuando el tirante de agua es mayor a 17 (m) aproximadamente la relación de los parámetros, altura de ola-tirante de agua, no es lineal.

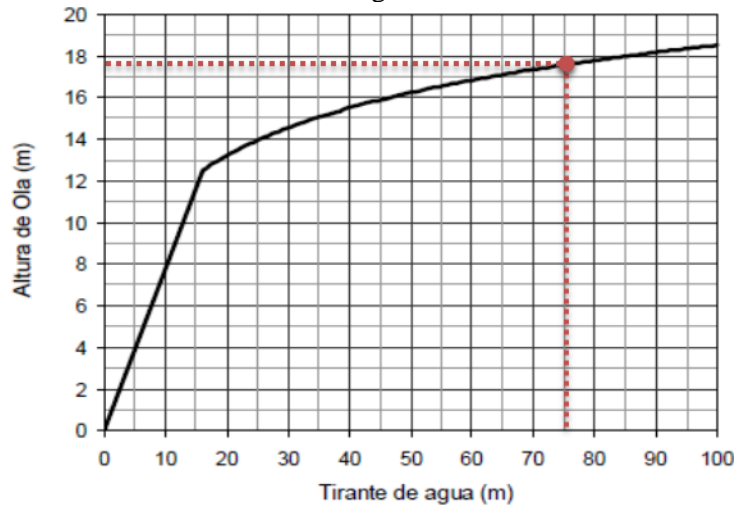


Figura 25. Altura de la ola máxima de diseño por tormenta. (NRF-003-PEMEX-2007)

2. Velocidad del viento

En plataformas marinas la acción del viento es de suma importancia, el viento es la principal fuerza generadora de oleaje, produce marea de viento y fuerzas sobre las estructuras, representan aproximadamente del 5% al 10% de las fuerzas ambientales totales, en la figura 25 indicada en la norma de PEMEX, la relación del parámetro velocidad del viento es directamente proporcional al tirante de agua de la plataforma.

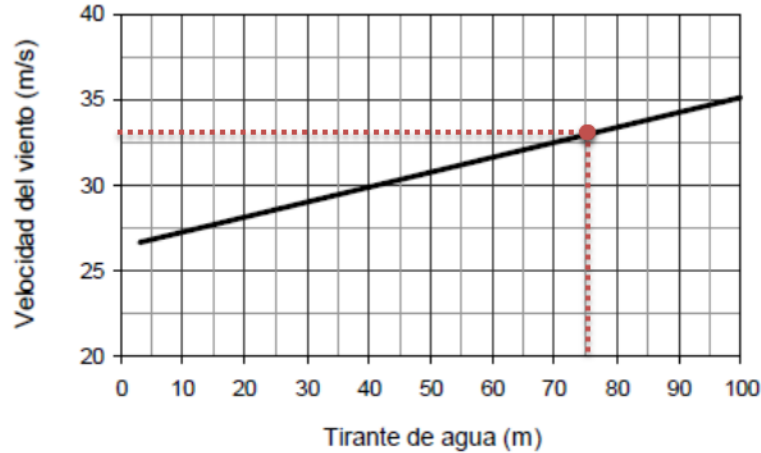


Figura 26. Velocidad máxima del viento a 10 m sobre el NMM, promedio de 1 hora, Sonda de Campeche. (NRF-003-PEMEX-2007)

3. Marea de tormenta

La marea de tormenta puede variar súbitamente conforme aumenta el tirante de agua, tirantes mayores a 35 m en plataformas, la norma indica que la marea de tormenta ira disminuyendo (ver figura 26).

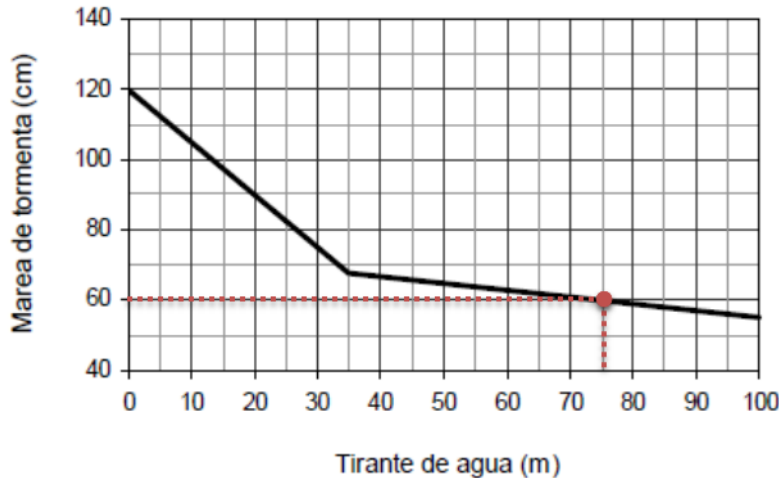


Figura 27. Mareas de tormenta en Sonda de Campeche. (NRF-003-PEMEX-2007)

4. Velocidad de corriente

Como puede notarse en la figura 27, este parámetro varía a diferentes profundidades, para fines de análisis y diseño la norma considera 3 profundidades críticas; 0%, 50% y 95%, la velocidad disminuye conforme el tirante de agua aumenta a 50% y 95% de profundidad.

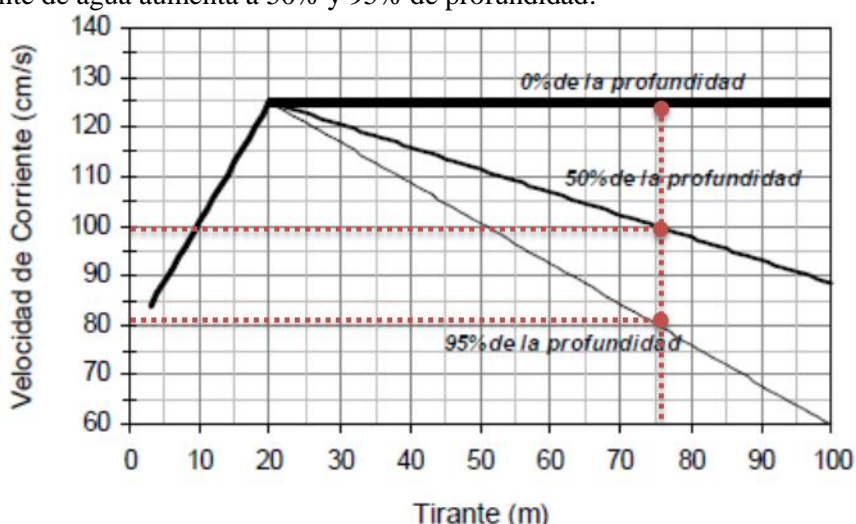


Figura 28. Velocidades de corriente en Sonda de Campeche. (NRF-003-PEMEX-2007)

En la tabla 14, finalmente se muestra el resumen de parámetros para operación y tormenta.

Tabla 14. Resumen de Parámetros meteorológicos aplicables a la plataforma ONEL-A
PARAMETROS APLICABLES A LA PLATAFORMA ONEL-A

CONDICIONES DE OPERACIÓN	
Altura máxima de ola	8.00 (m)
Altura de ola significativa	4.00 (m)
Periodo asociado de la ola	8.20 (s)
Altura de la marea astronómica	0.76 (m)
Altura de la marea de tormenta	0.30 (m)
Altura total de la marea	1.06 (m)
Vel. máx. de viento para 1 hora. (a 10 m sobre el N.M.M)	14.40 m/s
Vel. de corriente (del NMM hacia el fondo):	
0%	30 cm/s
50%	25 cm/s
95%	18 cm/s
CONDICIONES DE TORMENTA	
Altura máxima de ola	17.50 (m)
Periodo asociado de la ola	12.180 (s)
Altura de la marea astronómica	0.76 (m)
Altura de la marea de tormenta	0.60 (m)
Altura total de la marea	1.36 (m)
Vel. máx. de viento para 1 hora. (a 10 m sobre el N.M.M)	33.00 (m/s)
Vel. de Corriente (del NMM hacia el fondo):	
0%	125 cm/s
50%	100 cm/s
95%	80 cm/s

Capítulo 3. Normas, especificaciones y métodos de análisis aplicables a la evaluación estructural de la Plataforma fija ONEL-A

Las condiciones de carga 14 a 21, corresponden a las 8 direcciones (ver figura 22) de las acciones ambientales sobre la plataforma, la curva señalada en la figura 28 obtenida del *software* SACS 5.6 indica la dirección de incidencia de las acciones ambientales aplicadas.

Tanto en la figura 28 como 29 se presentan los parámetros de acciones de viento (dirección y velocidad), oleaje (dirección, altura, periodo y altura de ola), corriente (dirección y máxima velocidad), adicionalmente en la parte inferior de las ilustraciones se muestra el perfil a diferentes profundidades 0%, 50% y 95%, dichos parámetros se estudiaron anteriormente.

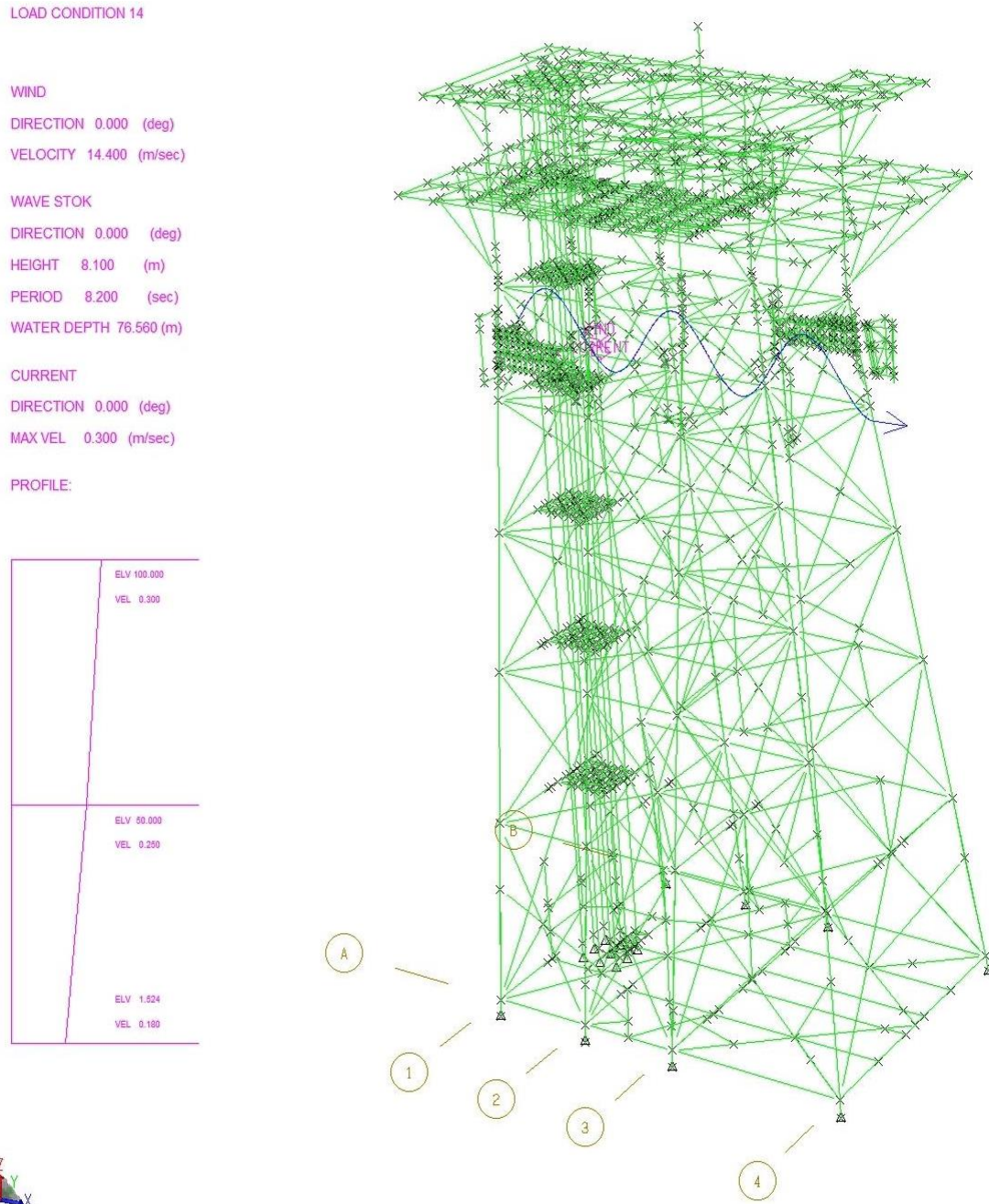


Figura 29. Condición de carga 14 a 21 (Carga de operación en 8 direcciones de acuerdo a la figura 22)

Capítulo 3. Normas, especificaciones y métodos de análisis aplicables a la evaluación estructural de la Plataforma fija ONEL-A

Las condiciones de carga 22 a 29, corresponden a las 8 direcciones (ver figura 22) de las acciones ambientales sobre la plataforma para condición de tormenta, la curva señalada en la figura obtenida del *software* indica la dirección de incidencia de las acciones ambientales aplicadas, dichas incidencias se estudiaron en la sección 3.1.2.2.

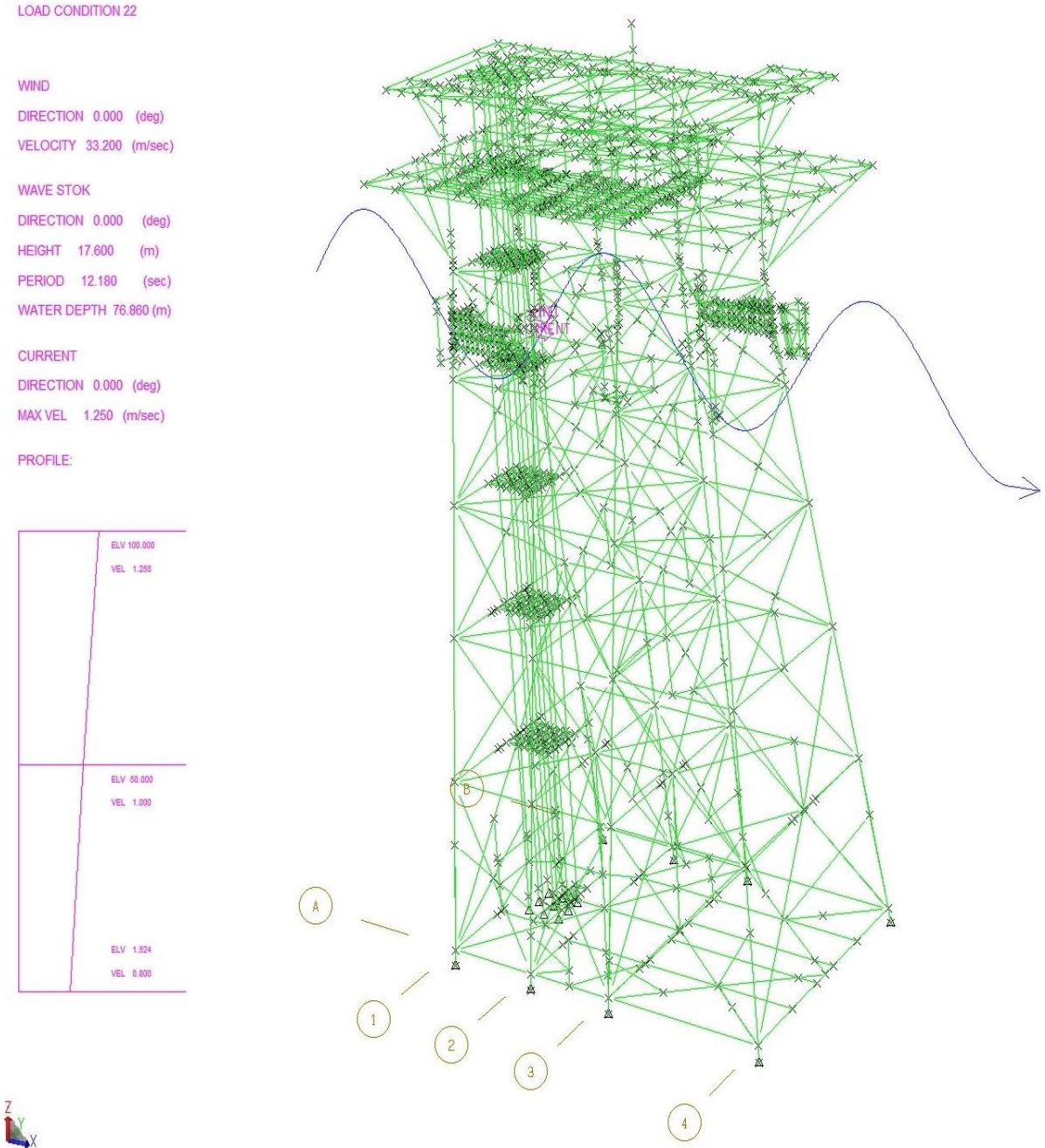


Figura 30. Condición de carga 22-29 (Carga de tormenta en 8 direcciones de acuerdo a la figura 22)

Capítulo 3. Normas, especificaciones y métodos de análisis aplicables a la evaluación estructural de la Plataforma fija ONEL-A

3.1.2.3. Combinación de cargas

Las combinaciones de cargas se aplican para tomar en cuenta las condiciones más desfavorables en la etapa del análisis estructural, para este caso se realizan combinaciones para 3 posiciones críticas de las 9 posiciones en total que operará la torre de perforación, las 9 posiciones mencionadas se refieren a los 9 pozos de perforación de la plataforma mostrados en las plantas estructurales (ver apéndice A).

La nomenclatura de las combinaciones se ha definido como O, P, Q para operación en posición de la torre de perforación 1, 2, 3 respectivamente y T, U, V para tormenta en posición de la torre de perforación 1, 2, 3 respectivamente; por ejemplo la combinación O225 indica lo siguiente:

Combinación en condición de Operación a 225° Posición 1 de la Torre de Perforación

En condición de operación normal de la plataforma no se aplica la recomendación de la norma de aumentar los esfuerzos permisibles a 1/3, debido a un diseño conservador, por lo que puede notarse que en las tablas 15 a 17, el factor aparece como 1.0; sin embargo para condición de tormenta, por ser eventos no frecuentes en la vida útil de la plataforma se acepta la recomendación y se aumentan los esfuerzos permisibles en 1/3, tal como lo indican las tablas 18 a 20.

Tabla 15. Factores para combinaciones de cargas en operación (Posición 1)

N°	DESCRIPCION	COMBINACIONES DE CARGA CONDICION DE OPERACIÓN							
		O000	O045	O090	O135	O180	O225	O270	O315
		+X	+X+Y	+Y	-X+Y	-X	-X-Y	-Y	+X-Y
	FACTOR DE ESFUERZOS PERMISIBLES	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	PESO PROPIO	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
2	CARGA MISCELANEOS SUBESTRUCTURA	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
3	CARGA MUERTA EN SUPERESTRUCTURA	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
4	CARGA VIVA EN SUPERESTRUCTURA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	CARGA MUERTA DE EQUIPO	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
6	CARGA VIVA DE EQUIPO	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
7	CARGA DE TUBERIAS Y DUCTOS ELECTRICOS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
9	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #2								
10	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #3								
11	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
12	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #2								
13	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #3								
14	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 0°	1,00							
15	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 45°		1,00						
16	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 90°			1,00					
17	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 135°				1,00				
18	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 180°					1,00			
19	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 225°						1,00		
20	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 270°							1,00	
21	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 315°								1,00

Capítulo 3. Normas, especificaciones y métodos de análisis aplicables a la evaluación estructural de la Plataforma fija ONEL-A

Tabla 16. Factores para combinaciones de cargas en operación (Posición 2)

N°	DESCRIPCION	COMBINACIONES DE CARGA CONDICION DE OPERACIÓN							
		P000	P045	P090	P135	P180	P225	P270	P315
		+X	+X+Y	+Y	-X+Y	-X	-X-Y	-Y	+X-Y
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
	FACTOR DE ESFUERZOS PERMISIBLES	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	PESO PROPIO	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
2	CARGA MISCELANEOS SUBESTRUCTURA	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
3	CARGA MUERTA EN SUPERESTRUCTURA	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
4	CARGA VIVA EN SUPERESTRUCTURA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	CARGA MUERTA DE EQUIPO	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
6	CARGA VIVA DE EQUIPO	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
7	CARGA DE TUBERIAS Y DUCTOS ELECTRICOS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #1								
9	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #3								
11	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #1								
12	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
13	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #3								
14	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 0°	1,00							
15	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 45°		1,00						
16	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 90°			1,00					
17	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 135°				1,00				
18	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 180°					1,00			
19	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 225°						1,00		
20	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 270°							1,00	
21	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 315°								1,00

Tabla 17. Factores para combinaciones de cargas en operación (Posición 3)

N°	DESCRIPCION	COMBINACIONES DE CARGA CONDICION DE OPERACIÓN							
		Q000	Q045	Q090	Q135	Q180	Q225	Q270	Q315
		+X	+X+Y	+Y	-X+Y	-X	-X-Y	-Y	+X-Y
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
	FACTOR DE ESFUERZOS PERMISIBLES	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	PESO PROPIO	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
2	CARGA MISCELANEOS SUBESTRUCTURA	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
3	CARGA MUERTA EN SUPERESTRUCTURA	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
4	CARGA VIVA EN SUPERESTRUCTURA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	CARGA MUERTA DE EQUIPO	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
6	CARGA VIVA DE EQUIPO	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
7	CARGA DE TUBERIAS Y DUCTOS ELECTRICOS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #1								
9	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #2								
10	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
11	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #1								
12	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #2								
13	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
14	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 0°	1,00							
15	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 45°		1,00						
16	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 90°			1,00					
17	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 135°				1,00				
18	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 180°					1,00			
19	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 225°						1,00		
20	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 270°							1,00	
21	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 315°								1,00

De acuerdo a la sección 3 de API-RP-2A (WSD), se indica utilizar un factor de incremento de esfuerzos de 1/3 por efecto de las cargas accidentales.

Capítulo 3. Normas, especificaciones y métodos de análisis aplicables a la evaluación estructural de la Plataforma fija ONEL-A

Tabla 18. Factores para combinaciones de cargas en tormenta (Posición 1)

N°	DESCRIPCION	COMBINACIONES DE CARGA CONDICION DE TORMENTA							
		T000	T045	T090	T135	T180	T225	T270	T315
		+X	+X+Y	+Y	-X+Y	-X	-X-Y	-Y	+X-Y
		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
	FACTOR DE ESFUERZOS PERMISIBLES	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
1	PESO PROPIO	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
2	CARGA MISCELANEOS SUBESTRUCTURA	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
3	CARGA MUERTA EN SUPERESTRUCTURA	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
4	CARGA VIVA EN SUPERESTRUCTURA	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
5	CARGA MUERTA DE EQUIPO	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
6	CARGA VIVA DE EQUIPO	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
7	CARGA DE TUBERIAS Y DUCTOS ELECTRICOS	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
8	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
9	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #2								
10	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #3								
11	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
12	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #2								
13	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #3								
14	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 0°								
15	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 45°								
16	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 90°								
17	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 135°								
18	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 180°								
19	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 225°								
20	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 270°								
21	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 315°								
22	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 0°	1,00							
23	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 45°		1,00						
24	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 90°			1,00					
25	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 135°				1,00				
26	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 180°					1,00			
27	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 225°						1,00		
28	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 270°							1,00	
29	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 315°								1,00

Tabla 19. Factores para combinaciones de cargas en tormenta (Posición 2)

N°	DESCRIPCION	COMBINACIONES DE CARGA CONDICION DE TORMENTA							
		U000	U045	U090	U135	U180	U225	U270	U315
		+X	+X+Y	+Y	-X+Y	-X	-X-Y	-Y	+X-Y
		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
	FACTOR DE ESFUERZOS PERMISIBLES	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
1	PESO PROPIO	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
2	CARGA MISCELANEOS SUBESTRUCTURA	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
3	CARGA MUERTA EN SUPERESTRUCTURA	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
4	CARGA VIVA EN SUPERESTRUCTURA	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
5	CARGA MUERTA DE EQUIPO	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
6	CARGA VIVA DE EQUIPO	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
7	CARGA DE TUBERIAS Y DUCTOS ELECTRICOS	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
8	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #1								
9	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #3								
11	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #1								
12	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #2	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
13	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #3								
14	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 0°								
15	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 45°								
16	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 90°								
17	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 135°								
18	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 180°								
19	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 225°								
20	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 270°								
21	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 315°								
22	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 0°	1,00							
23	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 45°		1,00						
24	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 90°			1,00					
25	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 135°				1,00				
26	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 180°					1,00			
27	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 225°						1,00		
28	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 270°							1,00	
29	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 315°								1,00

Capítulo 3. Normas, especificaciones y métodos de análisis aplicables a la evaluación estructural de la Plataforma fija ONEL-A

Tabla 20. Factores para combinaciones de cargas en tormenta (Posición 3)

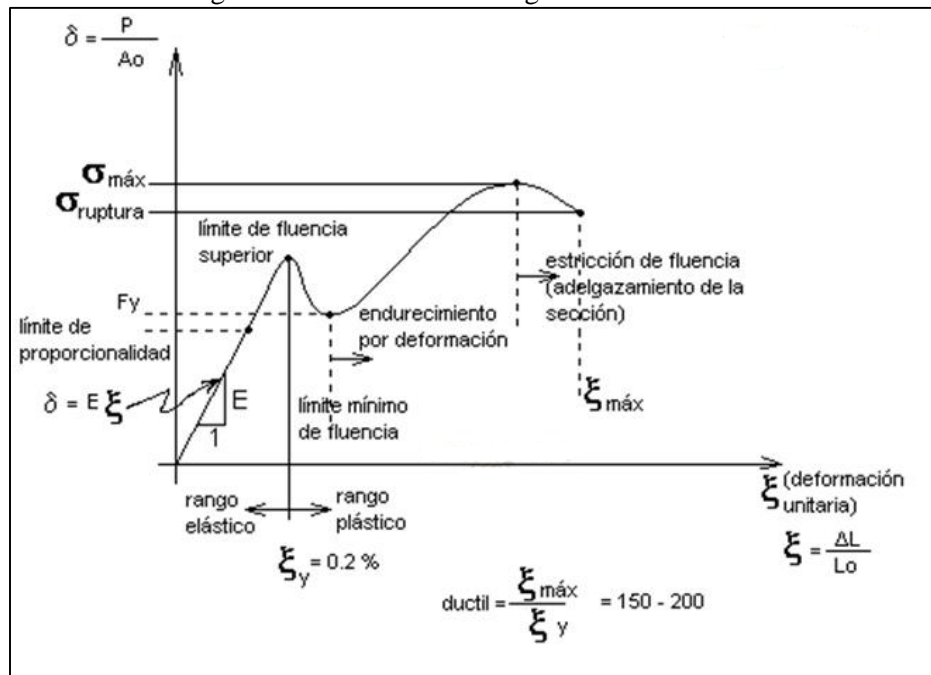
N°	DESCRIPCION	COMBINACIONES DE CARGA CONDICION DE TORMENTA							
		V000	V045	V090	V135	V180	V225	V270	V315
		+X	+X+Y	+Y	-X+Y	-X	-X-Y	-Y	+X-Y
		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
	FACTOR DE ESFUERZOS PERMISIBLES	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
1	PESO PROPIO	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
2	CARGA MISCELANEOS SUBESTRUCTURA	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
3	CARGA MUERTA EN SUPERESTRUCTURA	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
4	CARGA VIVA EN SUPERESTRUCTURA	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
5	CARGA MUERTA DE EQUIPO	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
6	CARGA VIVA DE EQUIPO	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
7	CARGA DE TUBERIAS Y DUCTOS ELECTRICOS	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
8	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #1								
9	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #2								
10	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
11	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #1								
12	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #2								
13	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION POSICION #3	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
14	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 0°								
15	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 45°								
16	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 90°								
17	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 135°								
18	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 180°								
19	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 225°								
20	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 270°								
21	CARGAS OCEANOGRAFICAS OPERACIÓN 315°								
22	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 0°	1,00							
23	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 45°		1,00						
24	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 90°			1,00					
25	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 135°				1,00				
26	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 180°					1,00			
27	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 225°						1,00		
28	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 270°							1,00	
29	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 315°								1,00

CAPITULO 4. ANALISIS ESTRUCTURAL POR NORMATIVIDAD

4.1. CASO A: ANALISIS ESTRUCTURAL ESTATICO

Este método es utilizado comúnmente en la práctica, se emplea con mayor frecuencia que el método dinámico, consiste en analizar la plataforma marina bajo el criterio de diseño por esfuerzos permisibles (ASD *Allowable Stress Design*) para garantizar que la subestructura y superestructura cumplan con las normatividades en cuanto a cargas, desplazamientos y esfuerzos, con el mismo criterio se revisa la carga axial, cargas laterales, desplazamientos y esfuerzos en la cimentación.

El análisis estructural estático se calcula empleando cargas sobre la estructura que tienen la característica de no depender del tiempo, los materiales se mantienen en el comportamiento lineal, es decir, se encuentran en el rango elástico mostrado en la gráfica 1 de esfuerzo deformación del acero.



Gráfica 1. Esfuerzo-Deformación del acero estructural

Criterio de diseño por esfuerzos permisibles (ASD)

Se basa en el cálculo de miembros estructurales por medio de un análisis elástico, de manera que los esfuerzos actuantes ocasionados por las acciones de servicio no sobrepasen los esfuerzos permisibles indicados en la especificación, los cuales son afectados por factores de seguridad.

El factor de seguridad tiene el objetivo de compensar la incertidumbre de los valores de las propiedades mecánicas y geométricas de los elementos estructurales, y de la precisión de la resistencia nominal, así como en la estimación de valores y distribución de las cargas aplicadas

$$\text{Ecuación básica de diseño: } F_{calc.} \leq F_{perm.} \quad \text{ec. (1)}$$

Donde:

$F_{calc.}$ = Esfuerzo calculado en un miembro estructural bajo cargas de servicio en kg/cm^2

$F_{perm.}$ = Esfuerzo permisible en kg/cm^2

$$F_{perm.} = \frac{F_n}{F_s} = \frac{\text{Esfuerzo de falla}}{\text{Factor de seguridad}}$$

En la tabla 21 se indican los esfuerzos permisibles indicados en la especificación AISC-ASD:

Tabla 21. Esfuerzos permisibles en miembros Estructurales (AISC-ASD 09th año 1989)

Condición	Ecuación	Comentarios
a) Tensión	$F_t = 0.60 F_y$	En el área total
	$F_t = 0.50 F_u$	En el área neta efectiva
b) Compresión	$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2Cc^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(Kl/r)}{8Cc} - \frac{(Kl/r)^3}{8Cc^3}}$	Aplica cuando: $\frac{Kl}{r} < Cc$
	$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2}$	Aplica cuando: $\frac{Kl}{r} > Cc$
c) Flexión y Cortante	$F_b = 0.66 F_y$	Secciones Compactas
	$F_b = F_y \left[0.79 - 0.00024 \frac{b_f}{2t_f} \sqrt{F_y}\right]$	Secciones No Compactas
	Secciones compactas/no compactas $F_b = 0.60 F_y$	$L_b > L_c$
d) Flexocompresión	$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0$	Miembros sujetos a esfuerzos axiales y de flexión combinados

Donde:

Ft: Esfuerzo permisible a tensión

Fy: Esfuerzo de fluencia del acero

Fu: Esfuerzo ultimo de ruptura del acero

Fa=Esfuerzo permisible de compresión

Fb=Esfuerzo permisible por flexión y Cortante

Fbx=Esfuerzo permisible por flexión para flexión alrededor del eje de mayor momento de inercia

Fby=Esfuerzo permisible básico (sin disminuir)

Cc=Límite de relación de esbeltez

r=radio de giro

Kl/r=relación de esbeltez

E=Modulo de Elasticidad del Acero

Lb=Longitud no arriostrada

Lc=Máxima longitud no arriostrada dada por expresiones en la especificación.

fa=Esfuerzo axial

fbx=Esfuerzo de compresión alrededor de x

fby=Esfuerzo de compresión alrededor de y

En la sección de resultados del caso A (Estático), se mostrará la condición de esfuerzo (tensión, compresión, flexión, cortante, flexocompresión) que rige en cada miembro estructural analizado mediante el *software* SACS 5.6.

En las siguientes secciones se explican las consideraciones que se toman en cuenta para realizar el análisis en sitio estático y su metodología.

4.1.1. Metodología del análisis

Previamente a iniciar el análisis estático, se debe revisar que los modelos geométricos; de la superestructura, subestructura y pilotes estén de acuerdo a los planos del proyecto, así como las propiedades mecánicas; una vez revisados los modelos se procede a la aplicación de las cargas gravitacionales y ambientales.

En referencia a la asignación de las cargas ambientales en la tabla 22 se muestra una relación de las condiciones en el sitio de la plataforma mencionadas en la sección 3.1.2.2.

Tabla 22. Dirección de Incidencia para Operación y Tormenta

Direcciones de incidencia de las cargas ambientales								
Condiciones de operación	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
Condiciones de tormenta	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°

El tipo de análisis es estático lineal con cimentación no-lineal, se basa en el comportamiento lineal de los elementos estructurales, el *software* analiza con los códigos; API-RP-2A 21 ed. y AISC 9th; mediante la ejecución de este análisis se revisan los resultados como: esfuerzos, desplazamientos y revisión por colapso hidrostático en la estructura, asimismo se revisan los esfuerzos, desplazamientos y carga axial en pilotes.

Es importante mencionar que a diferencia de las normatividades para edificaciones, en plataformas Marinas no se señala restricción alguna para distorsión entre niveles de arriostramiento.

El *software* SACS 5.6 resuelve este análisis mediante el método matricial de rigideces este método es comúnmente utilizado en la mayoría de los programas comerciales, aplica para cualquier estructura asumiendo que los materiales se comportan de forma elástica y lineal, la ecuación básica es la siguiente: $F = Kd$, cumpliendo las propiedades fundamentales de la matriz: cuadrada, simétrica y positiva. La siguiente expresión muestra la matriz global de un elemento barra con 6 GDL.

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \cdot \\ F_5 \\ F_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} & K_{14} & K_{15} & K_{16} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} & K_{24} & K_{25} & K_{26} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ K_{51} & K_{52} & K_{53} & K_{54} & K_{55} & K_{56} \\ K_{61} & K_{62} & K_{63} & K_{64} & K_{65} & K_{66} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{Bmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \cdot \\ \Delta_5 \\ \Delta_6 \end{Bmatrix}$$

Donde K es la matriz de rigidez, F el vector de fuerzas y Δ el vector de desplazamientos. En SACS 5.6 los grados de libertad de cada junta en la matriz de rigideces son reportados como rotación X, Y y Z seguidos de traslación en X, Y y Z.

4.1.2. Consideraciones del análisis

Para el análisis en sitio estático se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1.- Se modela la cubierta principal o también llamada cubierta inferior, de igual forma se modela la cubierta superior y el subnivel, los elementos secundarios como los largueros se consideran como cargas distribuidas aplicadas a las vigas principales, la geometría se basa en los planos del Apéndice A.
- 2.- Los misceláneos se modelan como carga distribuida en la subestructura.
- 3.- Los equipos que están alojados en la superestructura así como tuberías y ductos son modelados como carga distribuida de acuerdo a su localización en planos de localización gral. de equipos (PLG).
- 4.- Se modela la placa base la cual se encuentra en la elev. (-) 75.500 m

4.1.3. Archivo de entrada

El archivo de entrada al *software* del SACS 5.6 contiene los aspectos estudiados en las secciones anteriores, se presenta a manera de resumen en la presente sección se encuentran ordenados de la siguiente manera:

a) ARCHIVO DE ENTRADA DE LA PLATAFORMA

- Opciones del análisis
- Casos de carga
- Factor de incremento de esfuerzos
- Definición de secciones
- Nomenclatura de grupos de elementos
- Coordenadas de elementos
- Definición de placas
- Definición de juntas
- Áreas expuestas de viento
- Localización de casos de carga
- Combinación de cargas

```

ANALISIS EN SITIO ESTATICO-PLATAFORMA PP-ONEL-A
OPTIONS      ME          SDUC  510  DC  C  PTPTPT      PT
LCSEL        0000 0045 0090 0135 0180 0225 0270 0315 P000 P045 P090 P135
LCSEL        P180 P225 P270 P315 Q000 Q045 Q090 Q135 Q180 Q225 Q270 Q315
UCPART      0.8000.8001.0001.0000
AMOD
AMOD T000 1.330T045 1.330T090 1.330T135 1.330T180 1.330T225 1.330T270 1.330
AMOD T315 1.330U000 1.330U045 1.330U090 1.330U135 1.330U180 1.330U225 1.330
AMOD U270 1.330U315 1.330V000 1.330V045 1.330V090 1.330V135 1.330V180 1.330
AMOD V225 1.330V270 1.330V315 1.330
SECT
SECT A03      CON                      76.2003.810106.60
SECT C05      CON                      76.2003.81091.440
SECT CN1      CON                      152.405.080121.92
SECT CNA      CON                      152.405.080138.12
SECT CNB      CON                      138.125.080121.92
SECT CZM      TUB1931.01.2599+76280000.6280000. 166.374.445
SECT T-3      PLG                      40.6002.54099.1001.300
SECT T-4      PLG                      40.6003.200124.001.300
SECT T-5      PLG                      30.5001.90099.1001.300
SECT T-6      PLG                      45.7005.10099.1001.900
SECT T-7      PLG                      30.6002.90089.1001.600
SECT T-8      PLG                      50.8005.10099.1002.540
SECT T-9A     PLG                      22.8001.73060.8001.120
SECT T1BA     PLG                      61.0004.500158.903.175
SECT T2A      PLG                      61.0004.500335.002.540
SECT VM1      TUB345.80289000.0144501.7144501.7 60.9602.540
SECT VM2      TUB456.00373000.0186552.0186552.0 60.9603.175
SECT VM3      TUB377.20373000.0186473.9186473.9 66.0402.540
GRUP
GRUP 10TBT-9A      2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP 10TET-10A    2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
.
.
GRUP T-6 T-6      2039.815.72532. 1 1.001.00 N7.8490
GRUP T-7 T-7      2039.815.72532. 1 1.001.00 N7.8490
GRUP T-8 T-8      2039.815.72532. 1 1.001.00 N7.8490
GRUP T-9 W18X50   2039.815.72532. 1 1.001.00 N7.8490
GRUP T1ABT-1A     2039.815.73515. 1 1.001.00 N7.8490
GRUP T1AET-1      2039.815.73515. 1 1.001.00 N7.8490
GRUP T1BBT-1      2039.815.73515. 1 1.001.00 N7.8490
GRUP T1BET1BA     2039.815.73515. 1 1.001.00 N7.8490
GRUP T2ABT2A      2039.815.72532. 1 1.001.00 7.8490
GRUP T2AET-2      2039.815.72532. 1 1.001.00 7.8490
GRUP V-1          121.92 5.080 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.84901.06
GRUP V-1          121.92 4.445 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP V-2          121.92 5.080 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP V-2          121.92 5.080 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.84902.24
GRUP V-5          35.560 2.540 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP V-8          50.800 2.540 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP V10 VM2      2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.8490.915
GRUP V11          60.960 2.540 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500 7.8490
MEMBER OFFSETS          91.95070.070
MEMBER1404L4C4X 20V          .900.900
MEMBER OFFSETS          -8.76091.95070.110
MEMBER14C2X0707 20V          .9004.01
MEMBER OFFSETS          26.97020.880
    
```

Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

MEMBER14C3X0806	20V		.9004.01		
MEMBER OFFSETS		26.97020.880			
MEMBER OFFSETS		76.320-57.54			
MEMBER1505L4C1X	20V		.9001.94		
MEMBER OFFSETS		-76.32-57.54			
MEMBER1506L0707	20V		.9004.02		
MEMBER OFFSETS		-76.50-56.08			
MEMBER1508L4C4X	20V		.900.900		
MEMBER OFFSETS		7.200-76.31-57.58			
MEMBER 07034C2X	22V		.9003.04		
MEMBER 08034C3X	22V		.9003.04		
MEMBER1503L0207	27H		1.731.73		
MEMBER OFFSETS		52.50064.620			
MEMBER1508L0207	27H		1.731.73		
MEMBER OFFSETS		-53.06-65.30			
MEMBER 00015A2X	2VA		1.062.13		
MEMBER 00065A2X	2VA		1.603.20		
MEMBER 00105B2X	2VA		1.803.20		
MEMBER 00145B2X	2VA		1.202.13		
MEMBER1603L0107	A12		1.85.900		
MEMBER OFFSETS		-82.87			
MEMBER1606L0106	A12		1.85.900		
MEMBER OFFSETS		82.870			
MEMBER1607L0106	A12		1.85.900		
MEMBER133633392	T-4		0.910		
MEMBER OFFSETS		17.450		17.450	
MEMBER133643365	T-4				
MEMBER OFFSETS		17.450		17.450	
MEMBER133653366	T-4				
.					
.					
.					
MEMBER OFFSETS			17.450		17.450
MEMBER133733374	T-4				
MEMBER OFFSETS		17.450		17.450	
MEMBER133733409	T-4		0.910		
MEMBER OFFSETS		17.450		17.450	
MEMBER133743410	T-4		0.910		
MEMBER OFFSETS		17.450		17.450	
MEMBER133823439	T-4		0.910		
MEMBER OFFSETS		17.450		17.450	
MEMBER133833440	T-4		0.910		
MEMBER OFFSETS		17.450		17.450	
MEMBER133923419	T-4				
MEMBER OFFSETS		17.450		17.450	
MEMBER133973454	T-4		0.910		
MEMBER OFFSETS		17.450		17.450	
MEMBER133983455	T-4		0.910		
MEMBER OFFSETS		17.450		17.450	
MEMBER133993456	T-4		0.910		
MEMBER OFFSETS		17.450		17.450	
MEMBER134033460	T-4		0.910		
MEMBER OFFSETS		17.450		17.450	
MEMBER134043461	T-4		0.910		
MEMBER OFFSETS		17.450		17.450	
MEMBER134053462	T-4		0.910		
MEMBER OFFSETS		17.450		17.450	
MEMBER134093466	T-4		0.910		
JOINT 0132	-15.	1.	6.-40.700	50.979	9.600
JOINT 0133	-15.	3.	6.-40.700	6.200	9.600
JOINT 0134	-13.	-3.	6.-85.500	-6.237	9.600
JOINT 0135	-13.	-1.	6.-85.500-51.037		9.600
JOINT 0136	-13.	0.	6.-85.500-77.637		9.600
JOINT 0137	-13.	0.	6.-85.500	77.561	9.600
JOINT 0138	-13.	1.	6.-85.500	50.987	9.600
JOINT 0139	-13.	3.	6.-85.500	6.161	9.600
JOINT 0140	-12.	-3.	6.-96.900	-6.237	9.600
JOINT 0141	-12.	-1.	6.-96.900-51.037		9.600
JOINT 0142	-12.	0.	6.-96.900-77.637		9.600
JOINT 0143	-12.	0.	6.-96.900	77.561	9.600
JOINT 0144	-12.	1.	6.-96.900	50.992	9.600
JOINT 0145	-12.	3.	6.-96.900	6.161	9.600
JOINT 0201	-11.	8.	-6.-41.700	53.437	-9.600
JOINT 0202	-11.	-8.	-6.-41.700-53.437		-9.600
JOINT 0203	-6.	0.	-6.	-9.600	-9.600
JOINT 0204	6.	0.	-6.	9.600	-9.600
JOINT 0205	0.	8.	-6.	53.437	-9.600
JOINT 0206	0.	-8.	-6.	-53.437	-9.600
JOINT 0207	13.	0.	-6.	3.019	-9.600
JOINT 0208	-11.	0.	-6.-41.700		-9.600
JOINT 0209	-18.	-3.	-6.-28.800	-6.237	-9.600
JOINT 0210	-11.	-3.	-6.-41.700	-6.237	-9.600
JOINT 0211	-18.	-1.	-6.-28.800-51.037		-9.600
JOINT 0231	-15.	1.	-6.-40.700	50.963	-9.600
JOINT 0232	-15.	3.	-6.-40.700	6.163	-9.600
JOINT 0233	-13.	-3.	-6.-85.500	-6.237	-9.600
JOINT 0234	-13.	-1.	-6.-85.500-51.037		-9.600
JOINT 0235	-13.	0.	-6.-85.500-77.637		-9.600
JOINT 0236	-13.	0.	-6.-85.500	77.563	-9.600
JOINT 0237	-13.	1.	-6.-85.500	50.963	-9.600
JOINT 0238	-13.	3.	-6.-85.500	6.163	-9.600
JOINT 0239	-12.	-3.	-6.-96.900	-6.237	-9.600
JOINT 0240	-12.	-1.	-6.-96.900-51.037		-9.600
JOINT 0242	-12.	0.	-6.-96.900	77.563	-9.600
JOINT 0243	-12.	1.	-6.-96.900	50.963	-9.600
JOINT 0244	-12.	3.	-6.-96.900	6.163	-9.600
JOINT 0251	-18.	0.	-54.-28.800	-0.012-25.400	

Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

```

JOINT 0252  -18.  -6.  -62. -28.800-85.800-72.027
JOINT 0253  -18.  6.  -62. -28.800 85.800-72.045
JOINT 0254  -18.  -6.  -72. -28.800-85.791
JOINT 0255  -18.  6.  -72. -28.800 85.791
JOINT 0256  -18.  -6.  -68. -28.800-85.794-80.000
JOINT 0257  -18.  6.  -68. -28.800 85.794-80.000
JOINT 0258  -18.  0.  -72. -28.800
JOINT 0259  -18.  0.  -68. -28.800 -80.000
JOINT 0301  -6.  0.  -20. -9.600 -72.600
JOINT 0302  6.  0.  -20. 9.600 -72.600
JOINT 0303  21.  0.  -20. 79.313 -72.600
JOINT 0304  -18.  -3.  -20. -28.800 -6.212-72.600
JOINT 0305  -18.  -1.  -20. -28.800-51.012-72.600
JOINT 0306  -18.  0.  -20. -28.800-77.612-72.600
JOINT 0307  -18.  0.  -20. -28.800 77.588-72.600
JOINT 0308  -18.  1.  -20. -28.800 50.988-72.600
JOINT 0309  -18.  3.  -20. -28.800 6.188-72.600
JOINT 0312  -16.  -3.  -20. -29.300 -6.212-72.600
JOINT 0313  -15.  -3.  -20. -40.700 -6.212-72.600
JOINT 0314  -13.  -3.  -20. -85.500 -6.212-72.600
JOINT 0315  -12.  -3.  -20. -96.900 -6.212-72.600
JOINT 0316  -11.  -3.  -20. -41.700 -6.212-72.600
JOINT 0318  -16.  -1.  -20. -29.300-51.012-72.600
JOINT 0319  -15.  -1.  -20. -40.700-51.012-72.600
.
.
.
.
LOAD Z 33563368 -123.84 -123.84 GLOB UNIF LAR_CS3
LOAD Z 33493356 -123.84 -123.84 GLOB UNIF LAR_CS3
LOAD Z 33573372 -216.73 -216.73 GLOB UNIF LAR_CS3
LOAD Z 33533357 -216.73 -216.73 GLOB UNIF LAR_CS3
LOAD Z 33543373 -185.77 -185.77 GLOB UNIF LAR_CS3
LOAD Z 33503369 -247.69 -247.69 GLOB UNIF LAR_CS3
LOAD Z 33513370 -247.69 -247.69 GLOB UNIF LAR_CS3
LOAD Z 33523371 -247.69 -247.69 GLOB UNIF LAR_CS3
LOAD Z 32113212 -338.63 -338.63 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 32123213 -338.63 -338.63 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 32133214 -338.63 -338.63 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 32143215 -338.63 -338.63 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 32153216 -338.63 -338.63 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 32163217 -338.63 -338.63 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 33233324 -338.63 -338.63 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 33243325 -338.63 -338.63 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 33253326 -338.63 -338.63 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 33263327 -338.63 -338.63 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 33273328 -338.63 -338.63 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 33283329 -338.63 -338.63 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 33293330 -338.63 -338.63 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 33303331 -338.63 -338.63 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 33313332 -338.63 -338.63 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 33163317 -651.84 -651.84 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 33153316 -651.84 -651.84 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 33143315 -651.84 -651.84 GLOB UNIF LAR_CI
LOAD Z 33123313 -651.84 -651.84 GLOB UNIF LAR_CI
LOADCN 17
LOADLB17 CARGAS AMBIENTALES EN OPERACION 135°
WIND
WIND D 14.400 135.00 21APY1X2Y3Y4Y5X5X6
WAVE
WAVE1.00STOK 8.10 76.56 8.20 135.00-76.56L -40.00 1.00 80MS10 1 0 3
CURR
CURR 5.000 0.180 135.000 0.850 US NL WDP AWP
CURR 50.000 0.250 135.000
CURR 100.000 0.300 135.000
DRAG
DRAG1 MEMBMCMDMDN1N2N3N4N5
LOADCN 18
LOADLB18 CARGAS AMBIENTALES EN OPERACION 180°
WIND
WIND D 14.400 180.00 21APX2X5X6
WAVE
WAVE1.00STOK 8.10 76.56 8.20 180.00-76.56L -40.00 1.00 80MS10 1 0 3
CURR
CURR 5.000 0.180 180.000 0.700 US NL WDP AWP
CURR 50.000 0.250 180.000
CURR 5.000 0.800 315.000 0.850 US NL WDP AWP
CURR 50.000 1.000 315.000
LCOMB 0270 7 1.00008 1.000011 1.000020 1.0000
LCOMB 0315 1 1.10002 1.05003 1.05004 1.00005 1.20006 1.2000
LCOMB 0315 7 1.00008 1.000011 1.000021 1.0000
LCOMB P000 1 1.10002 1.05003 1.05004 1.00005 1.20006 1.2000
.
.
LCOMB P000 7 1.00009 1.000012 1.000014 1.0000
LCOMB P045 1 1.10002 1.05003 1.05004 1.00005 1.20006 1.2000
LCOMB P045 7 1.00009 1.000012 1.000015 1.0000
LCOMB P090 1 1.10002 1.05003 1.05004 1.00005 1.20006 1.2000
LCOMB V000 7 0.750010 1.000013 0.750022 1.0000
LCOMB V045 1 1.10002 1.05003 1.05004 0.75005 1.20006 0.7500
LCOMB V045 7 0.750010 1.000013 0.750023 1.0000
LCOMB V090 1 1.10002 1.05003 1.05004 0.75005 1.20006 0.7500
LCOMB V090 7 0.750010 1.000013 0.750024 1.0000
LCOMB V135 1 1.10002 1.05003 1.05004 0.75005 1.20006 0.7500
LCOMB V135 7 0.750010 1.000013 0.750025 1.0000
LCOMB V180 1 1.10002 1.05003 1.05004 0.75005 1.20006 0.7500
LCOMB V180 7 0.750010 1.000013 0.750026 1.0000

```

b) ARCHIVO DE ENTRADA DE LA CIMENTACIÓN

El listado mostrado es una síntesis del archivo de entrada de los pilotes con los datos de las curvas P-Y, los datos de esta curva muestran la relación de resistencia lateral del suelo con el desplazamiento del pilote mientras que la curva T-Z muestra la transferencia de carga axial al asentamiento del pilote, Q-Z relaciona el desplazamiento de la punta con respecto a la carga en la punta del pilote. Las curvas T-Z y Q-Z son calculadas por el *software* del SACS 5.6 a partir de la estratigrafía del suelo, dichos datos fueron obtenidos del reporte final de investigación geotécnica vol. 1: Criterios para diseño estático.

```

INFORME GEOTECNICO FINAL LOCALIZACION
PLGRUP
PLGRUP PLA      152.40 6.985 2039. 815.7 3515. 12.24      1.0
PLGRUP PLA      152.40 6.350 2039. 815.7 3515. 9.144      1.0
PLGRUP PLA      152.40 5.715 2039. 815.7 3515. 6.096      1.0
PLGRUP PLA      152.40 5.080 2039. 815.7 3515. 9.144      1.0
PLGRUP PLA      152.40 4.445 2039. 815.7 2532. 15.24      1.0
PLGRUP PLA      152.40 3.810 2039. 815.7 2532. 64.01      1.0
PLGRUP PLA      152.40 4.445 2039. 815.7 2532. 1.524      1.0
PLGRUP PLA      152.40 5.080 2039. 815.7 3515. 1.524      1.0 1.824
*
PLGRUP PLB      152.40 6.985 2039. 815.7 3515. 13.15      1.0
PLGRUP PLB      152.40 6.350 2039. 815.7 3515. 9.144      1.0
PLGRUP PLB      152.40 5.715 2039. 815.7 3515. 6.096      1.0
PLGRUP PLB      152.40 5.080 2039. 815.7 3515. 9.144      1.0
PLGRUP PLB      152.40 4.445 2039. 815.7 2532. 15.24      1.0
PLGRUP PLB      152.40 3.810 2039. 815.7 2532. 64.01      1.0
PLGRUP PLB      152.40 4.445 2039. 815.7 2532. 1.524      1.0
PLGRUP PLB      152.40 5.080 2039. 815.7 3515. 1.524      1.0 1.824
PLGRUP CON      76.20 2.540 2039. 815.7 2532. 60.960      1.0 0.456
PILE
.
.
.
PILE 008P108P PLB                                SUE1
PILE 8121141C CON                                SUE2
PILE 8122144C CON                                SUE2
PILE 8125147C CON                                SUE2
PILE 8120142C CON                                SUE2
PILE 8123145C CON                                SUE2
PILE 8126148C CON                                SUE2
PILE 8119143C CON                                SUE2
PILE 8124146C CON                                SUE2
PILE 8127149C CON                                SUE2
SOIL
SOIL TZAXIAL HEAD 14      0.100SUE1 PIL 60"
SOIL T-Z 0.000 0.000 0.000 2.400 0.000 4.700 0.000 8.700 0.000 12.20
SOIL T-Z 0.000 15.20 0.000 30.50 0.0001524.0
SOIL T-Z SLOCSM 8 0.61 0.0101
SOIL T-Z 0.000 0.000 0.400 2.400 0.700 4.700 1.000 8.700 1.200 12.20
SOIL T-Z 1.300 15.20 1.200 30.50 1.2001524.0
SOIL T-Z SLOCSM 8 3.35 0.0101
SOIL T-Z 1.400 2.400 2.400 4.700 3.500 8.700 4.200 12.20
SOIL T-Z 4.700 15.20 4.200 30.50 4.2001524.0
SOIL T-Z SLOCSM 8 24.08 0.0101
SOIL T-Z 0.000 0.000 10.70 2.400 17.80 4.700 26.70 8.700 32.10 12.20
SOIL T-Z 35.60 15.20 32.10 30.50 32.101524.0
.
.
SOIL T-Z 110.10 15.20 99.10 30.50 99.101524.0
SOIL T-Z SLOCSM 8 131.06 0.0101
SOIL T-Z 0.000 0.000 66.10 2.400 110.1 4.700 165.2 8.700 198.2 12.20
SOIL T-Z 220.2 15.20 198.2 30.50 198.21524.0
SOIL BEARING HEAD 09      0.100SUE1
SOIL BEAR SLOC 7 31.09 0.0433 PIL 60"
SOIL T-Z 0.000 0.000 0.226 3.000 0.452 19.80 0.678 64.00 0.814 111.3
SOIL T-Z 0.904 152.4 0.9041524.0
SOIL BEAR SLOC 7 35.66 0.0433
SOIL T-Z 0.000 0.000 1.235 3.000 2.470 19.80 3.706 64.00 4.447 111.3
SOIL T-Z 4.941 152.4 4.9411524.0
SOIL BEAR SLOC 7 37.80 0.0433
SOIL T-Z 0.000 0.000 1.439 3.000 2.878 19.80 4.318 64.00 5.181 111.3
SOIL T-Z 5.757 152.4 5.7571524.0
SOIL BEAR SLOC 7 42.37 0.0433
SOIL T-Z 0.000 0.000 0.314 3.000 0.629 19.80 0.943 64.00 1.132 111.3
SOIL P-Y 0. 0. 0. 1. 2.1 2. 7.6 3. 22.9 4. 76.2
SOIL P-Y 6. 228.6 0.1143.0 0.1524.0
SOIL P-Y SLOCSM 8 1.52 1.01
SOIL P-Y 0. 0. 5. 2.1 7. 7.6 10. 22.9 15. 76.2
SOIL P-Y 22. 228.6 9.1143.0 9.1524.0
SOIL P-Y SLOCSM 8 3.35 1.01
.
.
SOIL P-Y 95. 228.6 76.1143.0 76.1524.0
SOIL P-Y SLOCSM 8 7.92 1.01
SOIL P-Y SLOCSM 8 9.14 1.01
SOIL P-Y 0. 0. 32. 2.1 49. 7.6 72. 22.9 106. 76.2
SOIL P-Y 153. 228.6 145.1143.0 145.1524.0
SOIL P-Y SLOCSM 7 10.36 1.01
SOIL P-Y 0. 0. 3079. 6.9 5132. 12.3 6775. 17.7 8520. 26.5
SOIL T-Z SLOCSM 8 0.00 0.0101
SOIL T-Z 0.000 0.000 0.000 2.400 0.000 4.700 0.000 8.700 0.000 12.20

```

Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

```

SOIL T-Z      SLOCSM  8  0.61      0.0101
SOIL          T-Z  0.000 0.000 0.400 2.400 0.700 4.700 1.000 8.700 1.200 12.20
SOIL          T-Z  1.300 15.20 1.200 30.50 1.2001524.0
SOIL T-Z      SLOCSM  8  3.35      0.0101
SOIL          T-Z  0.000 0.000 1.400 2.400 2.400 4.700 3.527 8.700 4.200 12.20
SOIL          T-Z  4.700 15.20 4.200 30.50 4.2001524.0
SOIL T-Z      SLOCSM  8  24.08     0.0101
SOIL          T-Z  0.000 0.000 10.70 2.400 17.80 4.700 26.70 8.700 32.10 12.20
SOIL          T-Z  35.60 15.20 32.10 30.50 32.101524.0
SOIL T-Z      SLOCSM  8  31.09     0.0101
SOIL          T-Z  0.000 0.000 14.40 2.400 23.90 4.700 35.90 8.700 43.10 12.20
SOIL          T-Z  47.90 15.20 43.10 30.50 43.101524.0
SOIL T-Z      SLOCSM  3  31.10     0.0101
SOIL          T-Z  0.000 0.000 62.10 2.500 62.101524.0
SOIL T-Z      SLOCSM  3  37.19     0.0101
SOIL          T-Z  0.000 0.000 81.40 2.500 81.401524.0
SOIL T-Z      SLOCSM  3  42.37     0.0101
SOIL          T-Z  0.000 0.000 33.00 2.400 55.10 4.700 82.60 8.700 99.10 12.20
SOIL          T-Z  110.10 15.20 99.10 30.50 99.101524.0
SOIL T-Z      SLOCSM  8  131.06    0.0101
SOIL          T-Z  0.000 0.000 66.10 2.400 110.1 4.700 165.2 8.700 198.2 12.20
SOIL          T-Z  220.2 15.20 198.2 30.50 198.21524.0
SOIL BEARING HEAD 9      0.100SUE2
SOIL BEAR     SLOC  7  30.78     0.1734 CONDUCTOR 30°
SOIL          T-Z  0.000 0.000 0.226 3.000 0.452 19.80 0.678 64.00 0.814 111.3
SOIL          T-Z  0.904 152.4 0.9041524.0
SOIL BEAR     SLOC  7  35.66     0.1734
SOIL          T-Z  0.000 0.000 1.235 3.000 2.470 19.80 3.706 64.00 4.447 111.3
SOIL          T-Z  4.941 152.4 4.9411524.0
SOIL BEAR     SLOC  7  37.80     0.1734
SOIL          T-Z  0.000 0.000 1.439 3.000 2.878 19.80 4.318 64.00 5.181 111.3
SOIL          T-Z  5.757 152.4 5.7571524.0
SOIL BEAR     SLOC  7  42.37     0.1734
SOIL          T-Z  0.000 0.000 0.904 3.000 1.808 19.80 2.712 64.00 3.254 111.3
SOIL          T-Z  3.616 152.4 3.6161524.0
SOIL LATERAL HEAD 13     YEXP 76.20  0.10SUE2CONDUCTOR 30°
SOIL P-Y      SLOCSM  8  0.00      1.01
SOIL          P-Y  0.  0.0  1.  2.1  2.  7.6  3.  22.9  4.  76.2
SOIL          P-Y  6. 228.6  0.1143.0  0.1524.0
SOIL P-Y      SLOCSM  8  1.52      1.01
SOIL          P-Y  0.  0.  5.  2.1  7.  7.6  10. 22.9  15. 76.2
SOIL          P-Y  22. 228.6  9.1143.0  9.1524.0
SOIL P-Y      SLOCSM  8  3.35      1.01
SOIL          P-Y  0.  0.  9.  2.1  14. 7.6  20. 22.9  30. 76.2
SOIL          P-Y  43. 228.6  27.1143.0  27.1524.0
SOIL P-Y      SLOCSM  8  4.88      1.01
.
.
SOIL          P-Y  212. 114.3  212.1524.0
SOIL P-Y      SLOCSM  7  31.09     1.01
SOIL          P-Y  0.  0.  113.  1.0  174.  3.8  257.  11.4  378.  38.1
SOIL          P-Y  544. 114.3  544.1524.0
SOIL P-Y      SLOCSM  8  31.10     1.01
SOIL          P-Y  0.  0.  1969.  6.0 3282.  10.7 4333.  15.4 5449.  23.1
SOIL          P-Y  6237. 35.6 6449.  51.5 6565.1524.0
SOIL P-Y      SLOCSM  8  42.37     1.01
SOIL          P-Y  0.  0.  3079.  6.9 5132.  12.3 6775.  17.7 8520.  26.5
SOIL          P-Y  9752. 40.910162.  59.110265.1524.0
END

```

4.1.4. Resultados del análisis

En esta sección se presentan los resultados del análisis estático en Sitio de la plataforma ONEL-A, en los listados de abajo se pueden observar los parámetros que se consideran y los puntos importantes que señala el *software* en relación a la ejecución del análisis.

```

***** SACS MODEL PARAMETERS *****

NUMBER OF JOINTS ..... 1373

NUMBER OF MEMBERS ..... 2687

NUMBER OF PLATES ..... 23

NUMBER OF SHELL ELEMENTS ..... 0

NUMBER OF SOLID ELEMENTS ..... 0

NUMBER OF BASIC LOADS ..... 48

NUMBER OF COMBINED LOADS ..... 0

UNITY CHECK ..... API RP2A 21ST/AISC 9TH

JOINT DEFLECTION REPORT .....YES

GROUP SUMMARY REPORT .....YES

ELEMENT STRESS AT MAXIMUM UC REPORT .....YES

MEMBER INTERNAL LOADS SUMMARY REPORT .....NO

ELEMENT UNITY CHECK REPORT .....NO

ELEMENT DETAIL REPORT .....NO

MEMBER END FORCES AND MOMENTS REPORT .....NO

JOINT REACTIONS REPORT .....YES

HYDROSTATIC PARAMETERS

... VERTICAL COORDINATE..... +Z

... WATER DEPTH ..... 76.86 M

... MUDLINE ELEVATION ..... -76.86 M

... WATER DENSITY..... 1.03 SPG

... REDESIGN PARAMETERS

    RING HEIGHT INCR..... 10.000 CM

    RING THICKNESS INCR..... 0.635 CM

    REDESIGN TYPE..... RINGS ONLY

    INITIAL RING SPACING.... MEMBER LENGTH

... BUOYANCY OPTION..... MARINE

... ALPHA FACTOR ..... 0.800

... SAFETY FACTORS

    AXIAL COMPRESSION..... 2.000

    AXIAL TENSION..... 1.670

    HOOP COMPRESSION..... 2.000
    
```

Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

*** SACS POST PROCESSOR COMMENTS ***

** THE USER SHOULD TAKE NOTE OF THE FOLLOWING COMMENTS REGARDING THE SACS POST PROCESSOR OUTPUT **

BEAMS

- (1) INTERNAL LOADS FOR MEMBERS ARE PRESENTED IN THE CLASSICAL ENGINEERING SIGN CONVENTION AS DESCRIBED BY TIMOSHENKO
- (2) IF THE AXIAL COMPRESSIVE LOAD ON A MEMBER EXCEEDS THE EULER BUCKLING LOAD, THEN THE AXIAL UNITY CHECK VALUE FOR THE MEMBER IS AUGMENTED BY 100 TO INDICATE THAT THE MEMBER HAS BUCKLED
- (3) THE MAXIMUM COMBINED UNITY CHECK CAN BE THE MAXIMUM SHEAR UNITY CHECK IF IT IS GREATER THAN THE MAXIMUM UNITY CHECK DUE TO BENDING AND AXIAL LOAD
- (4) THE FOLLOWING ABBREVIATIONS ARE USED TO DESCRIBE THE CRITICAL UNITY CHECK CONDITIONS:
 - TN+BN - TENSION PLUS BENDING
 - BEND - BENDING ONLY (COMP. ALLOWABLES)
 - C<.15 - COMPRESSION WITH AXIAL LOAD RATIO <.15 (AISC H1-3)
 - C>.15A - COMPRESSION/BENDING INTERACTION WITH CM'S AND AXIAL LOAD AMPLIFICATION (AISC H1-1)
 - C>.15B - COMPRESSION/BENDING INTERACTION WITHOUT CM'S AND WITHOUT AXIAL LOAD AMPLIFICATION (AISC H1-2)
 - SHEAR - EXCEEDS SHEAR ALLOWABLE
 - L.BEND - CONES: LOCAL BENDING AT CONE - CYL. INTERFACE
 - HOOP - CONES: HOOP COMPRESSION OR TENSION
 - EULER - EULER BUCKLING
 - HYDRO - HYDROSTATIC COLLAPSE

(NOTE) BEAM MEMBERS WITH ELASTIC MODULUS BETWEEN 9000 KSI (62.1 GPa) AND 11000 KSI (75.8 GPa) ARE CONSIDERED ALUMINUM AND THE ALUMINUM CONSTRUCTION MANUAL-SPEC FOR ALUMINUM STRUCTURES 5TH EDITION 1986 IS APPLIED.

PLATES

- (1) MEMBRANE STRESSES ARE GIVEN AT THE NEUTRAL AXIS OF THE PLATE IN THE LOCAL COORDINATE SYSTEM OF THE PLATE. ALSO THE PRINCIPAL MEMBRANE STRESS AND MAXIMUM SHEAR STRESS ARE GIVEN
- (2) THE DIRECT STRESSES RESULTING FROM OUT OF PLANE BENDING ARE GIVEN AT THE UPPER SURFACE OF THE PLATE (POSITIVE LOCAL Z DIRECTION) IN THE LOCAL COORDINATE SYSTEM OF THE PLATE. ALSO THE PRINCIPAL BENDING STRESS AND MAXIMUM SHEAR STRESS ARE GIVEN
- (3) THE MAXIMUM PRINCIPAL STRESS AND MAXIMUM SHEAR STRESS FOR THE COMBINED MEMBRANE AND BENDING STRESS ARE GIVEN. THE UNITY CHECK VALUE IS BASED ON THESE STRESSES

4.1.4.1. Desplazamientos nodales

Los desplazamientos máximos en los nodos se enuncian en el siguiente listado, por cada caso de carga se muestra el nodo con mayor desplazamiento es decir, para el caso de carga resaltado T180 (T180: tormenta en dirección de incidencia 180° en posición 1 de la torre de perforación) en la junta 2216 se obtuvo un desplazamiento máximo de 57.55 cm y se presentó en la dirección X mientras que para este misma combinación en el nodo 3354 se desplazó en Y, 2.22 cm.

En el siguiente listado se resalta el desplazamiento máximo en los nodos y se indica el significado de cada concepto en la tabla 23.

Tabla 23. Variables contenidas en la tabla de "Maximum joint deflection report"

1	2	3	4	5	6	7
LOAD CASE	X- DIRECTION		Y- DIRECTION		Z- DIRECTION	
	JOINT	DEFLECTION CM	JOINT	DEFLECTION CM	JOINT	DEFLECTION CM

- 1 CASO DE CARGA
- 2 JUNTA
- 3 DESPLAZAMIENTO EN EL SENTIDO X (CM)
- 4 JUNTA
- 5 DESPLAZAMIENTO EN EL SENTIDO Y (CM)
- 6 JUNTA
- 7 DESPLAZAMIENTO EN EL SENTIDO Z (CM)

***** MAXIMUM JOINT DEFLECTION REPORT *****							
1	2	3	4	5	6	7	
LOAD CASE	*** X-DIRECTION ***	*** Y-DIRECTION ***	*** Z-DIRECTION ***	JOINT	DEFLECTION CM	JOINT	DEFLECTION CM
O000	3439	-2.5460	2216	2.6358	3100	-12.6710	
O045	3361	-4.2687	3472	6.9186	3100	-12.7740	
O090	3361	-10.1195	3472	9.3709	3100	-13.0161	
O135	3439	-16.2582	2216	6.9242	3100	-13.2242	
O180	2216	-17.8992	2216	2.5720	3100	-13.2354	
O225	2216	-16.2795	405P	-3.5280	3100	-13.1687	
O270	2216	-10.4468	805P	-5.8414	3100	-12.9499	
O315	3497	-4.3138	805P	-3.7079	3100	-12.7126	
P000	808P	-1.8658	2216	2.2209	3100	-12.6769	
P045	3013	-3.4708	3472	6.4116	3100	-12.7786	
P090	3361	-9.2018	3472	8.8811	3100	-13.0179	
P135	3361	-15.2607	2216	6.5368	3100	-13.2249	
P180	2216	-16.8274	2216	2.1802	3100	-13.2383	
P225	2216	-15.1770	805P	-3.5463	3100	-13.1735	
P270	3497	-9.4051	805P	-5.9273	3100	-12.9566	
P315	3017	-3.3588	805P	-3.8055	3100	-12.7207	
Q000	808P	-1.4467	2216	1.7681	3100	-12.6832	
Q045	804P	-3.1037	2216	5.9281	3100	-12.7827	
Q090	3013	-8.4258	3472	8.4016	3100	-13.0197	
Q135	3361	-14.5022	2216	6.1090	3100	-13.2259	
Q180	3497	-16.0767	3354	1.8152	3100	-13.2416	
Q225	3497	-14.4435	3015	-3.6544	3100	-13.1781	
Q270	3497	-8.6638	3014	-6.0355	3100	-12.9640	
Q315	808P	-2.9193	805P	-3.9219	3100	-12.7292	
T000	3411	38.2817	2216	2.0581	0607	-11.1880	
T045	2216	26.1004	3472	24.6834	0620	-10.1077	
T090	3349	-11.3436	3472	35.2131	3100	-11.3039	
T135	3349	-44.0632	3472	25.7026	3100	-12.2484	
T180	2216	-57.5594	3354	2.2217	3100	-12.6189	
T225	2216	-47.4910	3031	-23.2769	3100	-12.2690	
T270	3497	-11.9430	3031	-32.2548	3100	-11.1548	
T315	3355	26.5323	3031	-21.8287	0622	-10.0619	
U000	2216	39.2369	2216	1.7951	0607	-11.3220	
U045	2216	27.1234	3472	24.3440	0620	-10.2189	
U090	3349	-10.5918	3472	34.8690	3100	-11.2930	
U135	3349	-43.3701	3472	25.3203	3100	-12.2397	
U180	2216	-56.6341	3354	1.8562	3100	-12.6158	
U225	2216	-46.5242	3031	-23.2309	3100	-12.2749	
U270	3497	-11.0227	3031	-32.1495	3100	-11.1741	
U315	3355	27.1114	3031	-21.7063	0622	-10.2042	
V000	2216	39.9018	2216	1.4977	0607	-11.4484	
V045	2216	27.8579	3472	24.0008	0620	-10.3230	
V090	3211	-9.9577	3439	34.5256	3100	-11.2815	
V135	3349	-42.7481	3472	24.9405	3100	-12.2305	
V180	2216	-55.9918	3354	1.5681	3100	-12.6127	
V225	2216	-45.8380	3031	-23.2773	3100	-12.2815	
V270	3497	-10.3841	3358	-32.1789	3100	-11.1947	
V315	3355	27.6347	3031	-21.6906	0622	-10.3425	

En las imágenes 30 a 32, se presentan la configuración deformada de la plataforma para los casos de carga de T000 (Condición de tormenta a 0°), T045 (Condición de tormenta a 45°) y T090 (Condición de tormenta a 90°), correspondiente a la posición 1 de la torre de perforación.

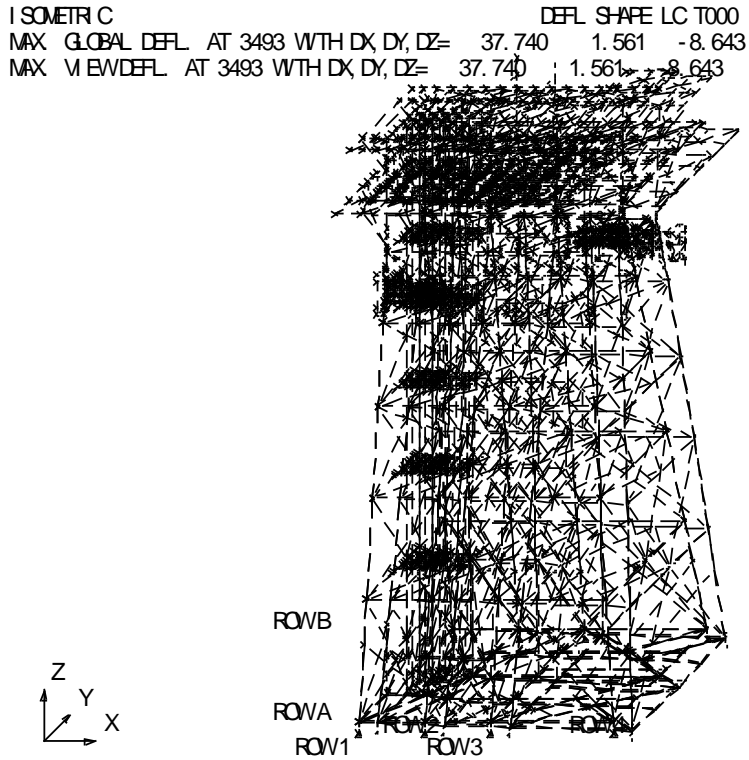


Figura 31. Desplazamientos máximos combinación de carga T000 (Tormenta 0° posición 1)

ISOMETRIC DEFL SHAPE LC T045
 MAX GLOBAL DEFL. AT 2216 WTH DX, DY, DZ= 26.119 23.779 -5.907
 MAX VIEW/DEFL. AT 2216 WTH DX, DY, DZ= 26.119 23.779 -5.997

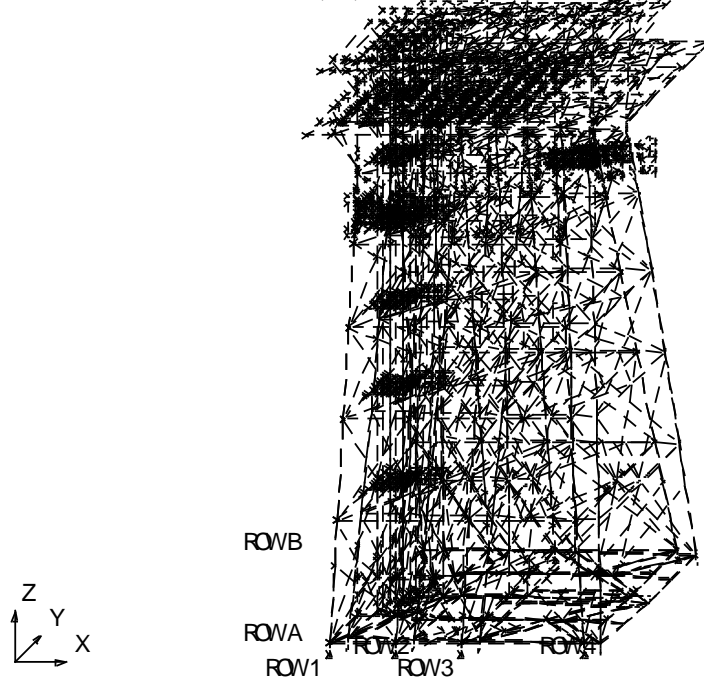


Figura 32. Desplazamientos máximos combinación de carga T045 (Tormenta 45° posición 1)

ISOMETRIC DEFL SHAPE LC T090
 MAX GLOBAL DEFL. AT 3358 WTH DX, DY, DZ= -10.920 35.189 -5.883
 MAX VIEW/DEFL. AT 3358 WTH DX, DY, DZ= -10.920 35.189 -5.883

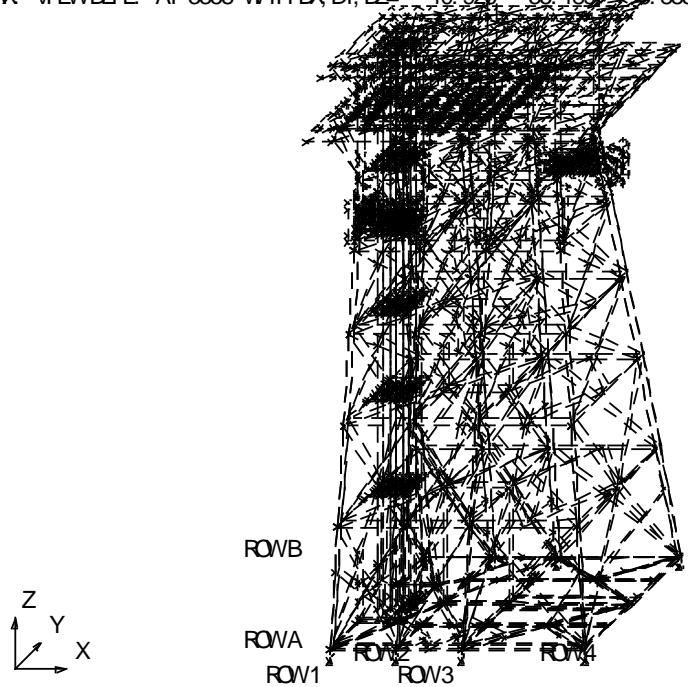


Figura 33. Desplazamientos máximos combinación de carga T090 (Tormenta 90° posición 1).

De las imágenes presentadas se puede concluir que en las combinaciones de tormenta para dirección de ola de 0° y 45°, el desplazamiento máximo ocurre en la dirección X de la plataforma marina, mientras que en la dirección de ola a 90° el desplazamiento máximo de la estructura se presenta en la dirección Y.

4.1.4.2. Relación de esfuerzos

Los esfuerzos máximos en los elementos se enlistan a continuación, los valores están expresados mediante la relación de esfuerzos actuantes entre esfuerzos permisibles, con la notación UC, en base al código API-RP-2A (WSD) el *software* evalúa los elementos para cada caso de carga y bajo los efectos de esfuerzos: por flexión en Y, flexión en Z y esfuerzos axiales.

Se indica a continuación el significado de las variables de la tabla obtenida de SACS 5.6 “Member group summary”.

Tabla 24. Variables contenidas en la tabla de "Member group summary"

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	APPLIED STRESSES			ALLOWABLE STRESSES				CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS		CM VALUES	
					AXIAL KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM	AXIAL KGSMM	EULER KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM		KLY M	KLZ M	Y	Z

1	NOMBRE DEL GRUPO	7	ESFUERZO A FLEXIÓN ALREDEDOR DEL EJE Y (KG/MM ²)	14	LONGITUD EFECTIVA KLY (M)
2	MIEMBRO CRITICO	8	ESFUERZO A FLEXIÓN ALREDEDOR DEL EJE Z (KG/MM ²)	15	LONGITUD EFECTIVA KLZ (M)
3	CONDICIÓN DE CARGA	9	ESFUERZOS PERMISIBLES - AXIAL (KG/MM ²)	16	FACTOR DE ORRECIÓN DE MOMENTOS
4	MÁXIMA RELACIÓN DE ESFUERZOS	10	ESFUERZOS PERMISIBLES - EULER (KG/MM ²)		ALREDEDOR DEL EJE Y
5	DISTANCIA DESDE EL FINAL (M) SECCIONES	11	ESFUERZOS PERMISIBLES - FLEXIÓN EN EL EJE Y (KG/MM ²)	17	FACTOR DE CORRECIÓN DE MOMENTOS
6	ESFUERZO AXIAL (KG/MM ²)	12	ESFUERZOS PERMISIBLES - FLEXIÓN EN EL EJE Z (KG/MM ²)		ALREDEDOR DEL EJE Z
		13	CONDICIÓN CRITICA POR ESFUERZOS		

* cm=0.85 PARA MIEMBROS CUYOS EXTREMOS ESTAN RESTRINGIDOS CONTRA LA ROTACIÓN EN EL PLANO DE LA FLEXIÓN.

Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

SACS-IV MEMBER UNITY CHECK RANGE SUMMARY

GROUP III - UNITY CHECKS GREATER THAN 1.00

** NO UNITY CHECKS IN THIS GROUP **

*** MEMBER GROUP SUMMARY ***

API RP2A 21ST/AISC 9TH																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	* APPLIED STRESSES *			*** ALLOWABLE STRESSES ***			CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS		* CM VALUES *		
					AXIAL KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM	AXIAL KGSMM	EULER KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM		KLY M	KLZ M	Y	Z
10T	3357-3372	O135	0.59	0.0	-0.12	-9.45	-0.14	13.17	165.69	16.71	18.99	C<.15	1.2	1.2	0.85	0.85
11V	0028-504X	T135	0.49	3.7	-5.79	-1.02	-1.99	14.62	23.23	25.26	25.26	C>.15A	8.0	15.8	0.85	0.85
1VA	0012-0011	T180	0.95	0.0	-13.31	-2.11	0.75	16.06	35.56	25.26	25.26	C>.15A	13.9	13.9	0.85	0.85
20V	505L-4C1X	T315	0.47	0.0	-5.03	1.40	2.10	13.96	19.87	25.26	25.26	C>.15A	8.9	19.1	0.85	0.85
22V	0703-402X	V090	0.33	1.4	-4.20	-1.00	0.01	14.03	20.20	25.26	25.26	C>.15A	5.6	19.1	0.85	0.85
27H	503L-0207	T180	0.21	0.0	1.00	-3.93	0.08	20.21	13.78	25.26	25.26	TN+BN	17.6	17.6	0.85	0.85
2VA	0001-5A2X	T090	0.27	0.0	-3.11	-0.93	1.56	15.62	30.79	25.26	25.26	C>.15A	6.9	13.8	0.85	0.85
30V	402L-3C2X	V090	0.34	0.0	-4.17	1.09	-0.39	13.94	19.81	25.26	25.26	C>.15A	10.5	22.1	0.85	0.85
32V	0702-3C2X	V090	0.34	1.3	-4.23	-1.07	-0.12	14.03	20.22	25.26	25.26	C>.15A	6.5	22.1	0.85	0.85
35H	0301-403L	T225	0.26	0.0	-1.71	-0.44	-3.54	13.90	19.60	25.26	25.26	C<.15	13.3	13.3	0.85	0.85
3VA	0002-5A2X	V045	0.35	0.0	-4.87	-0.02	-1.01	15.61	30.66	25.26	25.26	C>.15A	6.9	13.8	0.85	0.85
48H	0401-303L	T315	0.15	16.4	-1.48	-1.07	-0.47	13.93	19.73	25.26	25.26	C<.15	14.7	14.7	0.85	0.85
51V	0254-0258	V135	0.08	0.0	-0.08	1.82	0.32	16.44	40.80	25.26	25.26	C<.15	6.5	13.7	0.85	0.85
68H	107L-0627	V180	0.16	0.0	-1.47	-0.30	1.09	12.58	15.07	25.26	25.26	C<.15	16.9	4.0	0.85	0.85
A01	0583-0582	T315	0.06	0.6	-1.18	-0.07	0.32	22.69	54.73	35.06	35.06	C<.15	13.1	13.1	0.85	0.85
A02	0503-0582	T315	0.05	0.0	-0.98	-0.03	-0.42	23.90	79.44	35.06	35.06	C<.15	13.1	13.1	0.85	0.85
A03	0591-0589	T270	0.07	0.0	-1.29	-0.32	-0.06	28.63	78.74	35.06	35.06	L.BEND	13.1	13.1	0.85	0.85
A04	0501-0589	T270	0.04	0.0	-0.88	-0.26	0.04	24.67	107.92	35.06	35.06	C<.15	13.1	13.1	0.85	0.85
A05	0502-0588	T270	0.05	0.0	-0.98	-0.32	0.02	23.86	78.35	35.06	35.06	C<.15	13.1	13.1	0.85	0.85
A06	0590-0588	T270	0.05	0.0	-1.20	-0.26	-0.01	25.66	65.72	35.06	35.06	C<.15	13.1	13.1	0.85	0.85
A07	8133-0614	T270	0.11	1.2	-0.34	3.38	0.01	27.34	1357.73	35.06	35.06	C<.15	2.6	1.2	0.85	0.85
A11	606L-0101	V045	0.33	0.0	-3.07	-2.74	-3.25	16.64	44.30	25.26	25.26	C>.15A	9.7	4.0	0.85	0.85
A12	603L-0107	V315	0.47	0.0	-6.15	-1.73	2.25	16.66	44.50	25.26	25.26	C>.15A	9.7	4.7	0.85	0.85
A13	603L-604L	V000	0.63	10.7	-7.55	-4.80	-0.52	17.22	57.25	25.26	25.26	C>.15A	8.5	8.5	0.85	0.85
A14	604L-608L	V000	0.48	12.4	-6.12	1.17	-3.12	17.42	63.73	24.79	24.79	C>.15A	9.9	9.9	0.85	0.85
A15	601L-0109	O270	0.91	0.0	-8.60	-3.54	2.45	12.75	38.17	18.64	18.64	C>.15A	11.2	2.8	0.85	0.85
A16	0113-0114	O135	0.29	0.0	-4.02	1.20	0.52	16.65	35.74	26.36	26.36	C>.15A	11.2	1.6	0.85	0.85
A17	606L-0103	O135	0.91	0.0	-8.38	-4.33	-0.30	12.77	38.68	18.64	18.64	C>.15A	11.2	5.6	0.85	0.85
A18	607L-0104	O090	0.48	0.0	-3.90	-3.30	0.85	12.65	36.02	18.99	18.99	C>.15A	11.2	5.6	0.85	0.85
A21	501L-0202	T000	0.21	0.0	-1.86	-0.67	2.27	16.65	44.45	25.26	25.26	C<.15	9.7	6.0	0.85	0.85
A22	507L-0205	U045	0.23	0.0	-2.44	-0.04	-2.04	16.69	45.22	25.26	25.26	C<.15	9.7	4.7	0.85	0.85
A23	507L-508L	U135	0.22	0.0	-1.57	-2.60	1.98	16.62	43.84	25.26	25.26	C<.15	9.8	9.8	0.85	0.85
A24	504L-508L	T180	0.36	15.4	4.12	-1.64	3.43	20.21	41.00	24.79	24.79	TN+BN	12.3	12.3	0.85	0.85
A25	505L-0219	V090	0.28	0.0	-2.13	-3.40	-0.89	15.92	33.85	24.79	24.79	C<.15	13.6	4.2	0.85	0.85
A26	0217-0219	V135	0.08	0.0	-1.44	0.08	0.44	20.26	32.07	35.06	35.06	C<.15	13.6	1.6	0.85	0.85
A27	502L-0203	V315	0.16	0.0	2.05	-1.33	-0.06	20.21	34.17	24.79	24.79	TN+BN	13.6	6.9	0.85	0.85
A28	507L-0204	O135	0.08	0.0	0.36	-1.13	0.14	15.19	24.25	18.99	18.99	TN+BN	13.6	6.9	0.85	0.85
A31	401L-402L	T225	0.29	0.0	-3.70	-1.11	-1.89	17.32	60.26	25.26	25.26	C>.15A	8.4	8.4	0.85	0.85
A32	402L-403L	T270	0.47	0.0	-6.83	-0.18	-1.56	16.86	48.54	25.26	25.26	C>.15A	8.4	8.4	0.85	0.85
A33	403L-404L	U315	0.32	14.0	-3.64	-1.17	-2.16	15.93	33.97	25.26	25.26	C>.15A	11.2	11.2	0.85	0.85
A34	408L-0303	V000	0.23	0.0	-2.94	0.92	-0.05	15.13	26.60	25.26	25.26	C>.15A	16.6	8.6	0.85	0.85
A35	401L-0304	V225	0.32	0.0	-2.75	-2.61	3.03	15.13	26.65	25.26	25.26	C>.15A	16.6	5.8	0.85	0.85
A36	0304-0305	V225	0.13	0.0	-1.47	0.53	-1.76	19.01	26.05	35.06	35.06	C<.15	16.5	1.6	0.85	0.85
A37	406L-0301	T225	0.17	0.0	-1.60	-0.36	1.46	15.14	26.68	25.26	25.26	C<.15	16.6	8.6	0.85	0.85
A43	303L-0404	T180	0.22	0.0	1.15	-4.00	-0.78	20.21	31.32	25.26	25.26	TN+BN	14.1	7.2	0.85	0.85
A44	308L-0403	T180	0.19	0.0	2.43	-1.65	0.83	20.21	25.08	25.26	25.26	TN+BN	19.7	10.4	0.85	0.85
A45	301L-0451	V225	0.24	7.2	-2.36	0.28	-2.11	13.89	19.57	25.26	25.26	C>.15A	22.2	8.3	0.85	0.85
A46	0451-0452	V225	0.13	0.6	-1.44	0.26	-1.50	16.65	18.92	35.06	35.06	C<.15	22.2	8.3	0.85	0.85
A47	0452-0406	V225	0.09	0.6	-1.19	0.23	-1.13	19.39	27.62	35.06	35.06	C<.15	22.2	8.3	0.85	0.85
A48	306L-0401	T225	0.10	0.0	-0.78	1.17	0.43	14.92	25.14	25.26	25.26	C<.15	19.7	10.4	0.85	0.85
A49	307L-0402	T315	0.09	0.0	-0.60	0.99	-0.58	14.91	25.09	25.26	25.26	C<.15	19.7	10.4	0.85	0.85
A51	205L-206L	V225	0.25	0.0	2.83	-2.67	1.01	20.21	68.46	25.26	25.26	TN+BN	8.4	9.5	0.85	0.85
A52	202L-203L	T315	0.32	10.5	-4.07	-1.72	-0.76	16.27	38.35	25.26	25.26	C>.15A	8.4	9.5	0.85	0.85
A53	203L-0504	T180	0.26	0.0	-1.44	-4.09	-0.68	14.86	24.70	25.26	25.26	C<.15	15.9	8.2	0.85	0.85
A54	0583-208L	T270	0.15	10.7	-2.09	0.04	0.62	17.20	56.85	25.26	25.26	C<.15	13.0	13.0	0.85	0.85
A55	0595-205L	T270	0.27	8.7	-2.18	3.26	-1.40	17.20	56.71	25.26	25.26	C<.15	13.0	10.3	0.85	0.85
A56	0595-0594	T270	0.11	0.6	-1.33	-1.62	-0.87	22.69	54.73	35.06	35.06	C<.15	13.1	10.3	0.85	0.85
A57	0511-0594	T270	0.09	0.0	-1.10	-1.47	0.76	23.90	79.45	35.06	35.06	C<.15	13.1	10.3	0.85	0.85
A58	0591-206L	T270	0.18	10.7	-2.44	0.82	-0.13	17.20	56.89	25.26	25.26	C<.15	13.0	13.0	0.85	0.85
A59	0590-207L	T270	0.16	10.7	-2.32	0.72	-0.04	17.20	56.88	25.26	25.26	C<.15	13.0	13.0	0.85	0.85
A61	105L-106L	V180	0.24	0.0	-1.75	-3.33	0.97	17.11	54.31	25.26	25.26	C<.15	10.5	8.4	0.85	0.85
A62	107L-0608	V000	0.23	0.0	1.62	-3.86	-0.32	20.21	66.66	25.26	25.26	TN+BN	9.7	5.3	0.85	0.85
A63	107L-108L	V180	0.21	0.0	0.77	-4.21	0.32	20.21	13.69	25.26	25.26	TN+BN	20.9	20.9	0.85	0.85
A64	104L-0612	P270	0.40	0.0	0.76	-6.69	-0.54	15.19	24.16	18.99	18.99	TN+BN	17.2	7.8	0.85	0.85
A66	8129-105L	T225	0.13	8.6	-0.52	2.47	-0.65	18.50	133.61	25.26	25.26	C<.15	7.7	8.4	0.85	0.85
A67	8138-106L	V090	0.15	6.6	0.40	-3.25	-0.12	20.21	45.24	25.26	25.26	TN+BN	14.5	6.6	0.85	0.85
A68	8139-0605	V090	0.13	0.0	-0.31	2.70	0.06	16.64	44.25	25.26	25.26	C<.15	14.8	7.4	0.85	0.85
A69	8136-107L	V090	0.18	6.6	0.80	-3.66	0.09	20.21	70.53	25.26	25.26	TN+BN	11.6	6.6	0.85	0.85
A70	0603-8129	T225	0.06	0.0	-0.42	-1.46	0.24	27.83	*****	35.06	35.06	C<.15	0.8	0.9	0.85	0.85
A71	0612-0622	O045	0.24	5.2	-1.10	2.83	0.07	11.88	24.51	18.99	18.99	C<.15	17.2	6.4	0.85	0.85
A72	0620-0615	O315	0.24	1.2	-1.13	2.83	0.06	11.88	24.51	18.99	18.99	C<.15	17.2	6.4	0.85	0.85
B11	3206-3208	O000	0.10	0.0	0.01	-2.62	0.27	21.09	52.							

Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

* * * M E M B E R G R O U P S U M M A R Y * * *																
API RP2A 21ST/AISC 9TH																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	* APPLIED STRESSES * AXIAL KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM	*** ALLOWABLE STRESSES *** AXIAL KGSMM	EULER KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM	CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS M	KLZ M	* VALUES * Y	CM Z
H66	0603-0632	T270	0.21	0.0	-0.22	-4.76	1.79	18.77	175.44	25.26	25.26	C<.15	4.9	4.9	0.85	0.85
H67	0605-0619	V225	0.22	0.0	-1.32	-2.85	0.15	12.49	14.83	25.26	25.26	C<.15	16.8	8.9	0.85	0.85
H68	0616-0626	T180	0.17	0.6	-1.49	1.26	-0.17	12.46	14.77	25.26	25.26	C<.15	16.9	4.7	0.85	0.85
H69	0608-0627	T045	0.16	4.6	-0.26	-3.68	-0.34	16.80	47.20	25.26	25.26	C<.15	8.4	4.2	0.85	0.85
H70	0605-0606	T000	0.16	11.4	1.46	-2.16	0.00	20.21	25.70	25.26	25.26	TN+BN	11.4	9.1	0.85	0.85
H71	0624-0617	U315	0.23	9.1	-0.09	-5.64	0.03	8.18	8.18	25.26	25.26	C<.15	22.7	9.1	0.85	0.85
H72	0625-0607	T045	0.14	2.7	-0.78	0.98	-0.78	8.13	8.13	25.26	25.26	C<.15	22.7	2.5	0.85	0.85
H73	0621-0625	T180	0.15	0.0	-0.31	-3.14	-0.05	11.46	12.53	25.26	25.26	C<.15	18.0	17.3	0.85	0.85
H74	0618-0615	O090	0.32	0.0	-0.43	-4.12	-0.22	4.01	4.01	18.99	18.99	C<.15	22.5	9.4	0.85	0.85
H76	0630-0610	T270	0.35	0.0	1.61	-6.85	0.29	20.21	166.00	25.26	25.26	TN+BN	4.0	4.0	0.85	0.85
H81	0618-0895	V180	0.26	1.1	1.39	4.79	0.42	20.21	8.23	25.26	25.26	TN+BN	22.7	12.7	0.85	0.85
H82	0613-0629	V180	0.24	0.0	-1.20	4.26	-0.05	16.88	49.04	25.26	25.26	C<.15	8.4	5.8	0.85	0.85
H83	0628-0609	V180	0.25	3.1	-1.12	4.57	-0.16	16.90	49.39	25.26	25.26	C<.15	8.4	2.8	0.85	0.85
L11	108L-0952	T225	0.27	3.0	-3.49	1.40	-1.19	18.00	251.30	22.19	22.19	C>.15A	13.6	13.6	0.85	0.85
L12	0954-201L	T225	0.26	4.9	4.01	-1.38	-0.30	20.21	823.10	22.19	22.19	TN+BN	8.0	8.0	0.85	0.85
L20	107L-0958	T270	0.18	4.8	-2.30	1.17	-0.63	18.813321.17	22.19	22.19	22.19	C<.15	4.8	4.8	0.85	0.85
L21	0958-151L	V090	0.26	5.8	2.90	-2.56	-0.05	20.211056.51	22.19	22.19	22.19	TN+BN	6.5	6.5	0.85	0.85
L22	151L-207L	V090	0.26	1.7	3.02	-2.35	0.04	20.21	464.64	22.19	22.19	TN+BN	10.1	10.1	0.85	0.85
L31	206L-250L	V135	0.26	7.1	4.58	-0.33	0.57	20.21	621.76	22.19	22.19	TN+BN	8.9	8.9	0.85	0.85
L32	250L-306L	V135	0.28	6.5	4.75	0.43	0.99	20.21	616.44	22.19	22.19	TN+BN	8.9	8.9	0.85	0.85
L41	306L-350L	T090	0.41	6.8	6.98	-1.39	0.02	20.21	725.12	22.19	22.19	TN+BN	8.2	8.2	0.85	0.85
L42	350L-406L	T090	0.40	1.9	7.10	-0.98	-0.26	20.21	851.84	22.19	22.19	TN+BN	7.7	7.7	0.85	0.85
L51	406L-450L	V135	0.46	6.2	8.04	-1.24	0.74	20.21	839.54	23.63	23.63	TN+BN	7.6	7.6	0.85	0.85
L52	450L-506L	V135	0.48	1.9	8.16	-1.37	1.14	20.211023.37	23.63	23.63	23.63	TN+BN	7.1	7.1	0.85	0.85
L60	007L-107L	O315	0.00	2.1	0.02	-0.01	0.00	21.097689.04	25.58	25.58	25.58	TN+BN	2.1	2.1	0.85	0.85
L62	208L-308L	T225	0.53	14.9	-8.51	0.42	0.91	17.56	142.82	22.19	22.19	C>.15A	18.0	18.0	0.85	0.85
L63	308L-408L	T225	0.65	3.0	-11.02	0.82	0.67	17.75	177.51	22.19	22.19	C>.15A	16.1	16.1	0.85	0.85
L64	408L-508L	T225	0.78	12.6	-13.45	1.31	0.91	18.72	207.09	23.63	23.63	C>.15A	14.9	14.9	0.85	0.85
L65	0916-608L	T225	0.33	3.1	-7.87	-1.47	-0.41	28.054780.74	34.02	34.02	34.02	C>.15B	3.1	3.1	0.85	0.85
L66	0914-8117	T225	0.40	2.2	-8.94	2.10	1.66	28.059671.31	34.02	34.02	34.02	C>.15B	2.2	2.2	0.85	0.85
L67	608L-708L	T225	0.40	0.0	-9.58	-1.89	-0.44	28.05*****	34.02	34.02	34.02	C>.15B	0.8	0.8	0.85	0.85
OC1	3291-0046	O180	0.53	0.0	0.66	-9.14	0.08	15.19	96.67	18.99	18.99	TN+BN	4.6	4.6	0.85	0.85
OC2	3451-0059	O135	0.34	0.0	2.36	-3.44	0.30	15.19	24.35	18.99	18.99	TN+BN	9.2	9.2	0.85	0.85
PB1	0617-0951	T225	0.16	0.0	0.88	1.31	-2.68	20.21	15.62	25.26	25.26	TN+BN	16.6	16.6	0.85	0.85
PB2	0895-0958	V180	0.22	0.0	2.00	-3.04	-0.39	20.21	35.75	25.26	25.26	TN+BN	6.9	6.9	0.85	0.85
PL0	005P-105P	T180	0.83	2.1	-9.37	1.68	17.46	28.058260.51	35.06	35.06	35.06	C>.15B	2.1	2.1	0.85	0.85
PTL	3325-3348	P270	0.17	0.0	-0.54	-3.29	-0.26	19.811195.68	22.64	22.64	22.64	C<.15	6.3	6.3	0.85	0.85
T-1	3440-3441	O135	0.87	0.5	1.58	-4.32	0.09	15.198326.21	16.71	18.99	18.99	SHEAR	0.5	0.5	0.85	0.85
T-2	3453-3454	O090	0.87	0.0	-0.04	-2.97	0.03	14.314697.72	16.71	18.99	18.99	SHEAR	0.6	0.6	0.85	0.85
T-3	3309-3310	O270	0.76	0.0	-0.08	-11.05	-1.74	11.90	107.89	16.71	18.99	C<.15	2.9	2.9	0.85	0.85
T-4	3473-3474	O270	0.93	2.3	0.62	-11.70	-3.58	15.19	173.86	16.71	18.99	TN+BN	2.3	2.3	0.85	0.85
T-5	3226-0038	O000	0.98	0.0	0.30	-15.91	0.21	15.19	15.77	16.71	18.99	TN+BN	5.0	5.0	0.85	0.85
T-6	3276-3291	O090	0.97	3.3	0.60	-15.49	-0.10	15.19	125.03	16.71	18.99	TN+BN	3.3	3.3	0.85	0.85
T-7	3495-3496	O315	0.72	0.0	0.12	-9.40	-2.70	15.19	59.17	16.71	18.99	TN+BN	2.8	2.8	0.85	0.85
T-8	3279-3287	O090	0.82	2.0	0.05	-12.70	-1.00	15.19	410.07	16.71	18.99	TN+BN	2.0	2.0	0.85	0.85
T1A	3442-3441	O135	0.66	2.0	-0.46	-4.60	-0.08	17.15	425.19	23.20	26.36	SHEAR	2.0	2.0	0.85	0.85
T1B	3452-3453	O045	0.62	0.6	0.65	-2.90	0.09	21.094866.16	23.20	26.36	26.36	SHEAR	0.6	0.6	0.85	0.85
T2A	3442-3435	T000	0.82	0.0	0.10	-2.20	17.40	20.21	420.55	20.21	25.26	TN+BN	2.0	2.0	0.85	0.85
V-1	3292-3336	O315	0.48	2.4	-3.55	4.45	-1.15	15.193202.58	18.99	18.99	18.99	C>.15B	2.4	2.4	0.85	0.85
V-2	3020-3233	O315	0.65	0.0	-8.27	-1.51	1.11	14.55	308.81	18.99	18.99	C>.15A	7.6	7.6	0.85	0.85
V-5	3273-3287	O090	0.48	4.7	-0.16	-8.92	-0.23	13.47	64.38	18.99	18.99	C<.15	4.7	4.7	0.85	0.85
V-7	807P-3320	P135	0.65	0.0	-5.14	-3.26	-0.90	11.46	20.67	18.99	18.99	C>.15A	12.3	12.3	0.85	0.85
V-8	3333-3439	O045	0.87	0.0	-8.31	-4.99	-1.31	13.56	69.62	18.99	18.99	C>.15A	6.6	6.6	0.85	0.85
V-9	808P-3332	O090	0.48	0.0	-2.37	-4.01	0.09	9.49	11.42	18.99	18.99	C>.15A	16.8	16.8	0.85	0.85
V10	0016-5C1X	T315	0.52	7.5	-6.60	-0.29	1.40	14.70	23.69	25.26	25.26	C>.15A	9.7	15.7	0.85	0.85
V11	605L-0019	T315	0.45	0.0	-4.79	1.42	2.69	14.74	23.96	25.26	25.26	C>.15A	8.0	15.8	0.85	0.85
V12	0801-151L	V090	0.12	6.5	-1.00	-1.61	-0.02	18.79	179.34	25.26	25.26	C<.15	5.9	5.9	0.85	0.85
V13	0801-207L	V090	0.05	8.1	0.68	0.34	-0.12	20.21	72.65	25.26	25.26	TN+BN	9.2	9.2	0.85	0.85
V1A	208L-307L	V000	0.53	24.3	-6.88	1.55	0.50	14.96	25.42	25.26	25.26	C>.15A	19.5	19.5	0.85	0.85
V20	406L-0703	V090	0.36	4.8	-4.01	-2.00	-0.04	13.97	19.94	25.26	25.26	C>.15A	5.1	19.1	0.85	0.85
V21	501L-4C1X	V045	0.40	0.0	-4.08	0.96	-2.38	13.93	19.73	25.26	25.26	C>.15A	8.5	19.1	0.85	0.85
V2A	307L-2B2X	V225	0.73	0.0	-9.71	0.17	1.30	14.83	24.55	25.26	25.26	C>.15A	8.4	17.3	0.85	0.85
V30	405L-3C1X	T270	0.45	0.0	-5.51	1.11	0.78	13.94	19.80	25.26	25.26	C>.15A	10.5	22.1	0.85	0.85
V31	401L-3C1X	V090	0.40	0.0	-4.89	0.93	-0.76	13.90	19.63	25.26	25.26	C>.15A	10.2	22.2	0.85	0.85
V32	0802-3C3X	V090	0.32	1.3	-3.97	-1.03	0.01	14.03	20.19	25.26	25.26	C>.15A	6.5	22.1	0.85	0.85
V33	0402-3C3X	T180	0.20	0.0	0.29	-0.08	-4.72	20.21	70.45	25.26	25.26	TN+BN	7.0	7.0	0.85	0.85
V3A	306L-2B2X	V180	0.61	0.0	11.68	-0.27	0.71	20.21	24.45	25.26	25.26	TN+BN	8.1	17.2	0.85	0.85
V40	0251-305L	T270	0.34	19.8	-4.92	0.59	-0.12	15.53	29.94	25.26	25.26	C>.15A	17.8	15.8	0.85	0.85
V41	0501-0704	T270	0.34	0.0	-5.08	0.47	0.04	15.85	33.07	25.26	25.26	C>.15A	8.6	17.2	0.85	0.85
V4A	0811-208L	T180	0.92	12.2	-11.70	0.81	-0.30	13.40	17.64	25.26	25.26	C>.15A	11.0	23.4	0.85	0.85
V50	101L-0252	T270	0.54	0.0	-6.94	-0.83	0.56	13.97	19.93	25.26	25.26	C>.15A	13.4	21.9	0.85	0.85
V51	8131-0253	T225	0.13	4.9	0.07	3.25	0.48	20.21	49.86	25.26	25.26	TN+BN	12.1	12.1	0.85	0.85
V52	0605-0501	V180	0.17	0.0	0.45	0.04	-3.70	20.21	21.05	25.26	25.26	TN+BN	16.3	18.3	0.85	0.85

En las imágenes 33 y 34 se indican los valores máximos de esfuerzos en los elementos, a la izquierda se indica una barra de colores siendo el valor de 1.0 en adelante los elementos críticos que estarían sobre-esforzados, en los resultados de este análisis se puede apreciar tanto en los listados como en las imágenes que los elementos se encuentran dentro de los valores permisibles.

Mem Result= Combined UC

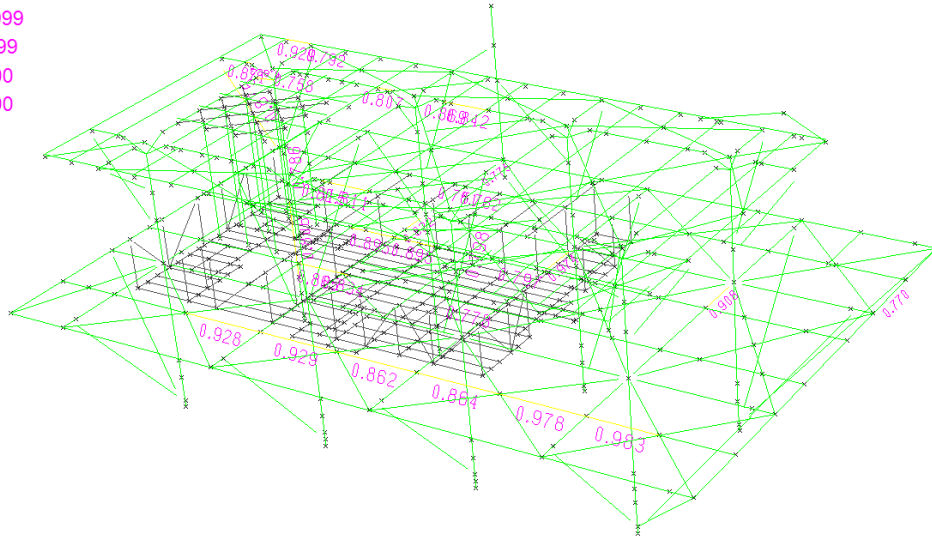
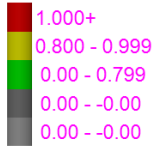


Figura 34. Relación de esfuerzos máximos en la superestructura

(Donde UC es Unity Check: Notación que define la relación de esfuerzos combinados en un miembro estructural)

Mem Result= Combined UC

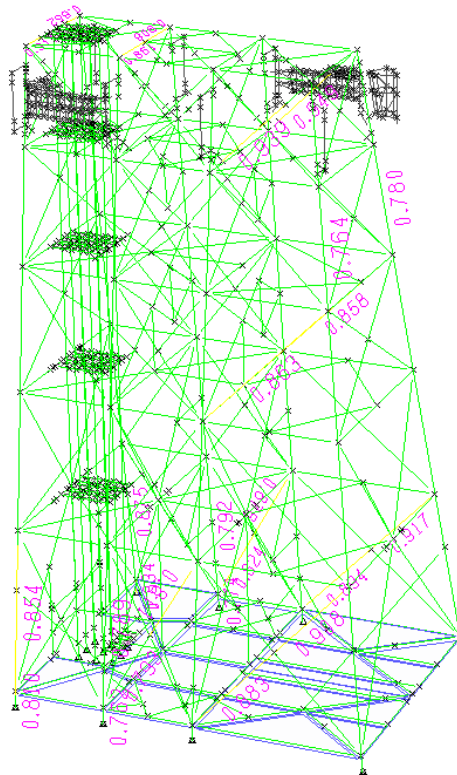
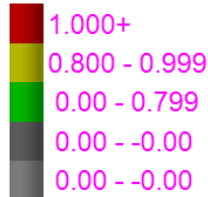


Figura 35. Relación de esfuerzos máximos en la subestructura

(Donde UC es Unity Check: Notación que define la relación de esfuerzos combinados en un miembro estructural)

La relación de esfuerzos en el jacket, resulta dentro de los parámetros permisibles, como se puede notar en la figura 34.

4.1.4.3. Revisión de juntas

La revisión de juntas se realiza para determinar los esfuerzos en las conexiones, por efecto de punzonamiento, las juntas críticas a revisar se encuentran en las elevaciones de arriostramiento así como en las crucetas de los marcos de la subestructura y en los elementos compuestos de diferente diámetro y espesor.

El tipo de análisis utilizado por el *software* y la norma API es “*Punching Shear*” se ejecuta en base al código API de acuerdo a la figura 35., los esfuerzos se revisan para cumplir con las condiciones siguientes:

$$\left(\frac{v_p}{v_{pa}}\right)_{IPB}^2 + \left(\frac{v_p}{v_{pa}}\right)_{OPB}^2 \leq 1.0 \quad \text{ec. (2)}$$

$$\left|\frac{v_p}{v_{pa}}\right|_{AX} + \frac{2}{\pi} \arcsin \sqrt{\left(\frac{v_p}{v_{pa}}\right)_{IPB}^2 + \left(\frac{v_p}{v_{pa}}\right)_{OPB}^2} \leq 1.0 \quad \text{ec. (3)}$$

Donde

- Vp: Cortante actuante por punzonamiento (“*Punching Shear*”)
- Vpa: Cortante permisible por punzonamiento (“*Punching Shear*”)
- Subíndice IPB: indica flexión en el plano
- Subíndice OPB: indica flexión fuera del plano
- Subíndice AX: Carga axial nominal

En el listado llamado “*Joint Can Summary*” se encuentran los resultados de esfuerzos máximos, el valor máximo del listado se encuentra resaltado.

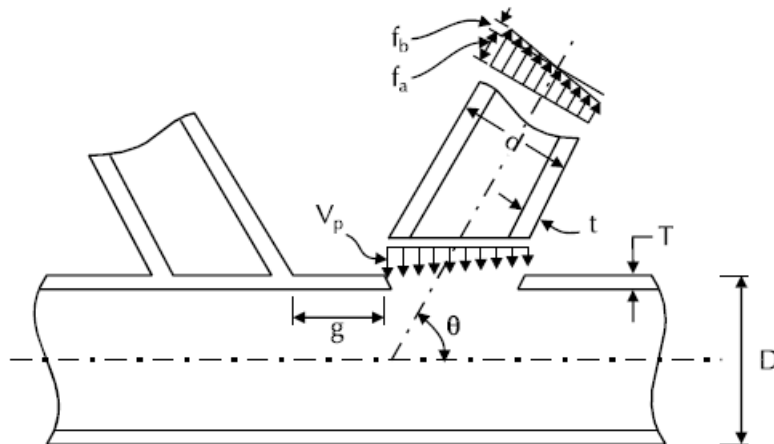


Figura 36. Parámetros de la Geometría y Terminología de una conexión tubular Simple (API-RP-2A 21 st Edition sección 4)

Se indica a continuación el significado de las variables de la tabla obtenida de SACS 5.6 “*Joint Can Summary*”.

Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

Tabla 25. Variables contenidas en la tabla “Joint Can Summary”

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
JOINT	ORIGINAL					LOAD DESIGN				STRENGTH ANALYSIS		
	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (KGSMM)	LOAD UC	STRN UC	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (KGSMM)	LOAD UC	STRN UC	BRACE JOINT	LOAD CASE

- | | | |
|---|---|---|
| 1 JUNTA | 7 DIAMETRO POR DISEÑO (CM) | 11 RELACION DE ESFUERZO POR ANALISIS DE FUERZAS |
| 2 DIAMETRO ORIGINAL (CM) | 8 ESPESOR POR DISEÑO (CM) | 12 JUNTA DEL ARRIOSTRAMIENTO (TUBO) |
| 3 ESPESOR ORIGINAL (CM) | 9 ESFUERZO DE FLUENCIA POR DISEÑO (KGSMM ²) | 13 CASO DE CARGA |
| 4 ESFUERZO DE FLUENCIA ORIGINAL (KGSMM ²) | 10 RELACION DE ESFUERZO POR CARGAS | |
| 5 RELACION DE ESFUERZO POR CARGAS | | |
| 6 RELACION DE ESFUERZO POR FUERZAS | | |

* * J O I N T C A N S U M M A R Y * *

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
(UNITY CHECK ORDER)												
JOINT	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (KGSMM)	LOAD UC	STRN UC	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (KGSMM)	LOAD UC	STRN UC	BRACE JOINT	LOAD CASE
151L	166.370	4.445	35.150	0.115	1.025	166.370	4.445	35.150	0.115	1.025	0801	T225
150L	166.370	4.445	35.150	0.085	1.024	166.370	4.445	35.150	0.085	1.024	0701	0270
351L	166.370	4.445	35.150	0.065	0.996	166.370	4.445	35.150	0.065	0.996	0802	V315
350L	166.370	4.445	35.150	0.073	0.989	166.370	4.445	35.150	0.073	0.989	0702	V225
0108	40.640	2.540	25.320	0.314	0.970	40.640	2.540	25.320	0.314	0.970	607L	U135
0603	76.200	3.175	35.150	0.243	0.969	76.200	3.175	35.150	0.243	0.969	0255	T225
0601	76.200	3.175	35.150	0.186	0.967	76.200	3.175	35.150	0.186	0.967	0254	V090
0259	66.040	2.540	35.150	0.020	0.954	66.040	2.540	35.150	0.020	0.954	0257	V180
0059	40.640	1.910	35.150	0.124	0.921	40.640	1.910	35.150	0.124	0.921	3394	V225
0058	40.640	1.910	35.150	0.222	0.919	40.640	1.910	35.150	0.222	0.919	3464	T135
4C1X	66.040	2.850	35.150	0.562	0.905	66.040	2.850	35.150	0.562	0.905	501L	V180
4C4X	66.040	2.850	35.150	0.408	0.905	66.040	2.850	35.150	0.408	0.905	504L	T000
0632	50.800	1.905	25.320	0.275	0.905	50.800	1.905	25.320	0.275	0.905	0894	V045
4C2X	66.040	2.850	35.150	0.414	0.905	66.040	2.850	35.150	0.414	0.905	0707	T180
0633	50.800	1.905	25.320	0.236	0.904	50.800	1.905	25.320	0.236	0.904	0887	T270
0503	91.440	3.175	35.150	0.379	0.903	91.440	3.175	35.150	0.379	0.903	304L	V000
4C3X	66.040	2.850	35.150	0.315	0.902	66.040	2.850	35.150	0.315	0.902	0806	U000
0251	91.440	3.175	35.150	0.377	0.899	91.440	3.175	35.150	0.377	0.899	301L	Q180
0501	106.680	3.810	35.150	0.312	0.893	106.680	3.810	35.150	0.312	0.893	0502	T315
0958	161.290	3.170	25.320	0.177	0.892	161.290	3.170	25.320	0.177	0.892	0895	T270
0956	161.290	3.170	25.320	0.167	0.891	161.290	3.170	25.320	0.167	0.891	0917	V090
102L	166.370	4.445	35.150	0.342	0.889	166.370	4.445	35.150	0.342	0.889	101L	V090
451L	166.370	4.445	35.150	0.114	0.889	166.370	4.445	35.150	0.114	0.889	0803	V315
106L	166.370	4.445	35.150	0.348	0.888	166.370	4.445	35.150	0.348	0.888	105L	0270
0035	40.640	1.910	35.150	0.160	0.882	40.640	1.910	35.150	0.160	0.882	0037	Q225
2B2X	66.040	2.540	35.150	0.879	0.807	66.040	2.540	35.150	0.879	0.807	207L	T090
450L	166.370	4.445	35.150	0.124	0.879	166.370	4.445	35.150	0.124	0.879	0703	U225
502L	166.370	4.445	35.150	0.381	0.874	166.370	4.445	35.150	0.381	0.874	401L	U045
0628	45.720	1.910	35.150	0.101	0.863	45.720	1.910	35.150	0.101	0.863	102L	V045
0629	45.720	1.910	35.150	0.099	0.863	45.720	1.910	35.150	0.099	0.863	106L	V315
2A2X	66.040	2.540	35.150	0.860	0.807	66.040	2.540	35.150	0.860	0.807	203L	T270
4A2X	66.040	2.540	35.150	0.600	0.854	66.040	2.540	35.150	0.600	0.854	403L	V270
4B2X	66.040	2.540	35.150	0.522	0.852	66.040	2.540	35.150	0.522	0.852	407L	U090
503L	166.370	4.445	35.150	0.502	0.851	166.370	4.445	35.150	0.502	0.851	404L	Q045
0630	50.800	2.540	35.150	0.267	0.850	50.800	2.540	35.150	0.267	0.850	0633	T270
3A2X	66.040	2.540	35.150	0.652	0.841	66.040	2.540	35.150	0.652	0.841	402L	V270
0952	161.290	3.170	25.320	0.145	0.840	161.290	3.170	25.320	0.145	0.840	0618	T225
3B2X	66.040	2.540	35.150	0.640	0.840	66.040	2.540	35.150	0.640	0.840	406L	T090
0258	66.040	3.175	35.150	0.020	0.838	66.040	3.175	35.150	0.020	0.838	0259	V225
0951	161.290	3.170	25.320	0.155	0.838	161.290	3.170	25.320	0.155	0.838	0617	V135
0809	76.200	3.175	35.150	0.674	0.834	76.200	3.175	35.150	0.674	0.834	103L	O315
0811	76.200	3.175	35.150	0.675	0.834	76.200	3.175	35.150	0.675	0.834	107L	Q045
5A2X	60.960	3.175	35.150	0.357	0.830	60.960	3.175	35.150	0.357	0.830	0005	V070
5B2X	60.960	3.175	35.150	0.221	0.829	60.960	3.175	35.150	0.221	0.829	0009	U090
1B2X	66.040	2.540	35.150	0.816	0.745	66.040	2.540	35.150	0.816	0.745	107L	T090
603L	166.370	4.445	35.150	0.636	0.814	166.370	4.445	35.150	0.636	0.814	0104	T090
607L	166.370	4.445	35.150	0.618	0.812	166.370	4.445	35.150	0.618	0.812	0104	V270
0502	91.440	3.810	35.150	0.266	0.811	91.440	3.810	35.150	0.266	0.811	0501	V315
0402	76.200	2.540	35.150	0.250	0.806	76.200	2.540	35.150	0.250	0.806	0405	U315
5C1X	60.960	3.175	35.150	0.382	0.802	60.960	3.175	35.150	0.382	0.802	0018	V180
5C4X	60.960	3.175	35.150	0.287	0.801	60.960	3.175	35.150	0.287	0.801	0028	T000
105L	166.370	4.445	35.150	0.359	0.801	166.370	4.445	35.150	0.359	0.801	8129	Q090
101L	166.370	4.445	35.150	0.353	0.800	166.370	4.445	35.150	0.353	0.800	8128	Q225
1A2X	66.040	2.540	35.150	0.792	0.745	66.040	2.540	35.150	0.792	0.745	103L	T270
5C3X	60.960	3.175	35.150	0.203	0.791	60.960	3.175	35.150	0.203	0.791	0025	T225
5C2X	60.960	3.175	35.150	0.270	0.791	60.960	3.175	35.150	0.270	0.791	0020	O270
3C4X	76.200	3.175	35.150	0.295	0.786	76.200	3.175	35.150	0.295	0.786	404L	T000
3C1X	76.200	3.175	35.150	0.454	0.786	76.200	3.175	35.150	0.454	0.786	401L	V180
3C3X	76.200	3.175	35.150	0.292	0.780	76.200	3.175	35.150	0.292	0.780	303L	Q045
108L	166.370	4.445	35.150	0.378	0.779	166.370	4.445	35.150	0.378	0.779	0615	T225
104L	166.370	4.445	35.150	0.376	0.779	166.370	4.445	35.150	0.376	0.779	0612	V135
0957	161.290	3.170	25.320	0.119	0.778	161.290	3.170	25.320	0.119	0.778	0629	T270
103L	166.370	4.445	35.150	0.489	0.778	166.370	4.445	35.150	0.489	0.778	8134	U000
107L	166.370	4.445	35.150	0.487	0.777	166.370	4.445	35.150	0.487	0.777	8136	Q045
0955	161.290	3.170	25.320	0.120	0.775	161.290	3.170	25.320	0.120	0.775	0628	V090
3342	121.920	4.445	25.320	0.501	0.772	121.920	4.445	25.320	0.501	0.772	3377	V000
602L	166.370	4.445	35.150	0.587	0.763	166.370	4.445	35.150	0.587	0.763	0102	V135
206L	166.370	4.445	35.150	0.379	0.762	166.370	4.445	35.150	0.379	0.762	0810	T315
606L	166.370	4.445	35.150	0.614	0.761	166.370	4.445	35.150	0.614	0.761	0101	V225
302L	166.370	4.445	35.150	0.357	0.759	166.370	4.445	35.150	0.357	0.759	303L	V135
306L	166.370	4.445	35.150	0.406	0.759	166.370	4.445	35.150	0.406	0.759	307L	U225
0953	161.290	3.170	25.320	0.089	0.758	161.290	3.170	25.320	0.089	0.758	0631	T000
0631	50.800	2.540	35.150	0.247	0.758	50.800	2.540	35.150	0.247	0.758	0632	T090

Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

* * J O I N T C A N S U M M A R Y * * *

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
***** ORIGINAL *****						(UNITY CHECK ORDER) ***** LOAD DESIGN *****				*** STRENGTH ANALYSIS ****		
JOINT	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (KGSMM)	LOAD UC	STRN UC	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (KGSMM)	LOAD UC	STRN UC	BRACE JOINT	LOAD CASE
303L	166.370	4.445	35.150	0.496	0.758	166.370	4.445	35.150	0.496	0.758	302L	0045
307L	166.370	4.445	35.150	0.505	0.757	166.370	4.445	35.150	0.505	0.757	306L	0000
0807	76.200	3.175	35.150	0.659	0.752	76.200	3.175	35.150	0.659	0.752	102L	T270
608L	166.370	4.445	35.150	0.752	0.688	166.370	4.445	35.150	0.752	0.688	0029	T225
0810	76.200	3.175	35.150	0.667	0.751	76.200	3.175	35.150	0.667	0.751	106L	T090
0206	50.800	1.905	25.320	0.084	0.741	50.800	1.905	35.150	0.084	0.741	0204	V225
405L	166.370	4.445	35.150	0.376	0.692	166.370	4.445	35.150	0.376	0.692	506L	T315
0623	76.200	3.175	35.150	0.218	0.689	76.200	3.175	35.150	0.218	0.689	0624	T045
0621	76.200	3.175	35.150	0.220	0.689	76.200	3.175	35.150	0.220	0.689	0625	T315
0301	66.040	2.540	35.150	0.148	0.687	66.040	2.540	35.150	0.148	0.687	0344	V045
401L	166.370	4.445	35.150	0.377	0.687	166.370	4.445	35.150	0.377	0.687	502L	V045
0806	66.040	2.540	35.150	0.047	0.681	66.040	2.540	35.150	0.047	0.681	451L	Q315
3333	121.920	4.445	35.150	0.664	0.466	121.920	4.445	35.150	0.664	0.466	3474	0090
508L	166.370	4.445	35.150	0.302	0.663	166.370	4.445	35.150	0.302	0.663	507L	U225
404L	166.370	4.445	35.150	0.594	0.662	166.370	4.445	35.150	0.594	0.662	503L	0315
605L	166.370	4.445	35.150	0.605	0.655	166.370	4.445	35.150	0.605	0.655	0019	T315
0504	60.960	2.540	35.150	0.061	0.654	60.960	2.540	35.150	0.061	0.654	0502	T225
3343	121.920	4.445	35.150	0.105	0.654	121.920	4.445	35.150	0.105	0.654	3346	0090
203L	166.370	4.445	35.150	0.481	0.644	166.370	4.445	35.150	0.481	0.644	0504	V090
202L	166.370	4.445	35.150	0.304	0.644	166.370	4.445	35.150	0.304	0.644	201L	V045
504L	166.370	4.445	35.150	0.252	0.643	166.370	4.445	35.150	0.252	0.643	503L	T135
601L	166.370	4.445	35.150	0.609	0.642	166.370	4.445	35.150	0.609	0.642	0018	V045
0309	66.040	2.540	35.150	0.112	0.641	66.040	2.540	35.150	0.112	0.641	0338	T270
505L	166.370	4.445	35.150	0.318	0.639	166.370	4.445	35.150	0.318	0.639	0201	T315
0403	76.200	2.540	35.150	0.067	0.633	76.200	2.540	35.150	0.067	0.633	0404	V000
501L	166.370	4.445	35.150	0.326	0.630	166.370	4.445	35.150	0.326	0.630	0202	V045
3287	121.920	5.080	35.150	0.131	0.628	121.920	5.080	35.150	0.131	0.628	3273	P180
3233	121.920	5.080	35.150	0.080	0.623	121.920	5.080	35.150	0.080	0.623	3255	V180
251L	166.370	4.445	35.150	0.043	0.619	166.370	4.445	35.150	0.043	0.619	0804	V225
250L	166.370	4.445	35.150	0.046	0.617	166.370	4.445	35.150	0.046	0.617	0704	T315
0060	40.640	1.910	35.150	0.085	0.611	40.640	1.910	35.150	0.085	0.611	3360	T270
3336	121.920	4.445	25.320	0.611	0.601	121.920	4.445	25.320	0.611	0.601	3488	V000
0054	40.640	1.910	35.150	0.194	0.610	40.640	1.910	35.150	0.194	0.610	3478	0270
0061	40.640	1.910	35.150	0.137	0.608	40.640	1.910	35.150	0.137	0.608	3364	U045
402L	166.370	4.445	35.150	0.300	0.607	166.370	4.445	35.150	0.300	0.607	3A2X	U090
406L	166.370	4.445	35.150	0.259	0.605	166.370	4.445	35.150	0.259	0.605	3B2X	U270
0254	66.040	2.540	35.150	0.020	0.599	66.040	2.540	35.150	0.020	0.599	0258	T315
0255	66.040	2.540	35.150	0.024	0.599	66.040	2.540	35.150	0.024	0.599	0258	T045
208L	166.370	4.445	35.150	0.507	0.594	166.370	4.445	35.150	0.507	0.594	0583	T225
204L	166.370	4.445	35.150	0.501	0.593	166.370	4.445	35.150	0.501	0.593	0580	V135
408L	166.370	4.445	35.150	0.589	0.577	166.370	4.445	35.150	0.589	0.577	3C4X	0000
205L	166.370	4.445	35.150	0.318	0.588	166.370	4.445	35.150	0.318	0.588	0595	T315
201L	166.370	4.445	35.150	0.312	0.587	166.370	4.445	35.150	0.312	0.587	0593	V045
0219	60.960	2.540	35.150	0.089	0.586	60.960	2.540	35.150	0.089	0.586	0226	T225
0209	60.960	2.540	35.150	0.106	0.585	60.960	2.540	35.150	0.106	0.585	0221	0090
0616	50.800	2.220	35.150	0.132	0.583	50.800	2.220	35.150	0.132	0.583	0611	T180
3207	121.920	5.080	35.150	0.037	0.574	121.920	5.080	35.150	0.037	0.574	3209	Q135
0304	66.040	2.540	35.150	0.109	0.572	66.040	2.540	35.150	0.109	0.572	0312	V225
0505	60.960	2.540	35.150	0.065	0.569	60.960	2.540	35.150	0.065	0.569	0503	T090
0103	60.960	2.540	35.150	0.377	0.567	60.960	2.540	35.150	0.377	0.567	0104	V180
3488	50.800	2.540	25.320	0.139	0.567	50.800	2.540	25.320	0.139	0.567	0056	Q270
0302	66.040	2.540	35.150	0.088	0.565	66.040	2.540	35.150	0.088	0.565	0301	U000

4.1.4.4. Revisión por colapso hidrostático

El análisis por colapso hidrostático es necesario para revisar que los elementos tubulares sumergidos de la subestructura estén dentro de los parámetros de esfuerzos permisibles, este análisis revisa los esfuerzos debido a carga axial, flexión y esfuerzos circunferenciales debidos a la presión hidrostática.

La presión hidrostática se define como la presión que ejerce el peso de un fluido sobre las paredes del objeto sumergido, esta presión provoca fuerzas resultantes perpendiculares a la superficie del objeto.

Este análisis se ejecuta utilizando el código API-RP-2A, para miembros tubulares son calculados siguiendo las siguientes expresiones:

- **Elementos sujetos a tensión axial y presión hidrostática combinados:**

$$UC = A^2 + B^2 + 2\nu|A|B \leq 1.0 \quad \text{ec. (4)}$$

Donde:

UC: Unity Check es decir Relación de esfuerzos combinados

A: Relación de esfuerzo máximo combinado, se determina con la expresión siguiente

$$A = \frac{f_a + f_b - (0.5f_h)}{F_y} (SF_x)$$

fa: valor absoluto del esfuerzo axial actuante

fb: valor absoluto del esfuerzo a flexión actuante

fh: valor absoluto del esfuerzo por presión hidrostática

Fy: esfuerzo de fluencia del acero

SFx: Factor de seguridad para esfuerzos a tensión

B: Relación de esfuerzos circunferenciales debido a la presión hidrostática, se determina con la ec.;

$$B = \frac{f_h}{F_{hc}} (SF_h)$$

fh: valor absoluto del esfuerzo por presión hidrostática

Fhc: Esfuerzo circunferencial permisible por presión hidrostática

Sfh: Factor de seguridad para esfuerzos a compresión circunferenciales

ν: relación de Poisson= 0.3

- **Elementos sujetos a compresión axial y presión hidrostática combinados:**

$$\frac{f_a + (0.5f_h)}{F_{xc}} (SF_x) + \frac{f_b}{F_y} (SF_b) \leq 1.0 \quad \text{ec. (5)}$$

$$\frac{f_h}{F_{hc}} (SF_h) \leq 1.0 \quad \text{ec. (6)}$$

Las literales de las ecuaciones mostradas anteriormente se definen de la misma manera que las literales presentadas para elementos sujetos a tensión axial y presión hidrostática combinados, con las variantes mencionadas a continuación:

Fxc: Esfuerzo permisible por flexión

Sfb: Factor de seguridad para flexión



Figura 37. Anillos exteriores de refuerzo por colapso hidrostático.
(Fotografía propia, 2013)

Con el objetivo de garantizar el adecuado comportamiento del elemento ante presiones hidrostáticas, se colocan de anillos de refuerzo exteriores a los elementos tubulares, la figura 36 muestra un ejemplo de anillos a base de placa instalados en el Jacket de una plataforma octápoda, los resultados del análisis por colapso se muestran a continuación y se discuten al final de la presente sección.

Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

Se indica a continuación el significado de las variables de la tabla obtenida de SACS 5.6 “Hydrostatic collapse analysis”.

Tabla 26. Variables contenidas en la tabla “Hydrostatic collapse analysis”

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
GROUP LABEL	OUTSIDE DIAMETER (CM)	WALL THICKNESS (CM)	YIELD STRESS (KG/CM ²)	HOOP STRESS (KG/CM ²)	AXIAL STRESS (KG/CM ²)	RING PARAMETERS					COMMENTS	UNITY CHECK
						RING SPACING (CM)	WEB HEIGHT (CM)	THICK (CM)	FLANGE			
									WIDTH (CM)	THICK (CM)		

<p>1 GRUPO 2 DIAMETRO EXTERIOR (CM) 3 ESPESOR DE PARED (CM) 4 ESFUERZO DE FLUENCIA (KG/CM²) 5 ESFUERZO DE TENSION EN EL ANILLO(KG/CM²) 6 ESFUERZO AXIAL (KG/CM²)</p>	<p>7 ESPACIAMIENTO ENTRE ANILLOS (CM) 8 PERALTE DEL ALMA (CM) 9 ESPESOR DEL ALMA (CM) 10 ANCHO DEL PATIN (CM) 11 ESPESOR DEL PATIN (CM) 12 COMENTARIOS</p>	<p>13 RELACIÓN DE ESFUERZOS</p>
---	---	---------------------------------

***** SEASTATE HYDROSTATIC COLLAPSE ANALYSIS *****

*** DESIGN PARAMETERS **

```

DESIGN DEPTH ..... 76.860 M.
WATER DENSITY ..... 1.028 TONNE/M**3
PRESSURE ..... 79011.773 KG/M**2
RING HEIGHT INCR..... 10.000 CM.
RING THICK. INCR..... 0.635 CM.
SAFETY FACTOR ..... 2.000
CODE SELECTED ..... API
REDESIGN SELECTED ..... RINGS
HYDROSTATIC AXIAL LOAD . NO
RING LOCATION ..... EXTERNAL
    
```

***** SEASTATE HYDROSTATIC COLLAPSE ANALYSIS *****

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
GROUP LABEL	OUTSIDE DIAMETER (CM)	WALL THICKNESS (CM)	YIELD STRESS (KG/CM ²)	HOOP STRESS (KG/CM ²)	AXIAL STRESS (KG/CM ²)	***** RING PARAMETERS *****					***** COMMENTS *****	UNITY CHECK
						RING SPACING (CM)	WEB HEIGHT (CM)	THICK. (CM)	FLANGE WIDTH (CM)	THICK. (CM)		
11V	60.960	2.540	2532.001	94.814	0.000	337.90					ORIGINAL	0.112
1VA	66.040	2.540	2532.001	102.715	0.000	381.00					ORIGINAL	0.127
20V	66.040	1.910	2532.001	136.595	0.000	439.36					ORIGINAL	0.194
20V	66.040	2.850	3515.001	91.543	0.000	359.69					ORIGINAL	0.084
22V	66.040	2.540	3515.001	102.715	0.000	381.00					ORIGINAL	0.100
22V	66.040	1.905	2532.001	136.954	0.000	439.94					ORIGINAL	0.195
22V	66.040	2.857	3515.001	91.318	0.000	359.25					ORIGINAL	0.084
27H	50.800	1.590	2532.001	126.220	0.000	324.89					ORIGINAL	0.173
27H	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
2VA	60.960	2.540	2532.001	94.814	0.000	337.90					ORIGINAL	0.112
2VA	60.960	3.175	3515.001	75.851	0.000	302.23					ORIGINAL	0.062
30V	76.200	1.905	2532.001	158.024	0.000	545.27					ORIGINAL	0.282
30V	76.200	3.490	3515.001	86.256	0.000	402.86					ORIGINAL	0.076
32V	76.200	3.175	3515.001	94.814	0.000	422.37					ORIGINAL	0.089
32V	76.200	1.905	2532.001	158.024	0.000	545.27					ORIGINAL	0.282
32V	76.200	3.490	3515.001	86.256	0.000	402.86					ORIGINAL	0.076
35H	45.720	1.270	2532.001	142.221	0.000	310.38					ORIGINAL	0.205
3VA	60.960	2.540	2532.001	94.814	0.000	337.90					ORIGINAL	0.112
48H	50.800	1.270	2532.001	158.024	0.000	363.52					ORIGINAL	0.282
51V	66.040	1.588	2532.001	164.293	0.000	481.85					ORIGINAL	0.317
51V	66.040	3.175	3515.001	82.172	0.000	340.78					ORIGINAL	0.071
53V	60.960	1.590	2532.001	151.464	0.000	427.07					ORIGINAL	0.248
68H	50.800	1.910	2532.001	105.073	0.000	296.43					ORIGINAL	0.132
68H	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
A01	76.200	3.175	3515.001	94.814	0.000	422.37					ORIGINAL	0.089
A01	76.200	3.175	3515.001	94.814	0.000	422.37					ORIGINAL	0.089
A02	91.440	3.175	3515.001	113.777	0.000	555.21					ORIGINAL	0.115
A04	106.680	3.810	3515.001	110.616	0.000	638.68					ORIGINAL	0.111
A14	60.960	1.270	2532.001	189.628	0.000	477.85					ORIGINAL	0.487
A15	60.960	1.270	2532.001	189.628	0.000	477.85					ORIGINAL	0.487
A17	60.960	1.270	2532.001	189.628	0.000	477.85					ORIGINAL	0.487
A17	60.960	2.540	3515.001	94.814	0.000	337.90					ORIGINAL	0.089
A18	60.960	2.540	2532.001	94.814	0.000	337.90					ORIGINAL	0.112
A18	60.960	2.540	3515.001	94.814	0.000	337.90					ORIGINAL	0.089
A21	50.800	1.905	2532.001	105.349	0.000	296.82					ORIGINAL	0.132
A21	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
A22	50.800	1.588	2532.001	126.379	0.000	325.09					ORIGINAL	0.174
A22	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
A23	50.800	1.905	2532.001	105.349	0.000	296.82					ORIGINAL	0.132

Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

***** SEASTATE HYDROSTATIC COLLAPSE ANALYSIS *****												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
GROUP LABEL	OUTSIDE DIAMETER (CM)	WALL THICKNESS (CM)	YIELD STRESS (KG/CM2)	HOOP STRESS (KG/CM2)	AXIAL STRESS (KG/CM2)	RING SPACING (CM)	***** RING PARAMETERS *****			***** COMMENTS *****	UNITY CHECK	
							RING HEIGHT (CM)	WEB THICK. (CM)	FLANGE WIDTH (CM)			
A24	60.960	1.270	2532.001	189.628	0.000	477.85					ORIGINAL	0.487
A25	60.960	1.270	2532.001	189.628	0.000	477.85					ORIGINAL	0.487
A25	60.960	2.540	3515.001	94.814	0.000	337.90					ORIGINAL	0.089
A26	60.960	2.540	3515.001	94.814	0.000	337.90					ORIGINAL	0.089
A27	60.960	1.270	2532.001	189.628	0.000	477.85					ORIGINAL	0.487
A27	60.960	2.540	3515.001	94.814	0.000	337.90					ORIGINAL	0.089
A28	60.960	2.540	2532.001	94.814	0.000	337.90					ORIGINAL	0.112
A28	60.960	2.540	3515.001	94.814	0.000	337.90					ORIGINAL	0.089
A31	50.800	1.270	2532.001	158.024	0.000	363.52					ORIGINAL	0.282
A32	45.720	1.270	2532.001	142.221	0.000	310.38					ORIGINAL	0.205
A33	50.800	1.270	2532.001	158.024	0.000	363.52					ORIGINAL	0.282
A34	66.040	1.588	2532.001	164.293	0.000	481.85					ORIGINAL	0.317
A34	66.040	2.540	3515.001	102.715	0.000	381.00					ORIGINAL	0.100
A35	66.040	1.588	2532.001	164.293	0.000	481.85					ORIGINAL	0.317
A35	66.040	2.540	3515.001	102.715	0.000	381.00					ORIGINAL	0.100
A36	66.040	2.540	3515.001	102.715	0.000	381.00					ORIGINAL	0.100
A37	66.040	1.588	2532.001	164.293	0.000	481.85					ORIGINAL	0.317
A37	66.040	2.540	3515.001	102.715	0.000	381.00					ORIGINAL	0.100
A38	66.040	1.588	2532.001	164.293	0.000	481.85					ORIGINAL	0.317
A38	66.040	2.540	3515.001	102.715	0.000	381.00					ORIGINAL	0.100
A41	60.960	1.588	2532.001	151.655	0.000	427.34					ORIGINAL	0.249
A42	45.720	1.910	2532.001	94.566	0.000	253.10					ORIGINAL	0.111
A43	60.960	1.588	2532.001	151.655	0.000	427.34					ORIGINAL	0.249
A43	60.960	2.540	3515.001	94.814	0.000	337.90					ORIGINAL	0.089
A44	76.200	1.905	2532.001	158.024	0.000	545.27					ORIGINAL	0.282
A44	76.200	2.540	3515.001	118.518	0.000	472.22					ORIGINAL	0.122
A45	76.200	1.905	2532.001	158.024	0.000	545.27					ORIGINAL	0.282
A46	76.200	3.175	3515.001	94.814	0.000	422.37					ORIGINAL	0.089
A46	76.200	3.175	3515.001	94.814	0.000	422.37					ORIGINAL	0.089
A47	91.440	3.175	3515.001	113.777	0.000	555.21					ORIGINAL	0.115
A48	76.200	1.905	2532.001	158.024	0.000	545.27					ORIGINAL	0.282
A48	76.200	3.175	3515.001	94.814	0.000	422.37					ORIGINAL	0.089
A49	76.200	1.905	2532.001	158.024	0.000	545.27					ORIGINAL	0.282
A49	76.200	2.540	3515.001	118.518	0.000	472.22					ORIGINAL	0.122
A51	60.960	1.588	2532.001	151.655	0.000	427.34					ORIGINAL	0.249
A52	45.720	1.270	2532.001	142.221	0.000	310.38					ORIGINAL	0.205
A53	60.960	1.588	2532.001	151.655	0.000	427.34					ORIGINAL	0.249
A53	60.960	2.540	3515.001	94.814	0.000	337.90					ORIGINAL	0.089
A54	76.200	1.905	2532.001	158.024	0.000	545.27					ORIGINAL	0.282
A55	76.200	1.905	2532.001	158.024	0.000	545.27					ORIGINAL	0.282
A56	76.200	3.175	3515.001	94.814	0.000	422.37					ORIGINAL	0.089
A56	76.200	3.175	3515.001	94.814	0.000	422.37					ORIGINAL	0.089
A57	91.440	3.175	3515.001	113.777	0.000	555.21					ORIGINAL	0.115
A58	76.200	1.905	2532.001	158.024	0.000	545.27					ORIGINAL	0.282
A59	76.200	1.910	2532.001	157.610	0.000	544.55					ORIGINAL	0.280
A61	60.960	2.222	2532.001	108.383	0.000	361.27					ORIGINAL	0.138
A62	60.960	1.588	2532.001	151.655	0.000	427.34					ORIGINAL	0.249
A62	60.960	2.540	3515.001	94.814	0.000	337.90					ORIGINAL	0.089
A63	60.960	2.540	2532.001	94.814	0.000	337.90					ORIGINAL	0.112
A64	76.200	2.540	2532.001	118.518	0.000	472.22					ORIGINAL	0.158
A65	76.200	3.175	3515.001	94.814	0.000	422.37					ORIGINAL	0.089
A66	76.200	2.540	2532.001	118.518	0.000	472.22					ORIGINAL	0.158
A67	76.200	2.540	2532.001	118.518	0.000	472.22					ORIGINAL	0.158
A68	76.200	2.540	2532.001	118.518	0.000	472.22					ORIGINAL	0.158
A68	76.200	3.810	3515.001	79.012	0.000	385.57					ORIGINAL	0.066
A69	76.200	2.540	2532.001	118.518	0.000	472.22					ORIGINAL	0.158
A70	76.200	3.175	3515.001	94.814	0.000	422.37					ORIGINAL	0.089
A71	76.200	2.540	2532.001	118.518	0.000	472.22					ORIGINAL	0.158
A71	76.200	3.175	3515.001	94.814	0.000	422.37					ORIGINAL	0.089
A72	76.200	3.175	3515.001	94.814	0.000	422.37					ORIGINAL	0.089
A72	76.200	2.540	2532.001	118.518	0.000	472.22					ORIGINAL	0.158
B11	45.720	1.270	3515.001	142.221	0.000	310.38					ORIGINAL	0.205
B12	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
B12	50.800	1.910	3515.001	105.073	0.000	296.43					ORIGINAL	0.103
B21	121.920	5.080	2532.001	94.814	0.000	675.77					ORIGINAL	0.112
B21	121.920	5.080	3515.001	94.814	0.000	675.77					ORIGINAL	0.089
B22	121.920	5.080	3515.001	94.814	0.000	675.77					ORIGINAL	0.089
B28	152.400	6.350	3515.001	94.814	0.000	844.71					ORIGINAL	0.089
BA1	121.920	4.445	2532.001	108.359	0.000	722.43					ORIGINAL	0.138
BA2	121.920	5.080	3515.001	94.814	0.000	675.77					ORIGINAL	0.089
BA2	121.920	4.445	2532.001	108.359	0.000	722.43					ORIGINAL	0.138
BA2	121.920	4.445	3515.001	108.359	0.000	722.43					ORIGINAL	0.108
BA3	121.920	4.445	3515.001	108.359	0.000	722.43					ORIGINAL	0.108
BA4	121.920	5.080	3515.001	94.814	0.000	675.77					ORIGINAL	0.089
BA4	121.920	4.445	2532.001	108.359	0.000	722.43					ORIGINAL	0.138
BA4	121.920	4.445	3515.001	108.359	0.000	722.43					ORIGINAL	0.108
BA5	121.920	5.080	3515.001	94.814	0.000	675.77					ORIGINAL	0.089
BA5	121.920	4.445	3515.001	108.359	0.000	722.43					ORIGINAL	0.108
BA5	121.920	4.445	3515.001	108.359	0.000	722.43					ORIGINAL	0.108
CON	76.200	2.540	3515.001	118.518	0.000	472.22					ORIGINAL	0.122
EM1	35.600	1.270	2532.001	110.741	0.000	213.27					ORIGINAL	0.143
EM2	21.900	0.818	2532.001	105.768	0.000	128.23					ORIGINAL	0.133
EM3	16.800	0.711	2532.001	93.347	0.000	92.42					ORIGINAL	0.109
EM4	61.000	1.905	2532.001	126.502	0.000	390.55					ORIGINAL	0.174
EM5	21.900	0.818	2532.001	105.768	0.000	128.23					ORIGINAL	0.133
FD1	45.720	2.540	2532.001	71.111	0.000	219.48					ORIGINAL	0.069
FD2	45.720	1.905	2532.001	94.814	0.000	253.43					ORIGINAL	0.112
FD3	101.600	1.270	2532.001	316.047	0.000	1028.15					ORIGINAL	5.095
		1.270				477.93						0.992
FSB	30.500	1.270	2532.001	94.876	0.000	169.13		17.620	0.953		RING DESIGN	0.112
H11	35.560	1.270	2532.001	110.616	0.000	212.91					ORIGINAL	0.143

Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

***** SEASTATE HYDROSTATIC COLLAPSE ANALYSIS *****

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
GROUP LABEL	OUTSIDE DIAMETER (CM)	WALL THICKNESS (CM)	YIELD STRESS (KG/CM2)	HOOP STRESS (KG/CM2)	AXIAL STRESS (KG/CM2)	RING SPACING (CM)	***** RING PARAMETERS *****			***** COMMENTS *****	UNITY CHECK	
							----- WEB -----	--- FLANGE ---	---			
							HEIGHT (CM)	THICK. (CM)	WIDTH (CM)	THICK. (CM)		
H17	40.640	2.540	2532.001	63.209	0.000	183.94					ORIGINAL	0.058
H18	35.560	1.588	2532.001	88.465	0.000	190.41					ORIGINAL	0.099
H21	35.560	1.270	2532.001	110.616	0.000	212.91					ORIGINAL	0.143
H22	35.560	1.270	2532.001	110.616	0.000	212.91					ORIGINAL	0.143
H23	35.560	1.270	2532.001	110.616	0.000	212.91					ORIGINAL	0.143
H23	35.560	2.540	2532.001	55.308	0.000	150.56					ORIGINAL	0.048
H24	35.560	2.540	2532.001	55.308	0.000	150.56					ORIGINAL	0.048
H25	40.640	1.270	2532.001	126.419	0.000	260.12					ORIGINAL	0.174
H26	45.720	1.905	2532.001	94.814	0.000	253.43					ORIGINAL	0.112
H27	45.720	1.905	2532.001	94.814	0.000	253.43					ORIGINAL	0.112
H27	45.720	2.540	3515.001	71.111	0.000	219.48					ORIGINAL	0.055
H28	40.640	1.270	2532.001	126.419	0.000	260.12					ORIGINAL	0.174
H31	35.560	1.905	2532.001	73.744	0.000	173.85					ORIGINAL	0.073
H31	35.560	2.540	3515.001	55.308	0.000	150.56					ORIGINAL	0.037
H32	35.560	1.270	2532.001	110.616	0.000	212.91					ORIGINAL	0.143
H34	35.560	2.540	3515.001	55.308	0.000	150.56					ORIGINAL	0.037
H35	45.720	2.540	2532.001	71.111	0.000	219.48					ORIGINAL	0.069
H36	35.560	1.270	2532.001	110.616	0.000	212.91					ORIGINAL	0.143
H37	45.720	1.270	2532.001	142.221	0.000	310.38					ORIGINAL	0.205
H41	50.800	1.270	2532.001	158.024	0.000	363.52					ORIGINAL	0.282
H41	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
H42	35.560	1.270	2532.001	110.616	0.000	212.91					ORIGINAL	0.143
H44	50.800	1.270	2532.001	158.024	0.000	363.52					ORIGINAL	0.282
H44	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
H45	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
H46	35.560	1.270	2532.001	110.616	0.000	212.91					ORIGINAL	0.143
H47	45.720	2.540	2532.001	71.111	0.000	219.48					ORIGINAL	0.069
H48	50.800	2.540	2532.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.082
H51	50.800	1.270	2532.001	158.024	0.000	363.52					ORIGINAL	0.282
H51	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
H52	35.560	1.270	2532.001	110.616	0.000	212.91					ORIGINAL	0.143
H54	50.800	1.270	2532.001	158.024	0.000	363.52					ORIGINAL	0.282
H54	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
H55	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
H56	50.800	1.270	2532.001	158.024	0.000	363.52					ORIGINAL	0.282
H58	45.720	2.540	2532.001	71.111	0.000	219.48					ORIGINAL	0.069
H61	50.800	1.905	2532.001	105.349	0.000	296.82					ORIGINAL	0.132
H61	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
H62	45.720	1.270	2532.001	142.221	0.000	310.38					ORIGINAL	0.205
H63	35.560	1.270	2532.001	110.616	0.000	212.91					ORIGINAL	0.143
H64	50.800	1.950	2532.001	102.918	0.000	293.37					ORIGINAL	0.127
H64	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
H65	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
H66	50.800	1.950	2532.001	102.918	0.000	293.37					ORIGINAL	0.127
H67	50.800	1.950	2532.001	102.918	0.000	293.37					ORIGINAL	0.127
H67	50.800	2.220	3515.001	90.401	0.000	274.96					ORIGINAL	0.082
H68	50.800	2.220	3515.001	90.401	0.000	274.96					ORIGINAL	0.082
H68	50.800	1.910	2532.001	105.073	0.000	296.43					ORIGINAL	0.132
H68	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
H69	45.720	1.905	2532.001	94.814	0.000	253.43					ORIGINAL	0.112
H70	45.720	1.905	2532.001	94.814	0.000	253.43					ORIGINAL	0.112
H71	50.800	1.905	2532.001	105.349	0.000	296.82					ORIGINAL	0.132
H71	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
H72	50.800	1.905	2532.001	105.349	0.000	296.82					ORIGINAL	0.132
H73	50.800	2.540	2532.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.082
H74	40.640	1.270	2532.001	126.419	0.000	260.12					ORIGINAL	0.174
H76	40.640	1.270	2532.001	126.419	0.000	260.12					ORIGINAL	0.174
H81	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
H81	50.800	1.905	2532.001	105.349	0.000	296.82					ORIGINAL	0.132
H81	50.800	2.540	3515.001	79.012	0.000	257.06					ORIGINAL	0.066
H82	45.720	1.270	2532.001	142.221	0.000	310.38					ORIGINAL	0.205
H82	45.720	1.910	3515.001	94.566	0.000	253.10					ORIGINAL	0.088
H83	45.720	1.910	3515.001	94.566	0.000	253.10					ORIGINAL	0.088
H83	45.720	1.270	2532.001	142.221	0.000	310.38					ORIGINAL	0.205
L11	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57					ORIGINAL	0.231
L11	161.290	1.905	2532.001	334.483	0.000	1679.09					ORIGINAL	7.157
		1.905				662.46	17.620	0.953			RING DESIGN	0.997
L12	161.290	1.905	2532.001	334.483	0.000	1679.09					ORIGINAL	7.157
		1.905				662.46	17.620	0.953			RING DESIGN	0.997
L12	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57					ORIGINAL	0.231
L20	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57					ORIGINAL	0.231
L20	161.290	1.905	2532.001	334.483	0.000	1679.09					ORIGINAL	7.157
		1.905				662.46	17.620	0.953			RING DESIGN	0.997
L21	161.290	1.905	2532.001	334.483	0.000	1679.09					ORIGINAL	7.157
		1.905				662.46	17.620	0.953			RING DESIGN	0.997
L21	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57					ORIGINAL	0.231
L22	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57					ORIGINAL	0.231
L22	161.290	1.905	2532.001	334.483	0.000	1679.09					ORIGINAL	7.157
		1.905				662.46	17.620	0.953			RING DESIGN	0.997
L22	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57					ORIGINAL	0.231
L31	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57					ORIGINAL	0.231
L31	161.290	1.905	2532.001	334.483	0.000	1679.09					ORIGINAL	7.157
		1.905				662.46	17.620	0.953			RING DESIGN	0.997
L31	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57					ORIGINAL	0.231
L41	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57					ORIGINAL	0.231
L42	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57					ORIGINAL	0.231
L42	161.290	1.905	2532.001	334.483	0.000	1679.09					ORIGINAL	7.157
		1.905				662.46	17.620	0.953			RING DESIGN	0.997
L42	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57					ORIGINAL	0.231
L51	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57					ORIGINAL	0.231

Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

***** SEASTATE HYDROSTATIC COLLAPSE ANALYSIS *****														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
GROUP LABEL	OUTSIDE DIAMETER (CM)	WALL THICKNESS (CM)	YIELD STRESS (KG/CM2)	HOOP STRESS (KG/CM2)	AXIAL STRESS (KG/CM2)	RING SPACING (CM)	***** RING PARAMETERS *****	----- WEB -----	--- FLANGE ---	THICK. (CM)	WIDTH (CM)	THICK. (CM)	***** COMMENTS *****	UNITY CHECK
L51	162.560	2.540	2532.001	252.838	0.000	1471.35							ORIGINAL	1.334
		2.540				1218.46							RING DESIGN	1.000
L51	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57							ORIGINAL	0.231
L52	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57							ORIGINAL	0.231
L52	162.560	2.540	2532.001	252.838	0.000	1471.35							ORIGINAL	1.334
		2.540				1218.46							RING DESIGN	1.000
L52	167.640	5.080	3515.001	130.369	0.000	1089.56							ORIGINAL	0.158
LG0	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57							ORIGINAL	0.231
LG2	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57							ORIGINAL	0.231
LG2	161.290	1.905	2532.001	334.483	0.000	1679.09							ORIGINAL	7.157
		1.905				662.46							RING DESIGN	0.997
LG2	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57							ORIGINAL	0.231
LG3	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57							ORIGINAL	0.231
LG3	161.290	1.905	2532.001	334.483	0.000	1679.09							ORIGINAL	7.157
		1.905				662.46							RING DESIGN	0.997
LG3	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57							ORIGINAL	0.231
LG4	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57							ORIGINAL	0.231
LG4	162.560	2.540	2532.001	252.838	0.000	1471.35							ORIGINAL	1.334
		2.540				1218.46							RING DESIGN	1.000
LG4	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57							ORIGINAL	0.231
LG5	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57							ORIGINAL	0.231
LG6	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57							ORIGINAL	0.231
LG7	166.370	4.445	3515.001	147.865	0.000	1151.57							ORIGINAL	0.231
OC1	40.640	1.270	2532.001	126.419	0.000	260.12							ORIGINAL	0.174
OC2	40.640	1.270	2532.001	126.419	0.000	260.12							ORIGINAL	0.174
OC2	40.640	1.910	3515.001	84.059	0.000	212.11							ORIGINAL	0.073
PB1	50.800	1.270	2532.001	158.024	0.000	363.52							ORIGINAL	0.282
PB2	32.385	1.270	2532.001	100.740	0.000	185.05							ORIGINAL	0.123
PL0	152.400	6.985	3515.001	86.195	0.000	805.40							ORIGINAL	0.076
PL1	152.240	6.985	3515.001	86.104	0.000	804.13							ORIGINAL	0.076
PL1	152.240	6.350	3515.001	94.715	0.000	843.38							ORIGINAL	0.088
PL2	152.240	6.350	3515.001	94.715	0.000	843.38							ORIGINAL	0.088
PL2	152.240	5.715	3515.001	105.238	0.000	889.00							ORIGINAL	0.103
PL3	152.240	5.715	3515.001	105.238	0.000	889.00							ORIGINAL	0.103
PL4	152.400	5.715	3515.001	105.349	0.000	890.40							ORIGINAL	0.103
PL4	152.400	6.350	3515.001	94.814	0.000	844.71							ORIGINAL	0.089
PL5	152.400	6.350	3515.001	94.814	0.000	844.71							ORIGINAL	0.089
PL6	152.400	6.350	3515.001	94.814	0.000	844.71							ORIGINAL	0.089
PR1	32.400	1.270	2532.001	100.787	0.000	185.17							ORIGINAL	0.123
PR2	21.900	0.818	2532.001	105.768	0.000	128.23							ORIGINAL	0.133
PR3	21.900	0.818	2532.001	105.768	0.000	128.23							ORIGINAL	0.133
PR4	23.700	1.270	2532.001	73.724	0.000	115.86							ORIGINAL	0.073
PR5	16.800	0.711	2532.001	93.347	0.000	92.42							ORIGINAL	0.109
PTL	193.040	2.540	3515.001	300.245	0.000	1903.99							ORIGINAL	3.746
		2.540				1004.06							RING DESIGN	0.996
S01	21.900	1.270	2532.001	68.124	0.000	102.91							ORIGINAL	0.064
S02	32.385	1.270	2532.001	100.740	0.000	185.05							ORIGINAL	0.123
S03	16.827	0.712	2532.001	93.366	0.000	92.58							ORIGINAL	0.109

Como puede observarse en el listado anterior existen elementos con la leyenda “*Ring Design*”, esto indica que el resultado del análisis recomienda que se instalen anillos externos a los elementos tubulares donde la relación de esfuerzos por presión hidrostática está resultando mayor a la unidad, dichos anillos ya fueron instalados en la plataforma ONEL-A, sin embargo el diseño de estos elementos adicionales no se incluyen en este trabajo.

4.1.4.5. Revisión de pilotes

En esta sección se encuentran los resultados de la revisión de pilotes, como lo son esfuerzos arriba y debajo del lecho marino, desplazamientos y capacidad de carga.

a) Relación de esfuerzos arriba del lecho marino

A continuación se enlistan los resultados de relación de esfuerzos en pilotes, el valor máximo se encuentra resaltado.

Tabla 27. Variables contenidas en la tabla de "Member group summary"

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
GRUP	CRITICAL	LOAD	MAX.	DIST	APPLIED STRESSES			ALLOWABLE STRESSES				CRIT	EFFECTIVE LENGTHS		CM	
ID	MEMBER	COND	UNITY CHECK	FROM END M	AXIAL KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM	AXIAL KGSMM	EULER KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM	COND	KLY M	KLZ M	Y	Z

1	NOMBRE DEL GRUPO	7	ESFUERZO A FLEXIÓN ALREDEDOR DEL EJE Y (KG/MM ²)	14	LONGITUD EFECTIVA KLY (M)
2	MIEMBRO CRITICO	8	ESFUERZO A FLEXIÓN ALREDEDOR DEL EJE Z (KG/MM ²)	15	LONGITUD EFECTIVA KLZ (M)
3	CONDICIÓN DE CARGA	9	ESFUERZOS PERMISIBLES - AXIAL (KG/MM ²)	16	FACTOR DE ORRECIÓN DE MOMENTOS ALREDEDOR DEL EJE Y
4	MÁXIMA RELACIÓN DE ESFUERZOS	10	ESFUERZOS PERMISIBLES - EULER (KG/MM ²)	17	FACTOR DE CORRECIÓN DE MOMENTOS ALREDEDOR DEL EJE Z
5	DISTANCIA DESDE EL FINAL (M) SECCIONES	11	ESFUERZOS PERMISIBLES - FLEXIÓN EN EL EJE Y (KG/MM ²)		
6	ESFUERZO AXIAL (KG/MM ²)	12	ESFUERZOS PERMISIBLES - FLEXIÓN EN EL EJE Z (KG/MM ²)		
		13	CONDICIÓN CRITICA POR ESFUERZOS		

* cm=0.85 PARA MIEMBROS CUYOS EXTREMOS ESTAN RESTRINGIDOS CONTRA LA ROTACIÓN EN EL PLANO DE LA FLEXIÓN

* * * M E M B E R G R O U P S U M M A R Y * * *

API RP2A 21ST/AISC 9TH

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
GRUP	CRITICAL	LOAD	MAX.	DIST	* APPLIED STRESSES *			*** ALLOWABLE STRESSES ***				CRIT	EFFECTIVE LENGTHS		* CM VALUES *	
ID	MEMBER	COND	UNITY CHECK	FROM END M	AXIAL KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM	AXIAL KGSMM	EULER KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM	COND	KLY M	KLZ M	Y	Z
PB1	0617-0951	T225	0.16	0.0	0.88	1.31	-2.68	20.21	15.62	25.26	25.26	TN+BN	16.6	16.6	0.85	0.85
PB2	0895-0958	V180	0.22	0.0	2.00	-3.04	-0.39	20.21	35.75	25.26	25.26	TN+BN	6.9	6.9	0.85	0.85
PL0	005P-105P	T180	0.83	2.1	-9.37	1.68	17.46	28.058260	51	35.06	35.06	C>.15B	2.1	2.1	0.85	0.85
PL1	105P-205P	T180	0.88	0.0	-9.38	1.69	17.50	23.91	79.70	35.06	35.06	C>.15A	21.4	21.4	0.85	0.85
PL2	205P-305P	T135	0.61	2.3	-12.99	1.00	-2.97	24.88	118.95	35.06	35.06	C>.15A	17.8	17.8	0.85	0.85
PL3	305P-405P	T135	0.56	0.0	-12.88	-0.37	1.86	25.29	147.10	35.06	35.06	C>.15A	16.0	16.0	0.85	0.85
PL4	405P-505P	T135	0.53	11.7	-12.66	-0.63	1.00	25.58	174.42	35.06	35.06	C>.15A	14.7	14.7	0.85	0.85
PL5	505P-605P	T135	0.48	0.0	-11.42	-0.73	1.38	26.08	247.10	35.06	35.06	C>.15A	12.3	12.3	0.85	0.85
PL6	705L-805P	O090	0.44	0.5	-6.68	3.33	0.16	21.09	*****	26.36	26.36	C>.15B	0.5	0.5	0.85	0.85

En la figura 37 se muestra las relaciones de esfuerzos obtenidos para los pilotes arriba del lecho marino, se indica la escala de colores, la cual indica que los valores mayores a la unidad, son miembros en condición de falla.

Se percibe en la figura que solo 2 miembros presentan esfuerzos superiores a 0.8 los cuales se encuentran en color amarillo, corresponde a elementos tubulares que conectan a la placa base del lecho marino.

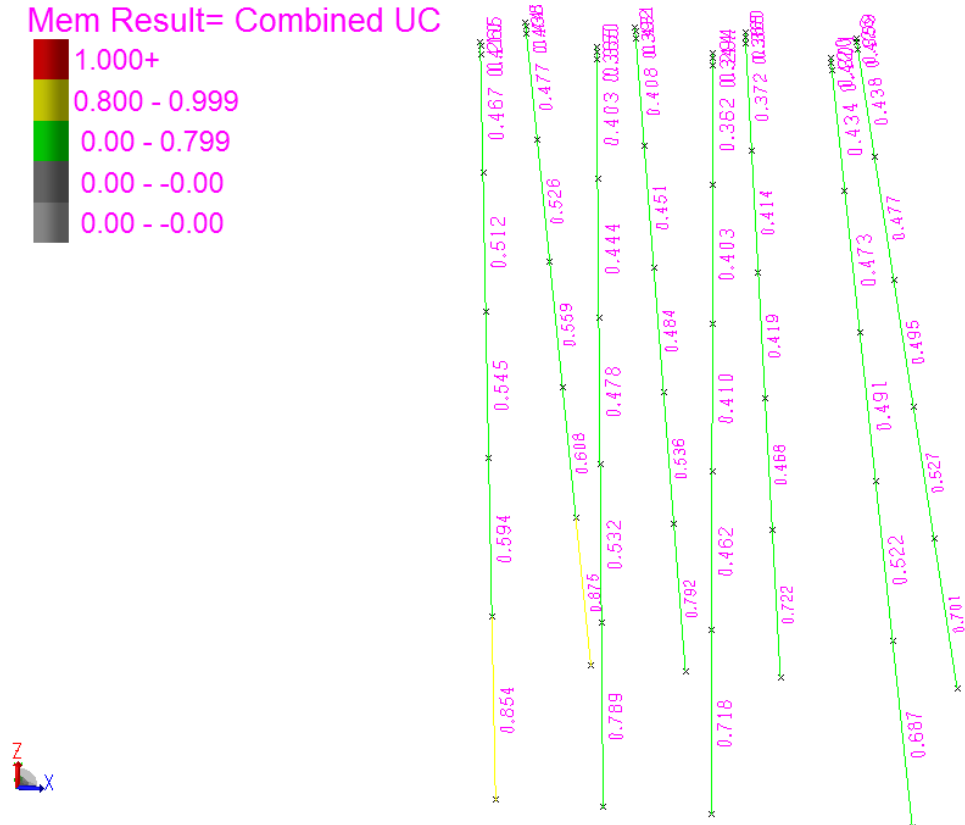


Figura 38 Relación de esfuerzos de sección de pilotes arriba del lecho marino (Donde UC es Unity Check: Notación que define la relación de esfuerzos combinados en un miembro estructural)

b) Relación de esfuerzos debajo del lecho marino

En el siguiente listado se muestra la relación de esfuerzos de los pilotes debajo del lecho marino, el valor máximo se encuentra resaltado.

Se indica a continuación el significado de las variables de la tabla obtenida de SACS 5.6 "Pile group summary".

Tabla 28. Variables contenidas en la tabla "Pile group summary"

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DISTANCE FROM PILEHEAD M	DEFLECTIONS			INTERNAL LOADS			STRESSES				PILE HEAD ID	CRITICAL LOAD CASE	MAXIMUM UNITY CHECK
	LATERAL CM	AXIAL CM	ROT RAD	BENDING MOMENT M-KG	SHEAR KG	AXIAL LOAD KG	BENDING STRESS KG/CM	AXIAL STRESS KG/CM	SHEAR STRESS KG/CM	COMB. STRESS KG/CM			

- 1 DISTANCIA DES DE LA CABEZA DEL PILOTE (M)
- 2 DES PLAZAMIENTO LATERAL (CM)
- 3 DES PLAZAMIENTO AXIAL (CM)
- 4 DES PLAZAMIENTO ROTACIONAL (RAD)
- 5 MOMENTO FLEXIONANTE (KG-M)
- 6 FUERZA CORTANTE (KG)
- 7 CARGA AXIAL (KG)

- 8 ESFUERZO DE FLEXIÓN (KG/CM²)
- 9 ESFUERZO AXIAL (KG/CM²)
- 10 ESFUERZO CORTANTE (KG/CM²)
- 11 ESFUERZOS COMBINADOS (KG/CM²)
- 12 IDENTIFICACIÓN DE LA CABEZA DEL PILOTE
- 13 CASO DE CARGA CRITICO
- 14 MÁXIMA RELACIÓN DE ESFUERZOS

* * P I L E G R O U P S U M M A R Y * *
GROUP ID = PLA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DISTANCE FROM PILEHEAD M	DEFLECTIONS LATERAL CM	DEFLECTIONS AXIAL CM	DEFLECTIONS ROT RAD	INTERNAL LOADS BENDING MOMENT M-KG	INTERNAL LOADS SHEAR KG	INTERNAL LOADS AXIAL LOAD KG	STRESSES BENDING STRESS KG/CM	STRESSES AXIAL STRESS KG/CM	STRESSES SHEAR STRESS KG/CM	STRESSES COMB. STRESS KG/CM	PILE HEAD ID	CRITICAL LOAD CASE	MAXIMUM UNITY CHECK
0.0	28.285	4.611	0.01276	1513235.7	243850.5	*****	1364.21	-938.17	152.84-2302.38	005P	T180	0.724	
1.2	26.707	4.556	0.01370	1224064.6	244025.1	*****	1103.51	-938.48	152.95-2041.99	005P	T180	0.649	
2.4	25.029	4.502	0.01444	934866.4	243250.2	*****	842.80	-938.96	152.46-1781.76	005P	T180	0.575	
3.6	19.120	5.293	0.01290	499833.5	211488.7	*****	450.61	-1053.00	132.55-1503.61	001P	T225	0.504	
4.8	16.164	5.525	0.01237	210037.4	194679.9	*****	189.35	-1090.95	122.02-1280.30	005P	T135	0.443	
5.9	2.403	3.500	0.00294	149329.6	52508.4	*****	134.62	-814.95	32.91-949.58	005P	O135	0.437	
7.1	2.059	3.452	0.00282	206940.0	46815.1	*****	186.56	-814.37	29.34-1000.93	005P	O135	0.457	
8.3	11.750	5.334	0.01210	449075.5	164921.9	*****	404.85	-1089.19	103.37-1494.04	005P	T135	0.504	
9.5	10.330	5.270	0.01173	635836.6	150297.2	*****	573.22	-1088.03	94.20-1661.25	005P	T135	0.551	
10.7	8.961	5.207	0.01123	804306.7	133508.6	*****	725.09	-1086.59	83.68-1811.68	005P	T135	0.594	
11.9	7.658	5.144	0.01061	951812.4	114610.2	*****	858.07	-1084.86	71.83-1942.93	005P	T135	0.631	
13.1	6.436	5.074	0.00987	1075598.5	92402.1	*****	1053.22	-1185.90	63.43-2239.12	005P	T135	0.723	
14.3	5.311	5.005	0.00903	1170312.4	67574.8	*****	1145.97	-1183.29	46.39-2329.26	005P	T135	0.749	
15.5	4.815	4.664	0.00885	1293228.0	49340.9	*****	1266.32	-1138.79	33.87-2405.12	001P	T225	0.767	
16.6	5.116	3.827	0.00973	1503395.3	39093.8	*****	1472.12	-1010.94	26.84-2483.06	005P	T180	0.780	
17.8	4.026	3.768	0.00859	1530041.8	13387.2	*****	1498.21	-1007.39	9.19-2505.60	005P	T180	0.786	
19.0	3.072	3.709	0.00745	1521758.7	23004.0	*****	1490.10	-1003.52	15.79-2493.62	005P	T180	0.783	
20.2	2.254	3.651	0.00633	1479758.7	49358.6	*****	1448.97	-999.35	33.88-2448.32	005P	T180	0.770	
21.4	1.568	3.587	0.00522	1405664.7	75447.5	*****	1510.14	-1100.56	57.30-2610.70	005P	T180	0.823	
22.6	1.013	3.523	0.00413	1300847.5	100309.6	*****	1397.53	-1095.14	76.18-2492.68	005P	T180	0.789	
23.8	0.585	3.459	0.00312	1167341.3	122656.1	*****	1254.11	-1089.38	93.15-2343.49	005P	T180	0.746	
25.0	0.271	3.395	0.00222	1009263.6	141347.7	*****	1084.28	-1083.26	107.34-2167.54	005P	T180	0.695	
26.2	0.056	3.332	0.00147	831257.2	153844.8	*****	893.04	-1076.74	116.83-1969.78	005P	T180	0.639	
27.4	0.078	3.270	0.00085	643439.8	154124.0	*****	691.26	-1069.82	117.04-1761.08	005P	T180	0.579	
28.5	0.162	4.136	0.00003	274790.7	105476.0	*****	327.95	-1396.04	89.72-1723.99	005P	T135	0.591	
29.7	0.151	4.054	0.00017	157120.7	92131.5	*****	187.52	-1387.27	78.37-1574.78	005P	T135	0.548	
30.9	0.122	3.974	0.00026	55718.9	75900.2	*****	66.50	-1378.04	64.56-1444.54	005P	T135	0.510	
32.1	0.088	3.894	0.00028	23426.5	48710.0	*****	27.96	-1365.89	41.44-1393.85	005P	T135	0.495	
33.3	0.056	3.814	0.00024	60148.4	19087.6	*****	71.78	-1350.59	16.24-1422.37	005P	T135	0.502	
34.5	0.031	3.736	0.00018	68771.2	569.8	*****	82.07	-1334.37	0.48-1416.45	005P	T135	0.499	
35.7	0.013	3.659	0.00012	61320.3	9235.3	*****	73.18	-1317.24	7.86-1390.42	005P	T135	0.490	
36.9	0.002	3.572	0.00007	46812.3	12649.0	*****	63.05	-1478.35	12.24-1541.40	005P	T135	0.757	
38.1	0.004	3.486	0.00003	31241.6	12140.8	*****	42.08	-1456.90	11.75-1498.97	005P	T135	0.738	
39.2	0.006	3.402	0.00001	17941.7	9686.3	*****	24.16	-1435.17	9.38-1459.34	005P	T135	0.720	
40.4	0.006	3.319	0.00001	8207.7	6677.6	*****	11.05	-1413.45	6.46-1424.50	005P	T135	0.704	
41.6	0.005	3.237	0.00001	2063.2	3921.4	*****	2.78	-1391.73	3.80-1394.51	005P	T135	0.690	
42.8	0.003	3.157	0.00001	1119.1	1959.6	*****	1.51	-1372.46	1.90-1373.97	005P	T135	0.680	
44.0	0.002	3.077	0.00001	2598.2	705.9	*****	3.50	-1355.38	0.68-1358.88	005P	T135	0.672	
45.2	0.001	2.998	0.00001	2796.2	103.6	*****	3.77	-1337.73	0.10-1341.50	005P	T135	0.664	
46.4	0.000	2.921	0.00000	2353.1	463.7	*****	3.17	-1319.46	0.45-1322.63	005P	T135	0.654	
47.6	0.000	2.845	0.00000	1693.6	544.2	*****	2.28	-1300.55	0.53-1302.83	005P	T135	0.645	
48.8	0.000	2.769	0.00000	1059.1	477.4	*****	1.43	-1280.98	0.46-1282.41	005P	T135	0.635	
49.9	0.000	2.695	0.00000	558.4	354.0	*****	0.75	-1260.77	0.34-1261.52	005P	T135	0.624	
51.1	0.000	2.622	0.00000	217.2	227.6	*****	0.29	-1239.89	0.22-1240.18	005P	T135	0.614	
52.3	0.000	2.539	0.00000	17.3	124.1	*****	0.03	-1415.25	0.14-1415.28	005P	T135	0.700	
53.5	0.000	2.457	0.00000	77.9	51.6	*****	0.12	-1389.28	0.06-1389.40	005P	T135	0.688	
54.7	0.000	2.377	0.00000	105.6	8.0	*****	0.16	-1362.51	0.01-1362.67	005P	T135	0.674	
55.9	0.000	2.298	0.00000	96.8	13.6	*****	0.15	-1334.93	0.02-1335.08	005P	T135	0.661	
57.1	0.000	2.221	0.00000	73.1	20.7	*****	0.11	-1311.35	0.02-1311.46	005P	T135	0.649	
58.3	0.000	2.145	0.00000	47.5	19.8	*****	0.07	-1292.17	0.02-1292.24	005P	T135	0.640	
59.5	0.000	2.070	0.00000	26.1	15.3	*****	0.04	-1272.99	0.02-1273.03	005P	T135	0.630	
60.7	0.000	1.997	0.00000	11.0	10.2	*****	0.02	-1253.81	0.01-1253.83	005P	T135	0.621	
61.8	0.000	1.924	0.00000	1.9	5.8	*****	0.00	-1234.64	0.01-1234.64	005P	T135	0.611	

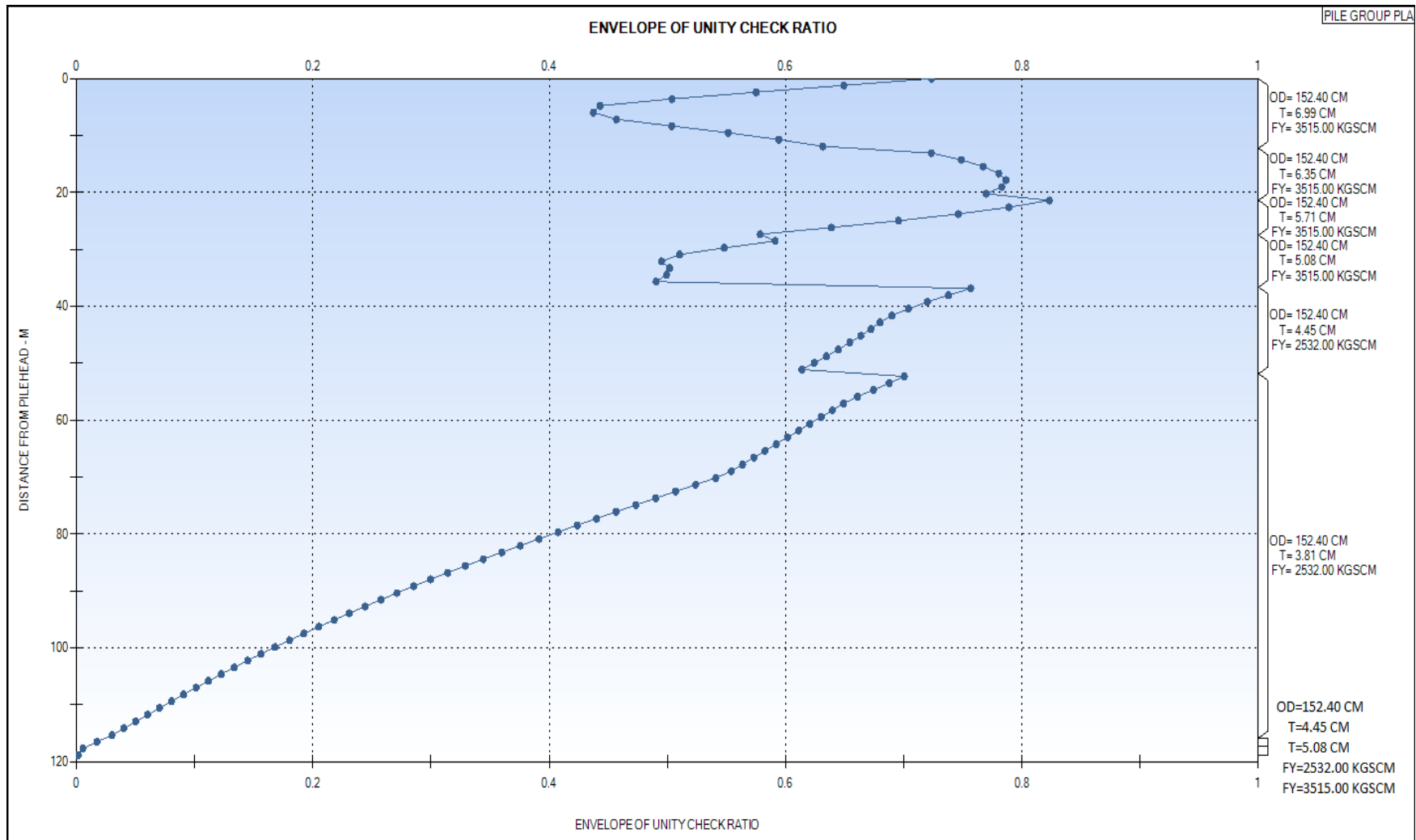
Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

* * P I L E G R O U P S U M M A R Y * *

GROUP ID = PLA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DISTANCE FROM PILEHEAD	DEFLECTIONS			INTERNAL LOADS		STRESSES				PILE HEAD	CRITICAL LOAD CASE	MAXIMUM UNITY CHECK	
M	LATERAL CM	AXIAL CM	ROT. RAD.	BENDING MOMENT M-KG	SHEAR KG	AXIAL LOAD KG	BENDING STRESS KG/CM	AXIAL STRESS KG/CM	SHEAR STRESS KG/CM	COMB. STRESS KG/CM	ID	CASE	CHECK
71.4	0.000	1.385	0.00000	0.1	0.3		0.00	-1058.52	0.00	-1058.52	005P	T135	0.524
72.5	0.000	1.324	0.00000	0.1	0.1		0.00	-1024.31	0.00	-1024.31	005P	T135	0.507
0.0	17.304	4.348	0.00849	981885.6	175645.6		885.19	-903.80	110.09	-1788.98	008P	V000	0.575
1.2	16.246	4.295	0.00910	771714.2	175467.7		695.71	-904.10	109.98	-1599.81	008P	V000	0.521
2.4	15.123	4.242	0.00957	562123.7	174227.4		506.76	-904.59	109.20	-1411.35	008P	V000	0.467
3.6	13.954	4.189	0.00988	355459.5	171233.7		320.45	-904.84	107.32	-1225.30	008P	V000	0.414
4.8	10.055	4.626	0.00836	94525.5	142008.7		85.22	-973.92	89.01	-1059.13	008P	V045	0.372
6.0	9.050	4.569	0.00835	100972.1	135407.5		91.03	-973.62	84.87	-1064.64	008P	V045	0.373
7.2	8.053	4.512	0.00823	249954.6	126714.7		225.34	-973.03	79.42	-1198.36	008P	V045	0.411
8.4	7.077	4.455	0.00801	393855.1	116071.0		355.07	-972.15	72.75	-1327.21	008P	V045	0.448
9.6	6.133	4.398	0.00769	525077.3	103735.3		473.37	-970.98	65.02	-1444.35	008P	V045	0.481
10.8	5.233	4.341	0.00729	640907.2	89917.4		577.79	-969.53	56.36	-1547.31	008P	V045	0.510
12.0	4.386	4.284	0.00681	739568.8	74703.0		666.73	-967.78	46.82	-1634.52	008P	V045	0.535
13.2	4.855	3.759	0.00784	928605.6	73640.9		909.29	-982.00	50.55	-1891.29	008P	V000	0.609
14.4	3.955	3.702	0.00713	1003338.8	51133.4		982.47	-979.37	35.10	-1961.83	008P	V000	0.629
15.6	3.146	3.644	0.00635	1050453.5	28250.6		1028.60	-976.42	19.39	-2005.02	008P	V000	0.641
16.8	2.432	3.587	0.00555	1070087.1	6517.7		1047.82	-973.16	4.47	-2020.98	008P	V000	0.646
18.0	1.815	3.530	0.00475	1062747.7	17462.8		1040.64	-969.58	11.99	-2010.22	008P	V000	0.642
19.2	1.294	3.473	0.00396	1029012.7	39024.8		1007.61	-965.69	26.79	-1973.29	008P	V000	0.632
20.4	0.866	3.416	0.00320	969456.8	59630.4		949.29	-961.48	40.93	-1910.77	008P	V000	0.614
21.6	0.526	3.360	0.00250	886213.2	78283.4		867.78	-956.95	53.74	-1824.73	008P	V000	0.589
22.8	0.266	3.298	0.00186	781911.2	94435.7		840.03	-1053.27	71.72	-1893.30	008P	V000	0.615
24.0	0.081	3.236	0.00128	659942.2	106744.2		708.99	-1047.46	81.06	-1756.46	008P	V000	0.576
25.2	0.040	3.175	0.00079	526137.2	110123.3		565.24	-1041.29	83.63	-1606.53	008P	V000	0.532
26.4	0.108	3.114	0.00040	396067.4	103223.0		425.51	-1034.72	78.39	-1460.23	008P	V000	0.490
27.6	0.137	3.053	0.00012	278795.6	91808.8		299.52	-1027.75	69.72	-1327.26	008P	V000	0.452
28.8	0.116	3.387	0.00013	101545.3	57867.8		121.19	-1236.67	49.23	-1357.86	008P	V045	0.475
30.0	0.095	3.314	0.00019	39750.7	45446.4		47.44	-1227.83	38.66	-1275.27	008P	V045	0.451
31.2	0.070	3.242	0.00021	7359.5	39276.6		8.78	-1218.53	28.31	-1227.32	008P	V045	0.437
32.4	0.046	3.171	0.00018	39989.2	17816.8		47.72	-1206.29	15.16	-1254.02	008P	V045	0.444
33.6	0.026	3.100	0.00014	50048.4	2796.4		59.73	-1190.87	2.38	-1250.60	008P	V045	0.442
34.8	0.012	3.031	0.00010	46688.6	5475.4		55.72	-1174.53	4.66	-1230.25	008P	V045	0.435
35.9	0.003	2.962	0.00006	36928.1	8830.5		44.07	-1157.26	7.51	-1201.33	008P	V045	0.425
37.1	0.002	2.895	0.00003	25528.8	9025.2		30.47	-1139.08	7.68	-1169.54	008P	V045	0.415
38.3	0.004	2.819	0.00001	15301.8	7517.6		20.61	-1274.66	7.28	-1295.27	008P	V045	0.639
39.5	0.004	2.745	0.00000	7514.9	5395.5		10.12	-1252.77	5.22	-1262.89	008P	V045	0.624
40.7	0.004	2.672	0.00001	2372.9	3343.3		3.20	-1230.88	3.24	-1234.08	008P	V045	0.610
41.9	0.003	2.600	0.00001	496.4	1694.0		0.67	-1208.99	1.64	-1209.66	008P	V045	0.599
43.1	0.002	2.530	0.00001	1686.4	635.5		2.27	-1189.24	0.62	-1191.51	008P	V045	0.589
44.3	0.001	2.461	0.00001	2019.2	40.3		2.72	-1171.30	0.04	-1174.02	008P	V045	0.581
45.5	0.000	2.392	0.00000	1782.8	289.2		2.40	-1152.71	0.28	-1155.12	008P	V045	0.571
46.7	0.000	2.325	0.00000	1326.3	386.9		1.79	-1133.47	0.37	-1135.26	008P	V045	0.562
47.9	0.000	2.259	0.00000	855.6	357.3		1.15	-1113.57	0.35	-1114.72	008P	V045	0.552
49.1	0.000	2.194	0.00000	470.0	273.9		0.63	-1093.00	0.27	-1093.64	008P	V045	0.541
50.3	0.000	2.131	0.00000	199.4	181.4		0.27	-1071.77	0.18	-1072.04	008P	V045	0.531
51.5	0.000	2.068	0.00000	35.4	102.6		0.05	-1049.87	0.10	-1049.92	008P	V045	0.520
52.7	0.000	2.007	0.00000	46.5	45.8		0.06	-1027.30	0.04	-1027.36	008P	V045	0.508
53.9	0.000	1.938	0.00000	74.2	10.5		0.12	-1166.30	0.01	-1166.41	008P	V045	0.577
55.1	0.000	1.870	0.00000	71.6	7.7		0.11	-1138.32	0.01	-1138.44	008P	V045	0.563
56.3	0.000	1.804	0.00000	55.7	14.4		0.09	-1109.54	0.02	-1109.63	008P	V045	0.549
57.5	0.000	1.740	0.00000	37.0	14.5		0.06	-1085.28	0.02	-1085.34	008P	V045	0.537
58.7	0.000	1.677	0.00000	20.9	11.6		0.03	-1065.96	0.01	-1065.99	008P	V045	0.528
59.9	0.000	1.614	0.00000	9.3	7.8		0.01	-1046.63	0.01	-1046.65	008P	V045	0.518
61.1	0.000	1.554	0.00000	2.1	4.5		0.00	-1027.31	0.01	-1027.31	008P	V045	0.508
5.5	11.391	0.175	0.02316	140551.7	34002.6	-54759.0	1341.93	-93.16	115.70	-1435.09	812P	V180	0.577
6.1	10.029	0.172	0.02207	160137.3	30094.3	-54774.4	1528.92	-93.19	102.40	-1622.11	812P	V180	0.651
6.7	8.720	0.169	0.02080	177211.9	25746.8	-54765.5	1691.94	-93.17	87.61	-1785.12	812P	V180	0.716
7.3	7.493	0.167	0.01942	191522.5	21037.2	-54733.1	1828.58	-93.12	71.58	-1921.69	812P	V180	0.770
7.9	6.352	0.164	0.01794	202856.0	16073.5	-54678.2	1936.78	-93.02	54.69	-2029.81	812P	V180	0.813
8.5	5.305	0.161	0.01639	211115.9	10950.1	-54601.7	2015.65	-92.89	37.26	-2108.54	812P	V180	0.844
9.1	4.354	0.158	0.01479	216204.0	5679.9	-54504.5	2064.23	-92.73	19.33	-2156.95	812P	V180	0.863
9.8	3.501	0.155	0.01317	218039.6	291.2	-54387.5	2081.75	-92.53	0.99	-2174.28	812P	V180	0.870
10.4	2.749	0.153	0.01154	216557.0	5195.1	-54251.7	2067.59	-92.30	17.68	-2159.89	812P	V180	0.864
11.0	2.095	0.150	0.00993	211707.0	10657.1	-54097.9	2021.29	-92.04	36.26	-2113.33	812P	V180	0.846
11.6	1.537	0.147	0.00838	203566.1	15859.4	-53927.1	1943.56	-91.75	53.96	-2035.31	812P	V180	0.815
12.2	1.073	0.144	0.00689	192374.6	21044.3	-53740.2	1836.71	-91.43	71.61	-1928.14	812P	V180	0.772
12.8	0.697	0.142	0.00551	177913.3	26391.6	-53538.0	1698.64	-91.08	89.80	-1789.73	812P	V180	0.718
13.4	0.402	0.139	0.00424	160203.4	31422.6	-53321.4	1529.55	-90.72	106.92	-1620.27	812P	V180	0.651
14.0	0.180	0.136	0.00312	139609.4	35617.6	-53091.4	1332.93	-90.32	121.19	-1423.26	812P	V180	0.572

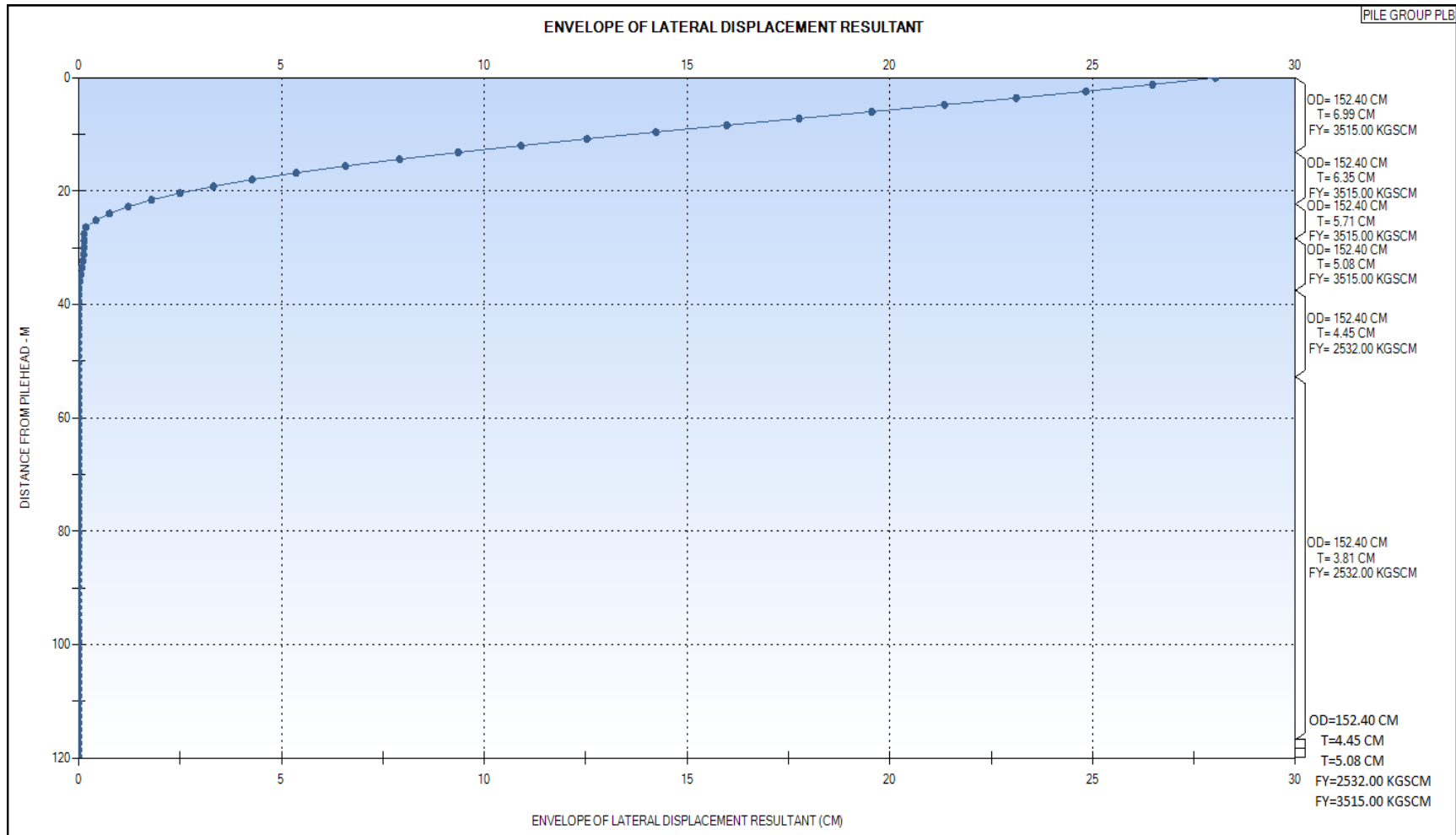
En la gráfica 2 se observan los datos de relación de esfuerzos (UC) en el eje X y las distancias desde la cabeza de pilote las cuales están graficadas en el eje Y.



Gráfica 2. Envoltura de relación de esfuerzos máximos en pilotes
(Donde UC es Unity Check: Notación que define la relación de esfuerzos combinados en un miembro estructural)

c) Desplazamientos

En la gráfica 3 se observan los desplazamientos en el eje X en centímetros y las distancias desde la cabeza de pilote las cuales están graficadas en el eje Y, se puede observar que para mayor distancia desde la cabeza del pilote disminuye el desplazamiento.



Gráfica 3 Envolvente de desplazamientos laterales en pilotes

d) Revisión por carga axial

El objetivo de revisar la carga axial es verificar que los valores resultantes en los pilotes estén dentro de la capacidad de carga axial última de acuerdo a estudios de mecánica de suelos realizados en el sitio, la gráfica mostrada en la figura 38 es de Pilotes de 60"Ø correspondiente a la plataforma.

Longitud de hincado de pilotes= 118 m.

Lectura de capacidad de carga axial ultima= 58 MN=5,914.318 T-m

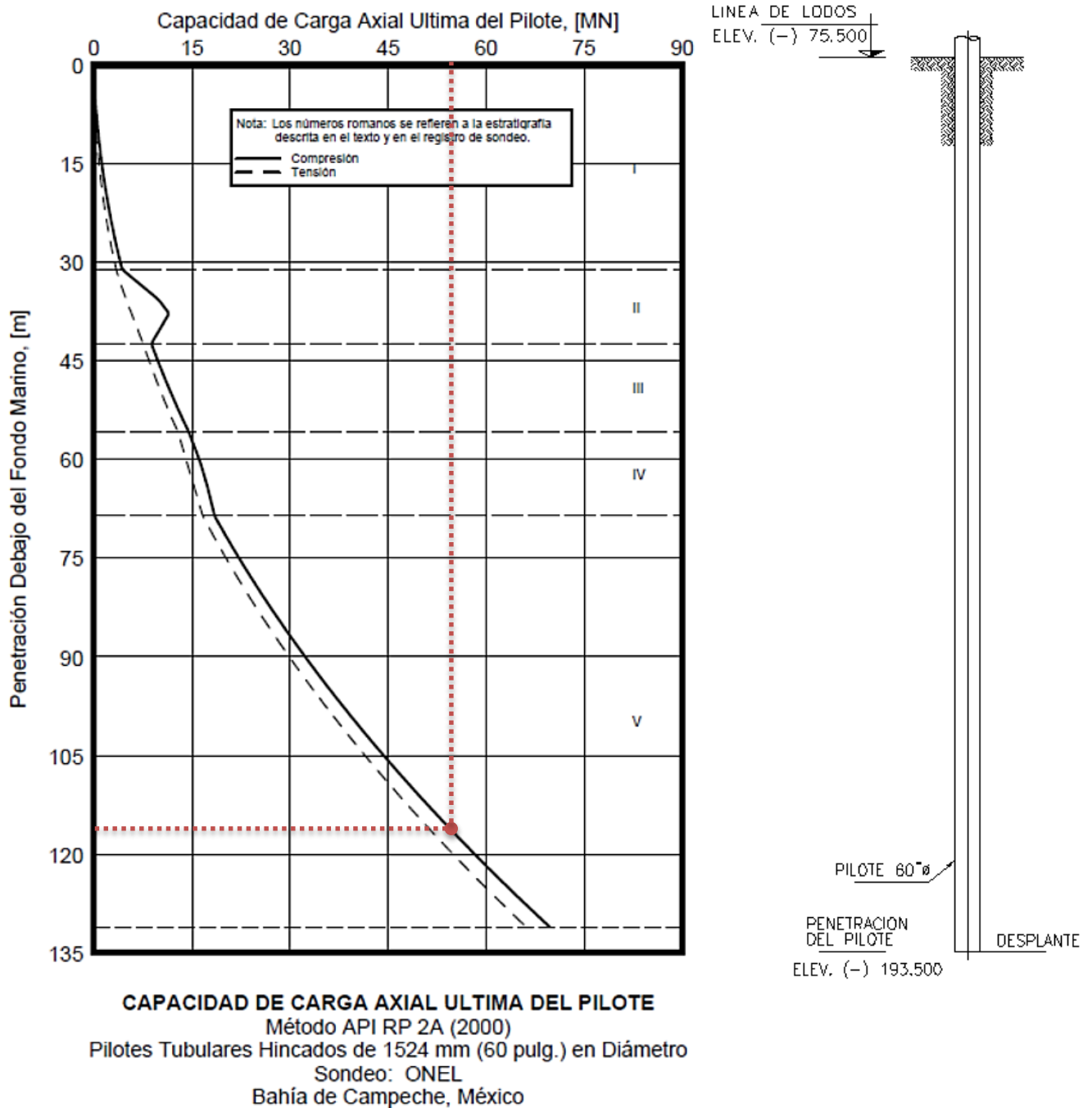


Figura 39 Curvas de capacidad de carga axial última en pilotes de 60"Ø y detalle de hincado de pilotes

e) Cálculo de factores de seguridad en pilotes

En las tablas 29 y 30 se indican los resultados de los pilotes, para ejes de referencia ver figura 7a, para la nomenclatura de las combinaciones de carga ver sección 3.1.2.3.

Tabla 29. Factores de seguridad obtenidos en pilotes, condición de operación

PILOTE	EJE	JUNTA	DIAMETRO (in)	CAPACIDAD AXIAL (ton)	PESO DEL PILOTE (ton)	CAPACIDAD AXIAL NETA (ton)	OPERACIÓN		FACTOR DE SEGURIDAD
							DIRECCIÓN	CARGA MAX. AXIAL (ton)	OPERACIÓN
ESQUINA	1-A	001P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	O225	2365.24	2.33
ESQUINA	1-B	005P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	O135	2598.21	2.12
INTERIOR	2-A	002P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	Q270	2193.13	2.52
INTERIOR	2-B	006P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	O090	2287.27	2.41
INTERIOR	3-A	003P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	Q270	1980.76	2.79
INTERIOR	3-B	007P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	O090	2050.31	2.69
ESQUINA	4-A	004P	60	5,914.31	390.17	5,524.14	Q315	1604.38	3.44
ESQUINA	4-B	008P	60	5,914.31	390.17	5,524.14	Q045	1669.47	3.30

(Ver figura 22 para direcciones de incidencias de oleaje y viento)

Tabla 30. Factores de seguridad obtenidos en pilotes, condición de tormenta

PILOTE	EJE	JUNTA	DIAMETRO (in)	CAPACIDAD AXIAL (ton)	PESO DEL PILOTE (ton)	CAPACIDAD AXIAL NETA (ton)	TORMENTA		FACTOR DE SEGURIDAD
							DIRECCIÓN	CARGA MAX. AXIAL (ton)	TORMENTA
ESQUINA	1-A	001P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	T225	3357.55	1.64
ESQUINA	1-B	005P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	T135	3478.46	1.58
INTERIOR	2-A	002P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	V225	2946.22	1.87
INTERIOR	2-B	006P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	T135	3004.18	1.84
INTERIOR	3-A	003P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	V270	2699.50	2.04
INTERIOR	3-B	007P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	T090	2769.62	1.99
ESQUINA	4-A	004P	60	5,914.31	390.17	5,524.14	V315	3068.49	1.80
ESQUINA	4-B	008P	60	5,914.31	390.17	5,524.14	V045	3104.03	1.77

(Ver figura 22 para direcciones de incidencias de oleaje y viento)

De acuerdo al código API-RP-2A sección 6, se comparan los factores de seguridad de operación y de tormenta incluidos en las tablas anteriores contra los mencionados en el código. Para el caso de operación este último debe ser mayor o igual a 2.0, y para el caso de tormenta igual o mayor a 1.5. Nótese que lo anterior se cumple para ambas condiciones.

4.1.5. Análisis de resultados

Estudiando los datos obtenidos del análisis estático de la plataforma octápoda ONEL-A se puede concluir lo siguiente:

El desplazamiento máximo se presentó en el nodo 2216, para la combinación de carga T180, es decir, para condición de tormenta en ángulo de incidencia 180° posición de la torre de perforación #1, la ubicación del nodo se puede apreciar en la figura 39.

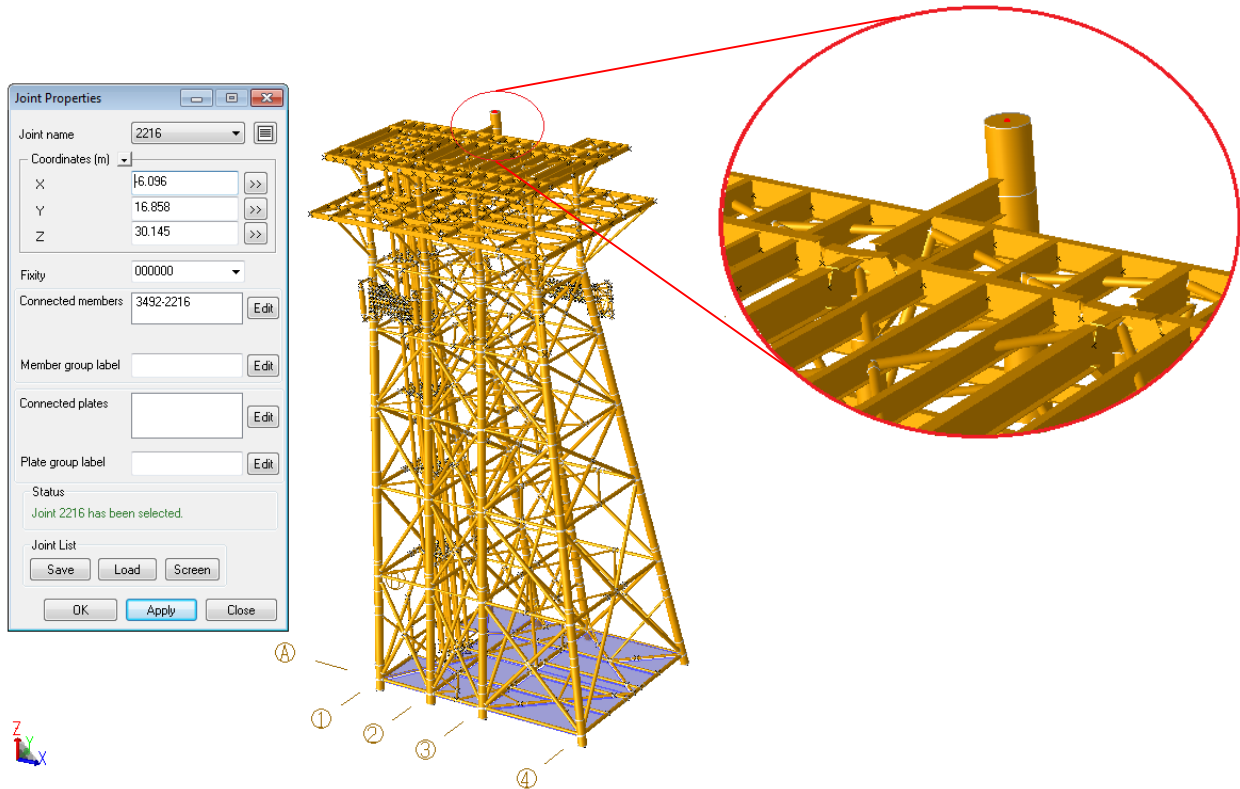


Figura 40 Localización del nodo con mayor desplazamiento

La mayor relación de esfuerzos en los elementos es de 0.98 por lo que en general se puede concluir que el comportamiento de la estructura es adecuado es cuanto a esfuerzos.

En el análisis para revisión de juntas, el cual revisa las relaciones de esfuerzos en los nodos, se presentaron 2 juntas mayores a la unidad, para cumplir en cuanto a esfuerzos se ha reforzado con una placa central en cada nodo, cabe resaltar que los arriostramientos que conectan a estos nodos son para la etapa de instalación, dicha etapa no es alcance del presente trabajo. En cuanto a los nodos restantes de la estructura no se presentaron juntas mayores a la unidad.

Los esfuerzos en pilotes presentaron un valor máximo de 0.823 a una profundidad de 21.40 m respecto de la cabeza del grupo de pilotes de 60" Ø por lo que su comportamiento cumple con lo indicado en la normativa, se concluye que en general el comportamiento estructural del grupo de pilotes es adecuado al cumplir con los factores de seguridad mínimos indicados en la norma.

4.2. CASO B: ANALISIS EN SITIO DINAMICO

Este análisis es requerido para conocer el comportamiento de la estructura ante condiciones de tormenta, a diferencia del método estático descrito anteriormente, en este método dinámico se toma en consideración la naturaleza de las acciones ambientales, ya que estas acciones como viento, oleaje y corriente pueden tener un efecto negativo en la estructura es necesario realizar el análisis dinámico ya que la respuesta de la estructura ante estas condiciones no sería posible conocer mediante un análisis estático.

En el análisis dinámico las cargas actuantes son variables con el tiempo debiendo requerirse la participación de las fuerzas de inercia en la estimación de la respuesta de la estructura (Wilson, 2003), la respuesta de la estructura se refiere a la obtención de los desplazamientos y esfuerzos resultantes; el análisis dinámico se calcula bajo el criterio de diseño por esfuerzos permisibles (*ASD Allowable Stress Design*) descrito en la sección anterior 4.1.

Ecuación de movimiento del análisis dinámico:

$$m\ddot{u} + C\dot{u} + k(u) = p(t) \quad \text{ec. (7)}$$

Donde:

m: Matriz de masas

\ddot{u}, \dot{u}, u : Vectores que representan aceleración, velocidad y desplazamiento respectivamente.

c: Matriz de amortiguamiento

k: Rigidez del sistema

p(t): fuerza externa

Entre las características principales de un análisis dinámico se pueden citar las siguientes:

- I. Las cargas varían en relación con el tiempo.
- II. Se deben considerar las fuerzas de inercia asociadas a la propiedad de inercia de la masa de la estructura.
- III. Las deformaciones y los esfuerzos varían con el tiempo.
- IV. Las condiciones de equilibrio no son suficientes para determinar la respuesta de la estructura a cargas dinámicas, es necesario tener una descripción detallada de la variación de las cargas.

En plataformas marinas en aguas profundas es indispensable realizar el análisis dinámico al tratarse de estructuras más flexibles en comparación con las plataformas fijas en aguas someras; en esta sección del trabajo de tesina se desarrolla el análisis dinámico para una plataforma fija (API-RP-2A, 2000).

4.2.1. Metodología del Análisis

Inicialmente mediante un análisis se realiza la linealización de la cimentación, se entiende por linealización a la obtención de la matriz de rigidez lineal equivalente a la respuesta no lineal del sistema suelo-pilote.

Para este método se obtienen las formas modales de la estructura, posteriormente se calcula la respuesta dinámica ante acciones de oleaje y corriente, así como las fuerzas producidas debido a la velocidad y aceleración del agua.

Se definen ocho direcciones de incidencia las cuales aplican de igual manera para el método estático, considerando las direcciones 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°, de manera que para este método se tendrán ocho casos de carga dinámicas.

El análisis dinámico toma en cuenta un análisis estático incluyendo los efectos dinámicos sobre la estructura, es decir el *software* SACS 5.6 analiza empleando un factor de comportamiento dinámico, para el cálculo se incluye el comportamiento no lineal de la cimentación, y la respuesta dinámica del oleaje es en base al método de integración de historia en el tiempo.

Finalmente se obtendrán los resultados de esfuerzos y deformaciones de la superestructura, subestructura y de pilotes, las propiedades dinámicas de la estructura y la respuesta dinámica ante tormenta.

4.2.2. Consideraciones del análisis

Aplican las mismas consideraciones mencionadas para el Análisis estático adicionando las siguientes:

- La cimentación ha sido modelada mediante interacción suelo-pilote, acorde a la información del reporte de investigación geotécnica: reporte no. 0201-6317-1 Diavaz y Fugro de México, 2007 (Sondeo: ONEL).
- El análisis será de tipo dinámico para obtener propiedades dinámicas (formas modales, periodos de vibrar, matriz de masas, etc.).
- Se calculan las cargas dinámicas debido al movimiento y se utiliza un factor de amortiguamiento del 2% de acuerdo a la norma API-RP-2A-WSD.
- Finalmente se obtienen los resultados del análisis, de la superestructura, subestructura y pilotes (sobre el lecho marino y bajo el lecho marino).

Para representar las consideraciones al resolver el análisis dinámico de una plataforma marina, se muestra la figura 40.

Debido al comportamiento no lineal de la cimentación, la rigidez global del sistema estructural-cimentación es función del desplazamiento. En un análisis lineal la matriz de rigideces de la estructura está conformada en base a la configuración no-deformada y no cambia ya que la estructura no se deforma.

En cambio en el análisis dinámico se requiere la linealización de la cimentación también llamado como súper elemento el cual es equivalente. La figura 40 representa el comportamiento de los pilotes que soportan una plataforma marina, el grupo de pilotes de comportamiento no-lineal son representados por resortes, en la figura también se observa la curva P-Y, los datos de esta curva muestran la relación de resistencia lateral del suelo con el desplazamiento del pilote mientras que la curva T-Z muestra la transferencia de carga axial al asentamiento del pilote.

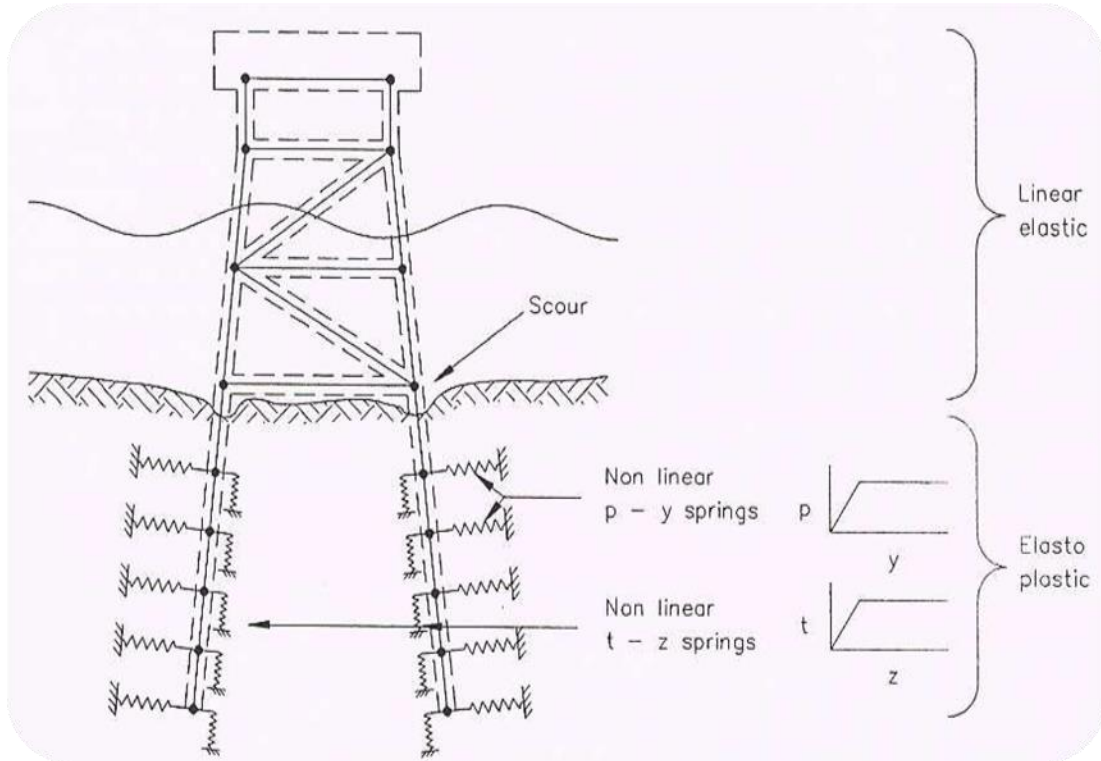


Figura 41 Solución a la interacción suelo-estructura en SACS 5.6.

La ecuación $\{F\} = [K]\{\delta\} + \{F_0\}$ indica la conformación de la matriz de rigideces considerando 6 grados de libertad en la cabeza de los pilotes (Pilehead), donde K, F_0 dependen de la rotación, desplazamiento y carga axial en el pilote y $\{F\}$ corresponde a las fuerzas externas aplicadas a la estructura.

4.2.3. Descripción del archivo de entrada

Los datos de entrada para ejecutar el análisis dinámico en el *software* SACS 5.6 se encuentra en el Apéndice B.

En el archivo de entrada se incluye la información relacionada a opciones para la ejecución de análisis por colapso hidrostático, se aplica un factor de seguridad de 2 para compresión axial, también se incluyen los rangos para clasificar las relaciones de esfuerzos es decir el primer rango de 0 a 0.8, 0.8 a 1.0 y mayores a 1. Se indica en el programa la revisión estructural mediante el método WSD. A continuación se indica el orden en el que se presenta el archivo de entrada:

- Geometría del modelo
- Propiedades mecánicas de los perfiles estructurales
- Áreas de viento
- Áreas expuestas para efectos de corriente
- Volúmenes sumergidos de ánodos de sacrificio
- Crecimiento marino
- Carga muerta
- Carga viva
- Cargas dinámicas ambientales en 8 direcciones
- Cargas de tormenta
- Combinaciones de carga

Posteriormente se requiere introducir al programa los datos del suelo-pilote indicando al programa que calcule un superelemento equivalente en la respuesta no-lineal del pilote.

Los siguientes datos introducidos al programa contiene información para la obtención de las propiedades dinámicas, principalmente se incluyen los siguientes datos:

- Los datos del suelo fueron obtenidos del reporte final de investigación geotécnica no. 0201-6317-1.
- Geometría de pilotes
- Identificación del nodo de las cabezas de los pilotes (*Pilehead*)
- Estratigrafía del suelo curvas T-Z
- Curvas P-Y las cuales definen la resistencia lateral del suelo

En el *software* los datos se introducen mediante la línea de comando: SOIL P-Y seguido de la línea de localización SLOCSM, las literales SM indican que la curva tiene la misma forma ya sea de tensión o compresión.

4.2.4. Obtención de propiedades dinámicas

En el análisis dinámico en sitio de la plataforma marina octápoda se obtienen las propiedades dinámicas como formas modales, periodos de vibrar, matriz de masas y matriz de rigidez, para fines del presente estudio, se calculan 40 modos de vibrar con el fin de cumplir mínimo el 90% la participación de masas.

Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

En el *software* este paso se calculó mediante el módulo interno del *software* DYN/EXTRACT MODE SHAPES, con el cual se obtienen las propiedades dinámicas de la estructura, y se obtuvo los modos de vibrar que se muestran a continuación (*Manuals SACS 5.6, 2013*).

En las imágenes 41 a 50 se pueden observar los primeros 10 modos de vibrar de la plataforma marina. En la parte superior de cada figura se indica el número del modo de vibrar seguido de la frecuencia dada en hertz (ciclos/s) y el periodo en s (segundos), así mismo se muestra los deflexiones máximas en x, y, z.

ISOMETRIC
MODE 1 FREQ 0.264 HZ PERIOD 3.785 SECS
MAX GLOBAL DEFL AT 2216 WTH DX, DY, DZ= 2.697 ; 0.042 ; 0.069

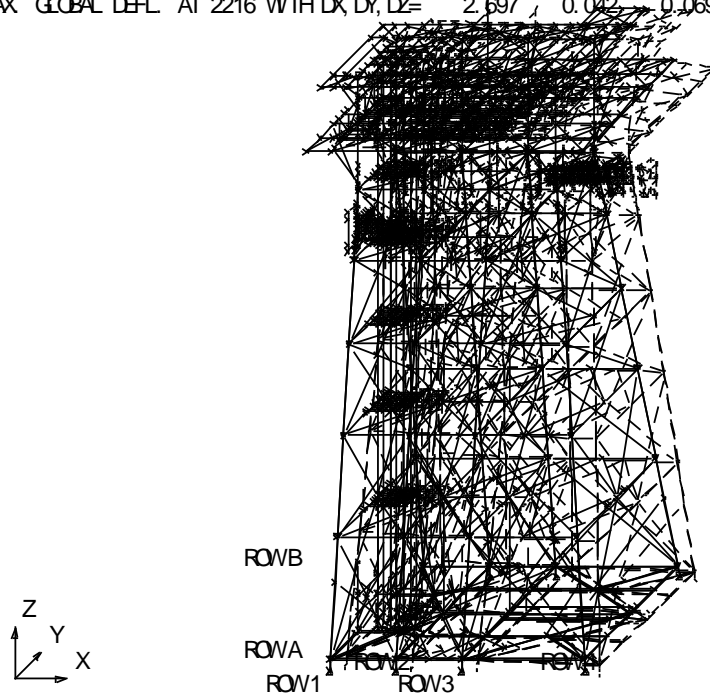


Figura 42 Configuración deformada del modo de vibrar 1 (X)

En el modo de vibrar 2 (ver figura 42) corresponde a traslación en el eje Y, por lo que rige la deflexión en el eje Y, de 2.643.

ISOMETRIC
 MODE 2 FREQ 0.328 HZ PERIOD 3.053 SECS
 MAX GLOBAL DEFL. AT 3358 WTH DX, DY, DZ= -0.290 2.643 0.055

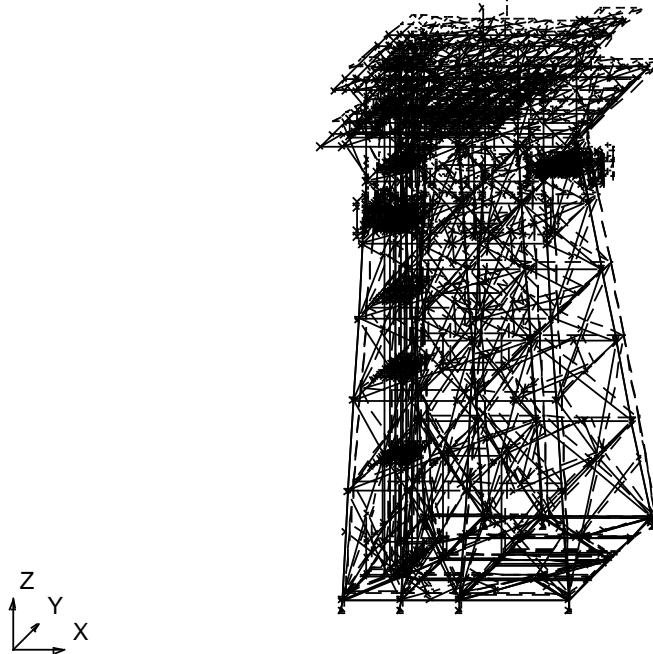


Figura 43 Configuración deformada del modo de vibrar 2 (Y)

En el modo de vibrar 3 (ver figura 43) corresponde a traslación en el eje Y, por lo que rige la deflexión en el eje Y, de 3.153.

ISOMETRIC
 MODE 3 FREQ 0.409 HZ PERIOD 2.446 SECS
 MAX GLOBAL DEFL. AT 3217 WTH DX, DY, DZ= 1.744 3.153 0.418

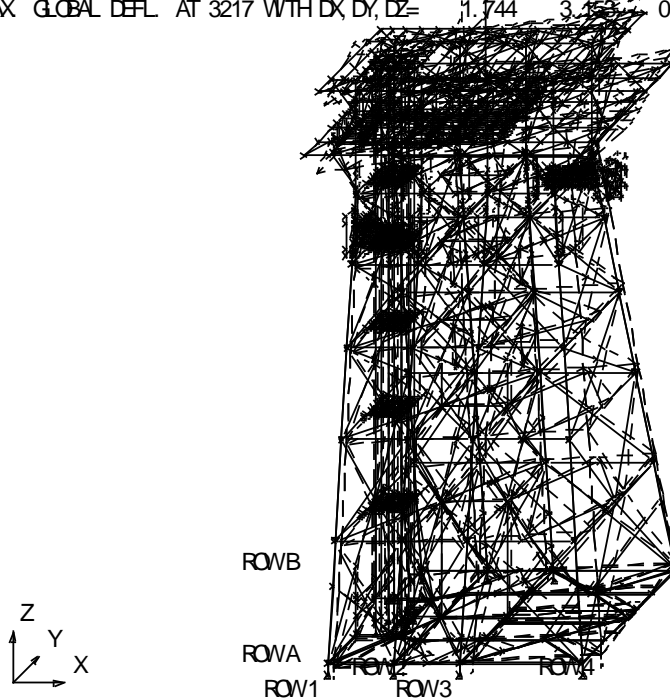


Figura 44 Configuración deformada del modo de vibrar 3 (Y)

En el modo de vibrar 4 (ver figura 44) corresponde a traslación en el eje Y, por lo que rige la deflexión en el eje Y, de 2.545.

ISOMETRIC
 MODE 4 FREQ 0.868 HZ PERIOD 1.153 SECS
 MAX GLOBAL DEFL AT 001L WTH DX, DY, DZ= -0.202 2.545 -0.188

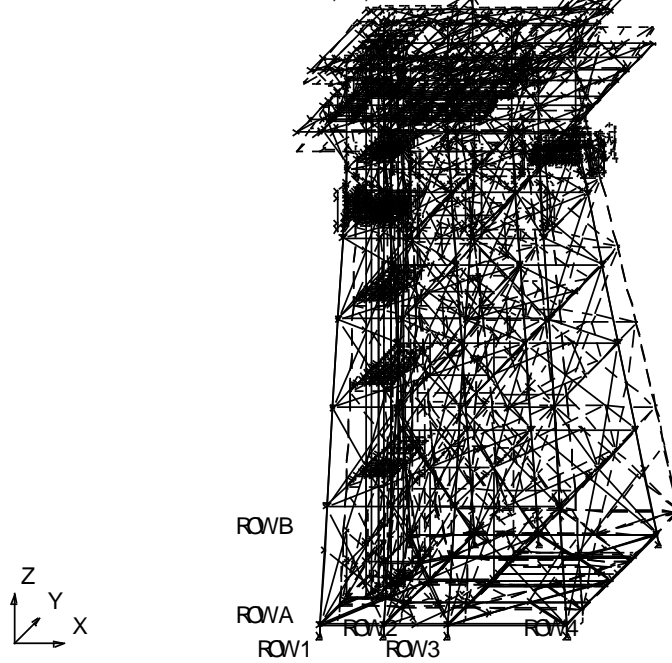


Figura 45 Configuración deformada del modo de vibrar 4 (Y)

En el modo de vibrar 5 (ver figura 45) corresponde a traslación en el eje X, por lo que rige la deflexión en el eje X, de 2.542.

ISOMETRIC
 MODE 5 FREQ 0.954 HZ PERIOD 1.048 SECS
 MAX GLOBAL DEFL AT 008L WTH DX, DY, DZ= 2.542 -0.417 0.401

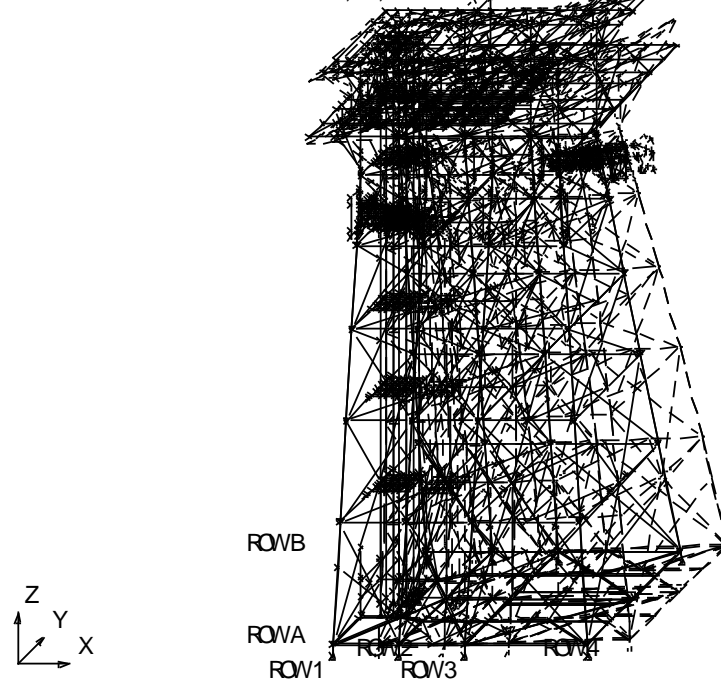


Figura 46 Configuración deformada del modo de vibrar 5 (X)

En el modo de vibrar 6 (ver figura 46) corresponde a traslación en el eje Y, por lo que rige la deflexión en el eje Y, de 2.539.

ISOMETRIC
 MODE 6 FREQ 1.101 HZ PERIOD 0.909 SECS
 MAX GLOBAL DEFL. AT 004L WTH DX, DY, DZ= 1.539 2.539 0.006

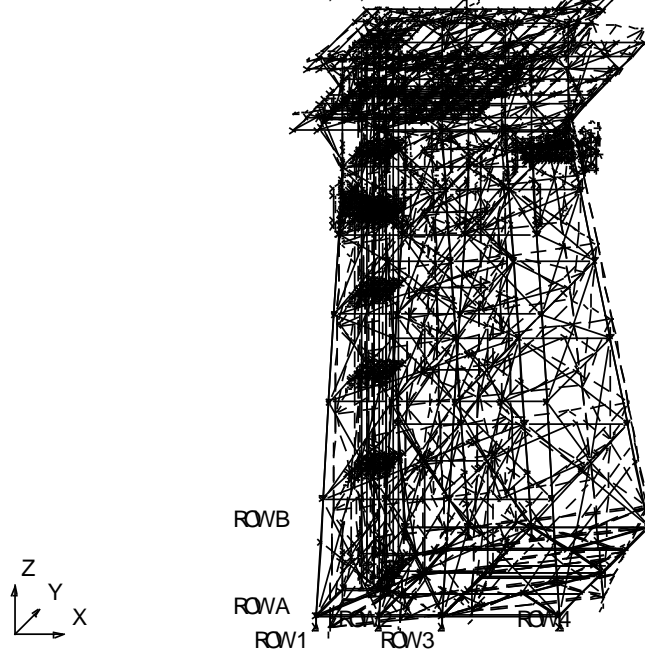


Figura 47 Configuración deformada del modo de vibrar 6 (Y)

En el modo de vibrar 7 (ver figura 47) corresponde a traslación en el eje Y, por lo que rige la deflexión en el eje Y, de 3.482.

ISOMETRIC
 MODE 7 FREQ 1.936 HZ PERIOD 0.517 SECS
 MAX GLOBAL DEFL. AT 3439 WTH DX, DY, DZ= -2.309 3.482 0.936

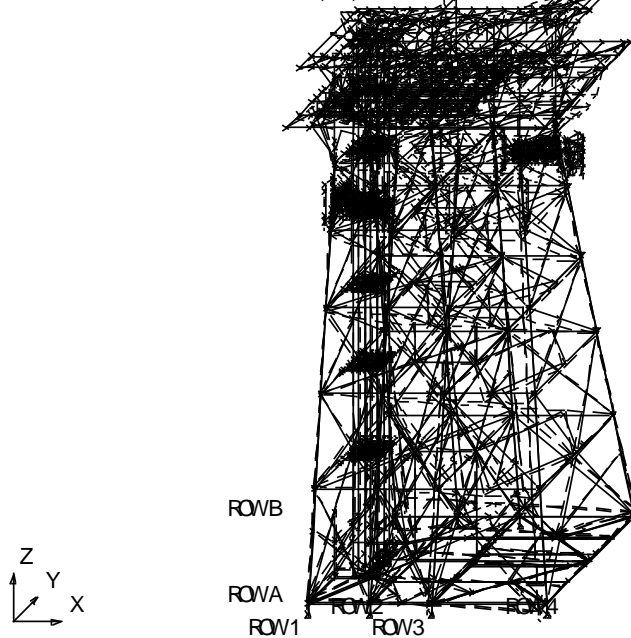


Figura 48 Configuración deformada del modo de vibrar 7 (Y)

En el modo de vibrar 8 (ver figura 48) corresponde a traslación en el eje Y, por lo que rige la deflexión en el eje Y, de 2.649.

```

ISOMETRIC
MODE 8 FREQ 2.013 HZ PERIOD 0.497 SECS
MAX GLOBAL DEFL AT 001L WITH DX, DY, DZ= 0.862 2.649 1.316
    
```

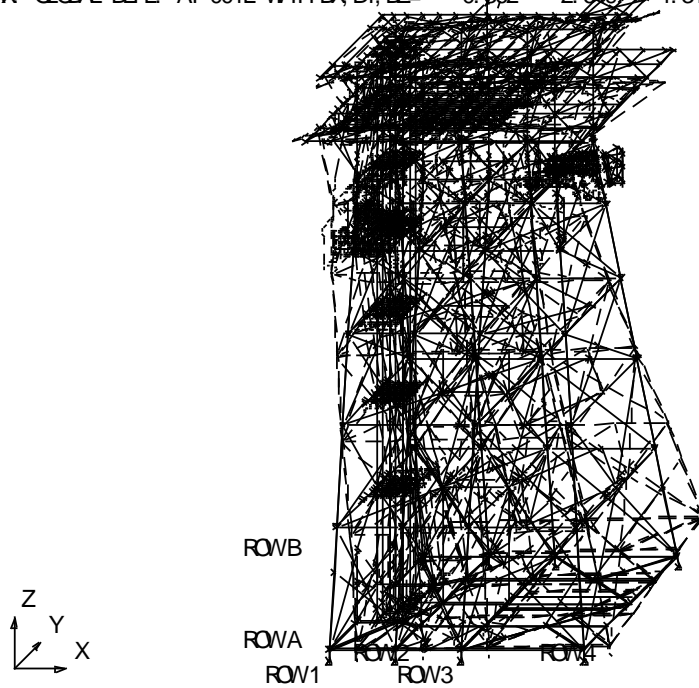


Figura 49 Configuración deformada del modo de vibrar 8 (Y)

En el modo de vibrar 9 (ver figura 49) corresponde a traslación en el eje X, por lo que rige la deflexión en el eje X, de 2.627.

```

ISOMETRIC
MODE 9 FREQ 2.074 HZ PERIOD 0.482 SECS
MAX GLOBAL DEFL AT 005L WITH DX, DY, DZ= 2.627 -0.221 1.708
    
```

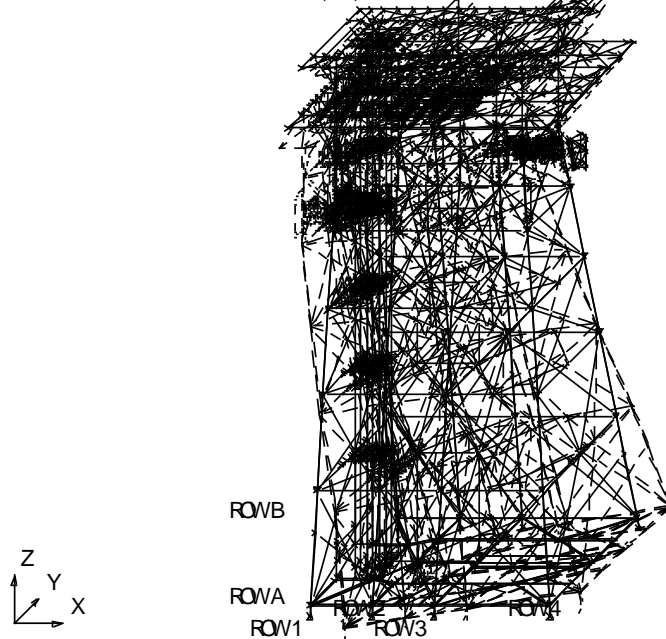


Figura 50. Configuración deformada del modo de vibrar 9 (X)

En el modo de vibrar 10 (ver figura 50) corresponde a modo torsional, por lo que rige la deflexión en el eje z, de 2.546.

ISOMETRIC
 MODE 10 FREQ 2.247 HZ PERIOD 0.445 SECS
 MAX GLOBAL DEFL AT 008L WTH DX, DY, DZ= 1.282 0.060 2.546

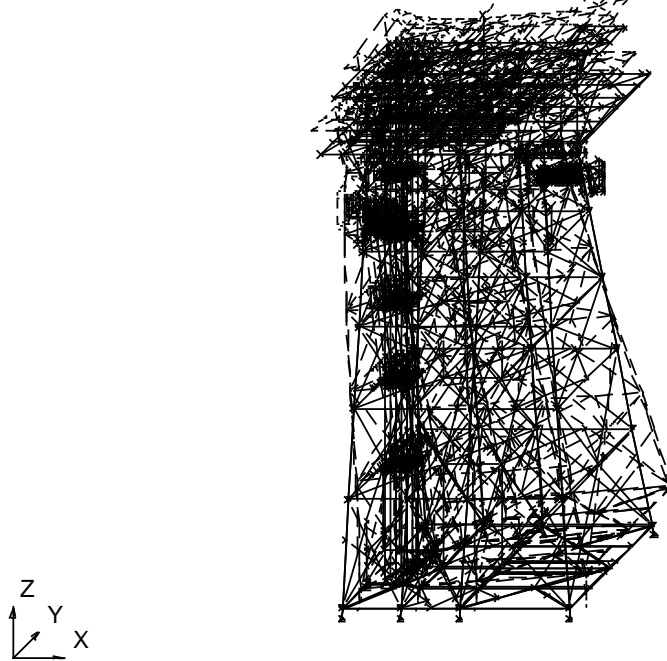


Figura 51 Configuración deformada del modo de vibrar 10 (Z)

Tabla 31. Modos de vibrar de la plataforma ONEL-A (Caso B)

MODO DE VIBRAR	PERIODO (s)	FORMA MODAL	DEFLESIONES		
			X	Y	Z
1	3.785	Traslación en x	2.697	0.042	0.069
2	3.053	Traslación en y	-0.29	2.643	0.055
3	2.446	Traslación en y	1.744	3.153	0.418
4	1.153	Traslación en y	-0.202	2.545	-0.188
5	1.048	Traslación en x	2.542	-0.117	0.401
6	0.909	Traslación en y	1.539	2.539	0.006
7	0.517	Traslación en y	-2.309	3.482	-0.936
8	0.497	Traslación en y	0.362	2.649	-1.316
9	0.482	Traslación en x	2.627	-0.221	-1.708
10	0.445	Torsional	1.282	0.060	2.546

De acuerdo a las propiedades dinámicas de la estructura de la tabla 31, el modo de vibrar 1 en traslación en X, es decir el modo fundamental; indica un periodo de 3.785 s, sin embargo el deflexión máxima ocurre en el modo 7 con 3.482 en traslación en Y, por lo tanto el modo 7 es el que rige, el modo torsional ocurre en el modo 10 con deflexión de 2.546, y puede observarse que los modos 8 a 10 tienen periodos cercanos entre sí.

Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

En general se concluye que los 10 primeros modos de vibración representan más del 90% de masas de la estructura, en las secciones siguientes se analizarán los resultados del análisis aplicando las combinaciones de acciones ambientales.

Porcentaje de participación de masas

Como se mencionó en la sección anterior, se debe cumplir mínimo el 90% de participación de masas por lo que en el listado siguiente se comprueba que se cumple esta condición para el modo de vibrar 10.

Tabla 32. Variables contenidas en la tabla “Mass Participation Factor Report”

1	2	3	4	5	6	7
MODO	FACTOR DE PARTICIPACIÓN DE MASAS			FACTOR ACUMULADO		
	X	Y	Z	X	Y	Z

MASS PARTICIPATION FACTOR REPORT BASED ON RETAINED DEGREES OF FREEDOM						
1	***** MASS PARTICIPATION FACTORS *****			***** CUMULATIVE FACTORS *****		
MODE	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.9344168	0.0000343	0.0005640	0.934417	0.000034	0.000564
2	0.0001468	0.8749330	0.0000251	0.934564	0.874967	0.000589
3	0.0013770	0.0269475	0.0000003	0.935941	0.901915	0.000589
4	0.0000242	0.0936172	0.0007169	0.935965	0.995532	0.001306
5	0.0582699	0.0000112	0.0006284	0.994235	0.995543	0.001935
6	0.0000954	0.0002771	0.0000030	0.994330	0.995820	0.001938
7	0.0000609	0.0001454	0.0033636	0.994391	0.995966	0.005301
8	0.0000897	0.0006842	0.0059508	0.994481	0.996650	0.011252
9	0.0029108	0.0000001	0.1368999	0.997392	0.996650	0.148152
10	0.0000624	0.0000062	0.7778709	0.997454	0.996656	0.926023

4.2.5. Resultados del análisis

Esencialmente en el análisis dinámico en sitio constó de los pasos de linealización de la cimentación, además se especifica en el modelo estructural las juntas donde se concentran las masas; con estos datos se obtuvo las formas modales de la estructura y mediante el análisis de la respuesta dinámica finalmente se ejecuta el análisis estructural dinámico donde se incluye las cargas gravitacionales, las cargas estáticas equivalentes a las acciones del oleaje, corriente y viento. Los resultados de este análisis se detallan en las próximas secciones.

4.2.5.1. Desplazamientos nodales

En el siguiente listado se resalta el desplazamiento máximo y se indica el significado de cada concepto de la tabla.

Tabla 33. Valores contenidos en la tabla “Maximum joint deflection report”

1	2	3	4	5	6	7
LOAD CASE	X- DIRECTION		Y- DIRECTION		Z- DIRECTION	
	JOINT	DEFLECTION CM	JOINT	DEFLECTION CM	JOINT	DEFLECTION CM

- 1 CASO DE CARGA
- 2 JUNTA
- 3 DESPLAZAMIENTO EN EL SENTIDO X (CM)
- 4 JUNTA
- 5 DESPLAZAMIENTO EN EL SENTIDO Y (CM)
- 6 JUNTA
- 7 DESPLAZAMIENTO EN EL SENTIDO Z (CM)

Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

***** MAXIMUM JOINT DEFLECTION REPORT *****						
1	2	3	4	5	6	7
LOAD	*** X-DIRECTION ***		*** Y-DIRECTION ***		*** Z-DIRECTION ***	
CASE	JOINT	DEFLECTION	JOINT	DEFLECTION	JOINT	DEFLECTION
	CM		CM		CM	
TD-1	2216	50.8434	3472	2.2820	0607	-12.3463
TD-2	2216	35.3912	3472	27.1010	0620	-11.0520
TD-3	3349	-11.4521	3472	39.0245	3100	-11.1948
TD-4	3349	-52.7169	3472	28.5010	005L	-12.8598
TD-5	2216	-69.0796	3374	2.6330	3472	-12.8203
TD-6	2216	-56.9608	3031	-26.6673	001L	-12.4718
TD-7	3497	-12.2170	3031	-35.9369	3100	-11.0118
TD-8	3355	35.1194	3031	-23.4450	0622	-10.8598

Las imágenes 51 y 52 indican los desplazamientos máximos obtenidos del análisis estructural dinámico.

En la figura 51, se muestra el valor máximo de desplazamiento para la combinación TD-5, el cual resultado de 69.08 cms en el eje x (ver tabla 40 Combinaciones de cargas en tormenta).

ISOMETRIC DEFL SHAPE LC TD 5
 MAX GLOBAL DEFL AT 2216 WTH DX, DY, DZ= -69.080 1.765 -8.642

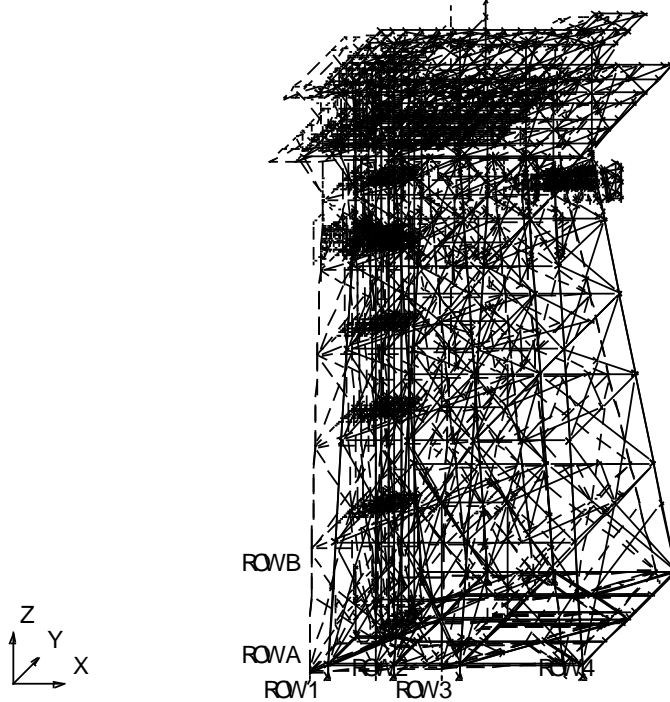


Figura 52 Configuración deformada de la combinación TD-5

En la figura 52, se muestra el valor máximo de desplazamiento para la combinación TD-6, el cual resultado de 55.213 cms en el eje x (ver tabla 40 Combinaciones de cargas en tormenta).

ISOMETRIC DEFL SHAPE LC TD 6
 MAX GLOBAL DEFL AT 3472 WTH DX, DY, DZ= -55.213 -26.151 -11.571

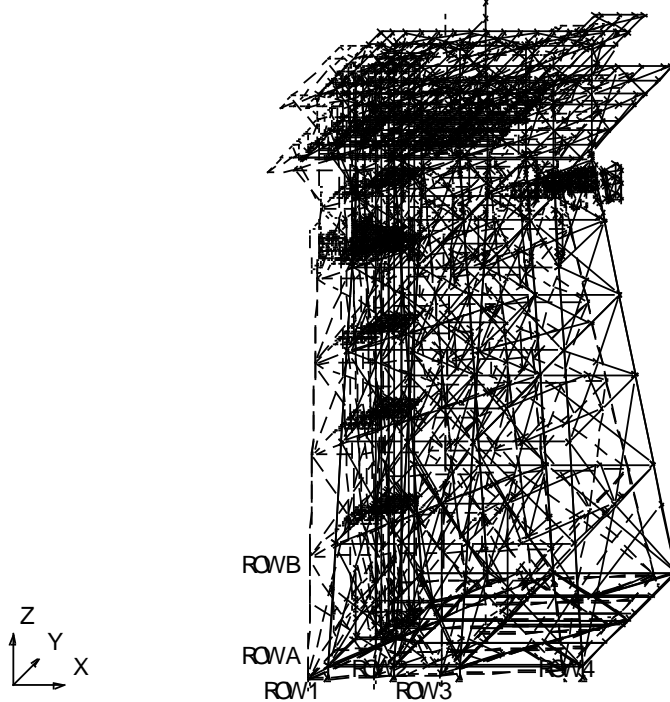


Figura 53 Configuración deformada de la combinación TD-6

4.2.5.2. Relación de esfuerzos

Los esfuerzos máximos en los elementos se enlistan a continuación a manera de resumen, los valores están expresados mediante la relación de esfuerzos actuantes entre esfuerzos permisibles, con la notación UC, en base al código API-RP-2A (WSD) el *software* evalúa los elementos para cada caso de carga y bajo los efectos de esfuerzos: por flexión en Y, flexión en Z y esfuerzos axiales.

El valor máximo se encuentra resaltado, se indica en la tabla 34 el significado de las variables de la tabla obtenida de SACS 5.6 "Member group summary"

Tabla 34. Variables contenidas en la tabla de "Member group summary".

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	APPLIED STRESSES			ALLOWABLE STRESSES				CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS		CM VALUES	
					AXIAL KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM	AXIAL KGSMM	EULER KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM		KLY M	KLZ M	Y	Z

1	NOMBRE DEL GRUPO	7	ESFUERZO A FLEXIÓN ALREDEDOR DEL EJE Y (KG/MM ²)	14	LONGITUD EFECTIVA KLY (M)
2	MIEMBRO CRITICO	8	ESFUERZO A FLEXIÓN ALREDEDOR DEL EJE Z (KG/MM ²)	15	LONGITUD EFECTIVA KLZ (M)
3	CONDICIÓN DE CARGA	9	ESFUERZOS PERMISIBLES - AXIAL (KG/MM ²)	16	FACTOR DE ORRECIÓN DE MOMENTOS ALREDEDOR DEL EJE Y
4	MÁXIMA RELACIÓN DE ESFUERZOS	10	ESFUERZOS PERMISIBLES - EULER (KG/MM ²)	17	FACTOR DE CORRECIÓN DE MOMENTOS ALREDEDOR DEL EJE Z
5	DISTANCIA DESDE EL FINAL (M) SECCIONES	11	ESFUERZOS PERMISIBLES - FLEXIÓN EN EL EJE Y (KG/MM ²)		
6	ESFUERZO AXIAL (KG/MM ²)	12	ESFUERZOS PERMISIBLES - FLEXIÓN EN EL EJE Z (KG/MM ²)		
		13	CONDICIÓN CRITICA POR ESFUERZOS		

* cm=0.85 PARA MIEMBROS CUYOS EXTREMOS ESTAN RESTRINGIDOS CONTRA LA ROTACIÓN EN EL PLANO DE LA FLEXIÓN.

SACS-IV MEMBER UNITY CHECK RANGE SUMMARY

GROUP III - UNITY CHECKS GREATER THAN 1.00

** NO UNITY CHECKS IN THIS GROUP **

*** MEMBER GROUP SUMMARY ***

API RP2A 21ST/AISC 9TH																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	* APPLIED STRESSES *	* APPLIED STRESSES *	* APPLIED STRESSES *	*** ALLOWABLE STRESSES ***	*** ALLOWABLE STRESSES ***	*** ALLOWABLE STRESSES ***	*** ALLOWABLE STRESSES ***	CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS	EFFECTIVE LENGTHS	* VALUES *	* VALUES *
					AXIAL KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM	AXIAL KGSMM	EULER KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM		KLY M	KLZ M	Y	Z
A13	603L-604L	TD-1	0.76	10.7	-8.76	-6.25	-0.24	17.26	57.41	25.31	25.31	C>.15A	8.5	8.5	0.85	0.85
A15	601L-0109	TD-7	0.84	0.0	-8.26	-7.87	4.46	17.00	50.88	24.85	24.85	C>.15A	11.2	2.8	0.85	0.85
A17	602L-0103	TD-6	0.66	0.0	-7.13	-5.94	1.49	17.03	51.57	24.85	24.85	C>.15A	11.2	5.6	0.85	0.85
V-8	3333-3439	TD-1	0.64	0.0	-7.96	-5.31	-1.36	18.08	92.80	25.31	25.31	C>.15A	6.6	6.6	0.85	0.85
V10	0019-5C1X	TD-7	0.58	0.0	-7.58	1.66	0.21	14.75	23.87	25.31	25.31	C>.15A	8.0	15.8	0.85	0.85
V1A	208L-307L	TD-1	0.62	24.3	-8.01	1.61	0.49	15.00	25.47	25.31	25.31	C>.15A	19.5	19.5	0.85	0.85
V2A	307L-2B2X	TD-6	0.80	0.0	-10.83	0.12	1.25	14.87	24.61	25.31	25.31	C>.15A	8.4	17.3	0.85	0.85
V3A	306L-2B2X	TD-1	0.70	0.0	-9.85	0.22	-0.67	14.85	24.51	25.31	25.31	C>.15A	8.1	17.2	0.85	0.85
V4A	107L-0811	TD-5	0.78	13.9	-13.15	-0.58	0.18	17.39	61.48	25.31	25.31	C>.15A	12.5	12.5	0.85	0.85
V50	101L-0252	TD-7	0.57	0.0	-7.39	-0.88	0.56	14.00	19.98	25.31	25.31	C>.15A	13.4	21.9	0.85	0.85
V54	102L-0501	TD-7	0.51	15.1	-7.21	-0.46	0.04	14.70	23.57	25.31	25.31	C>.15A	20.1	20.1	0.85	0.85
V5A	206L-0810	TD-6	0.66	9.9	-9.15	-0.39	-0.83	14.94	25.08	25.31	25.31	C>.15A	9.6	19.7	0.85	0.85
V6A	206L-1B2X	TD-5	0.67	10.3	13.17	-0.55	-0.07	20.25	85.27	25.31	25.31	TN+BN	9.2	9.2	0.85	0.85
V7A	207L-1B2X	TD-5	0.74	0.0	-12.36	0.75	0.78	17.85	79.83	25.31	25.31	C>.15A	9.6	9.6	0.85	0.85
VA2	507L-608L	TD-5	1.00	2.2	-14.77	-2.39	0.54	16.81	46.84	25.31	25.31	C>.15A	12.2	12.2	0.85	0.85
VA4	408L-507L	TD-5	0.64	19.1	10.80	-2.65	-0.88	20.25	30.22	25.31	25.31	TN+BN	15.3	15.3	0.85	0.85
VA7	307L-408L	TD-5	0.97	20.2	-13.85	1.84	-1.17	16.21	37.13	25.31	25.31	C>.15A	16.1	16.1	0.85	0.85
VA8	407L-3B2X	TD-6	0.64	0.0	-8.20	0.93	2.23	15.38	28.41	25.31	25.31	C>.15A	7.8	16.1	0.85	0.85

Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

En las imágenes 53 a 55 se muestra la relación de esfuerzos máximos en el deck y en el jacket, como se podrá observar el valor máximo es de 0.99 el cual está localizado en un arriostramiento del jacket.

Mem Result= Combined UC

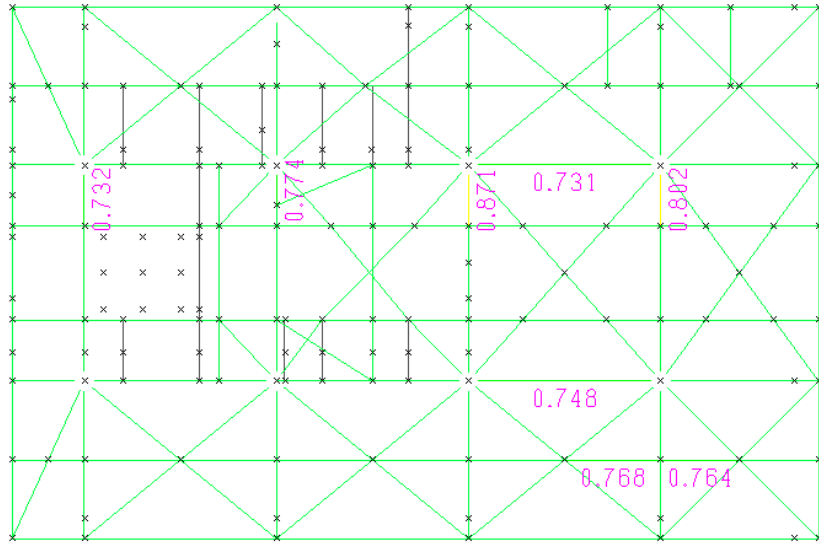


Figura 54 Relación de esfuerzos de cubierta inferior

(Donde UC es Unity Check: Notación que define la relación de esfuerzos combinados en un miembro estructural)

De acuerdo a la fig. 54 la relación de esfuerzos de los elementos se encuentran inferiores a la unidad.

Mem Result= Combined UC

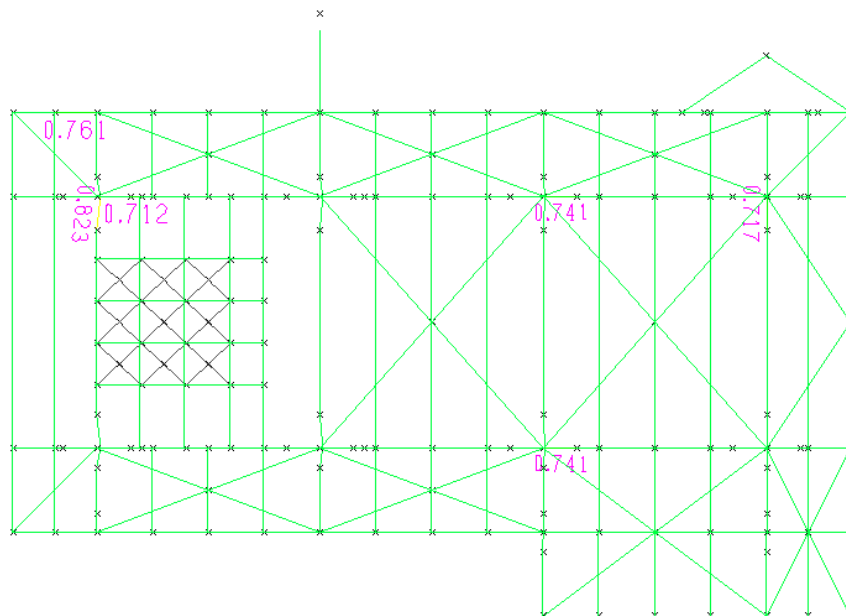


Figura 55 Relación de esfuerzos de cubierta superior

(Donde UC es Unity Check: Notación que define la relación de esfuerzos combinados en un miembro estructural)

Capítulo 4. Análisis Estructural por Normatividad

En la figura 56 se muestra las relaciones de esfuerzos obtenidos para el jacket, se indica un miembro (comúnmente nombrado *Brace*) en color rojo, debido a que presenta la relación de esfuerzos de 0.99, sin embargo cumple con las restricciones del criterio de diseño por esfuerzos permisibles.

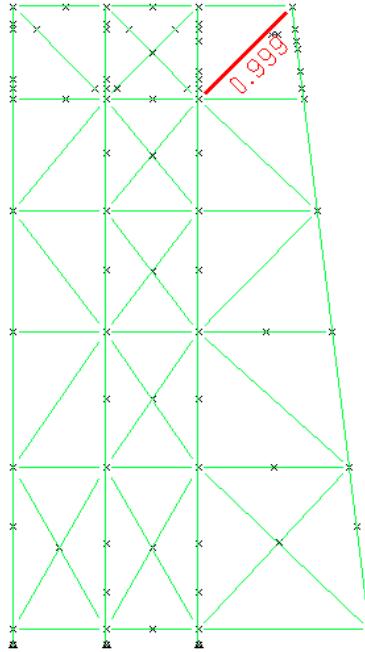


Figura 57 Marco B, Relación de esfuerzos máximos en la estructura
(Donde UC es Unity Check: Notación que define la relación de esfuerzos combinados en un miembro estructural)

4.2.5.3. Revisión de juntas

En esta sección se presentan los resultados de la revisión de juntas, el método de revisión es igual al del método estático el cual se detalló en la sección 4.1.4.3. El siguiente listado contiene los valores más críticos mayores a 0.6 de relación de esfuerzos, el valor máximo se encuentra resaltado.

Se indica a continuación el significado de las variables de la tabla obtenida de SACS 5.6 “Joint can summary”.

Tabla 35. Variables contenidas en la tabla “Joint can summary”

1	2	3	4	5	6	7	8	9
JOINT	ORIGINAL				DESIGN			
	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (KGSMM)	UC	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (KGSMM)	UC

- 1 JUNTA
- 2 DIAMETRO ORIGINAL (CM)
- 3 ESPESOR ORIGINAL (CM)
- 4 ESFUERZO DE FLUENCIA ORIGINAL (KGMM²)
- 5 RELACIÓN DE ESFUERZOS
- 6 DIAMETRO DE DISEÑO (CM)
- 7 ESPESOR DE DISEÑO (CM)
- 8 ESFUERZO DE FLUENCIA DISEÑO (KGMM²)
- 9 RELACIÓN DE ESFUERZOS

* * J O I N T C A N S U M M A R Y * *
(UNITY CHECK ORDER)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
***** ORIGINAL *****				***** DESIGN *****				
JOINT	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (KGSMM)	UC	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (KGSMM)	UC
2B2X	66.040	2.540	35.150	0.959	66.040	2.540	35.150	0.959
2A2X	66.040	2.540	35.150	0.950	66.040	2.540	35.150	0.950
608L	166.370	4.445	35.150	0.907	166.370	4.445	35.150	0.907
1B2X	66.040	2.540	35.150	0.900	66.040	2.540	35.150	0.900
103L	166.370	4.445	35.150	0.876	166.370	4.445	35.150	0.876
1A2X	66.040	2.540	35.150	0.875	66.040	2.540	35.150	0.875
604L	166.370	4.445	35.150	0.869	166.370	4.445	35.150	0.869
107L	166.370	4.445	35.150	0.867	166.370	4.445	35.150	0.867
207L	166.370	4.445	35.150	0.859	166.370	4.445	35.150	0.859
203L	166.370	4.445	35.150	0.845	166.370	4.445	35.150	0.845
0811	76.200	3.175	35.150	0.797	76.200	3.175	35.150	0.797
0809	76.200	3.175	35.150	0.790	76.200	3.175	35.150	0.790
3A2X	66.040	2.540	35.150	0.730	66.040	2.540	35.150	0.730
3B2X	66.040	2.540	35.150	0.719	66.040	2.540	35.150	0.719
108L	166.370	4.445	35.150	0.693	166.370	4.445	35.150	0.693
404L	166.370	4.445	35.150	0.691	166.370	4.445	35.150	0.691
408L	166.370	4.445	35.150	0.690	166.370	4.445	35.150	0.690
208L	166.370	4.445	35.150	0.688	166.370	4.445	35.150	0.688
0810	76.200	3.175	35.150	0.688	76.200	3.175	35.150	0.688
0807	76.200	3.175	35.150	0.686	76.200	3.175	35.150	0.686
104L	166.370	4.445	35.150	0.684	166.370	4.445	35.150	0.684
4A2X	66.040	2.540	35.150	0.676	66.040	2.540	35.150	0.676
204L	166.370	4.445	35.150	0.674	166.370	4.445	35.150	0.674
503L	167.370	4.445	35.150	0.658	167.370	4.445	35.150	0.658
3294	40.640	1.270	25.320	0.657	40.640	1.270	25.320	0.657
3241	40.640	1.270	25.320	0.653	40.640	1.270	25.320	0.653
401L	166.370	4.445	35.150	0.643	166.370	4.445	35.150	0.643
405L	166.370	4.445	35.150	0.638	166.370	4.445	35.150	0.638
507L	167.640	5.080	35.150	0.606	167.640	5.080	35.150	0.606
603L	166.370	4.445	35.150	0.603	166.370	4.445	35.150	0.603
4C1X	66.040	2.850	35.150	0.600	66.040	2.850	35.150	0.600

Puede concluirse que los valores están dentro de los parámetros permisibles de acuerdo al código de diseño, ya que el valor máximo es de 0.959.

4.2.5.4. Revisión de pilotes

En esta sección se encuentran los resultados de la revisión de pilotes, como lo son esfuerzos arriba y debajo del lecho marino, desplazamientos y capacidad de carga.

a) Relación de esfuerzos arriba del lecho marino

En esta sección se encuentran los resultados de la revisión de pilotes, como lo son esfuerzos arriba y debajo del lecho marino, desplazamientos y capacidad de carga, en el siguiente listado se indica resaltado el valor máximo el cual corresponde al grupo de pilotes PL1, ver tabla 36 (Variables contenidas en la tabla de "Member group summary").

Tabla 36. Variables contenidas en la tabla de "Member group summary"

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	APPLIED STRESSES			ALLOWABLE STRESSES				CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS		CM VALUES	
					AXIAL KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM	AXIAL KGSMM	EULER KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM		KLY M	KLZ M	Y	Z

1	NOMBRE DEL GRUPO	7	ESFUERZO A FLEXIÓN ALREDEDOR DEL EJE Y (KG/MM ²)	14	LONGITUD EFECTIVA KLY (M)
2	MIEMBRO CRITICO	8	ESFUERZO A FLEXIÓN ALREDEDOR DEL EJE Z (KG/MM ²)	15	LONGITUD EFECTIVA KLZ (M)
3	CONDICIÓN DE CARGA	9	ESFUERZOS PERMISIBLES - AXIAL (KG/MM ²)	16	FACTOR DE ORRECIÓN DE MOMENTOS
4	MÁXIMA RELACIÓN DE ESFUERZOS	10	ESFUERZOS PERMISIBLES - EULER (KG/MM ²)		ALREDEDOR DEL EJE Y
5	DISTANCIA DESDE EL FINAL (M) SECCIONES	11	ESFUERZOS PERMISIBLES - FLEXIÓN EN EL EJE Y (KG/MM ²)	17	FACTOR DE CORRECIÓN DE MOMENTOS
6	ESFUERZO AXIAL (KG/MM ²)	12	ESFUERZOS PERMISIBLES - FLEXIÓN EN EL EJE Z (KG/MM ²)		ALREDEDOR DEL EJE Z
		13	CONDICIÓN CRITICA POR ESFUERZOS		

* cm=0.85 PARA MIEMBROS CUYOS EXTREMOS ESTAN RESTRINGIDOS CONTRA LA ROTACIÓN EN EL PLANO DE LA FLEXIÓN

*** MEMBER GROUP SUMMARY ***
API RP2A 21ST/AISC 9TH

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	* APPLIED STRESSES *	AXIAL KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM	*** ALLOWABLE STRESSES ***	AXIAL KGSMM	EULER KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM	CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS	* VALUES *
															M	M
PL0	005P-105P	TD-5	0.92	2.1	-9.92	2.03	19.99	28.118279.14	35.14	35.14	C>.15B	2.1	2.1	0.85	0.85	
PL1	105P-205P	TD-5	0.97	0.0	-9.93	2.04	20.03	23.96 79.88	35.14	35.14	C>.15A	21.4	21.4	0.85	0.85	
PL2	205P-305P	TD-4	0.65	2.3	-13.78	1.10	-3.43	24.94 119.22	35.14	35.14	C>.15A	17.8	17.8	0.85	0.85	
PL3	305P-405P	TD-4	0.60	0.0	-13.67	-0.40	2.08	25.35 147.44	35.14	35.14	C>.15A	16.0	16.0	0.85	0.85	
PL4	405P-505P	TD-4	0.56	11.7	-13.44	-0.67	1.11	25.64 174.81	35.14	35.14	C>.15A	14.7	14.7	0.85	0.85	
PL5	505P-605P	TD-4	0.51	0.0	-12.13	-0.76	1.51	26.13 247.66	35.14	35.14	C>.15A	12.3	12.3	0.85	0.85	
PL6	608P-708L	TD-2	0.48	0.8	-11.09	3.01	0.92	28.11*****	35.14	35.14	C>.15B	0.8	0.8	0.85	0.85	

Por lo anterior puede concluirse que los valores están dentro de los parámetros permisibles de acuerdo al código de diseño, ya que el valor máximo es de 0.97.

b) Relación de esfuerzos debajo del lecho marino

A continuación se enlistan los resultados de relación de esfuerzos en pilotes, se indica resaltado el valor máximo, ver tabla 37 (Variables contenidas en la tabla "Pile group summary").

Tabla 37. Variables contenidas en la tabla "Pile group summary"

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DISTANCE FROM PILEHEAD M	DEFLECTIONS			INTERNAL LOADS			STRESSES				PILE HEAD ID	CRITICAL LOAD CASE	MAXIMUM UNITY CHECK
	LATERAL CM	AXIAL CM	ROT RAD	BENDING MOMENT M-KG	SHEAR KG	AXIAL LOAD KG	BENDING STRESS KG/CM	AXIAL STRESS KG/CM	SHEAR STRESS KG/CM	COMB. STRESS KG/CM			

- | | |
|--|---|
| 1 DISTANCIA DESDE LA CABEZA DEL PILOTE (M) | 8 ESFUERZO DE FLEXIÓN (KG/CM ²) |
| 2 DES PLAZAMIENTO LATERAL (CM) | 9 ESFUERZO AXIAL (KG/CM ²) |
| 3 DES PLAZAMIENTO AXIAL (CM) | 10 ESFUERZO CORTANTE (KG/CM ²) |
| 4 DES PLAZAMIENTO ROTACIONAL (RAD) | 11 ESFUERZOS COMBINADOS (KG/CM ²) |
| 5 MOMENTO FLEXIONANTE (KG-M) | 12 IDENTIFICACIÓN DE LA CABEZA DEL PILOTE |
| 6 FUERZA CORTANTE (KG) | 13 CASO DE CARGA CRITICO |
| 7 CARGA AXIAL (KG) | 14 MÁXIMA RELACIÓN DE ESFUERZOS |

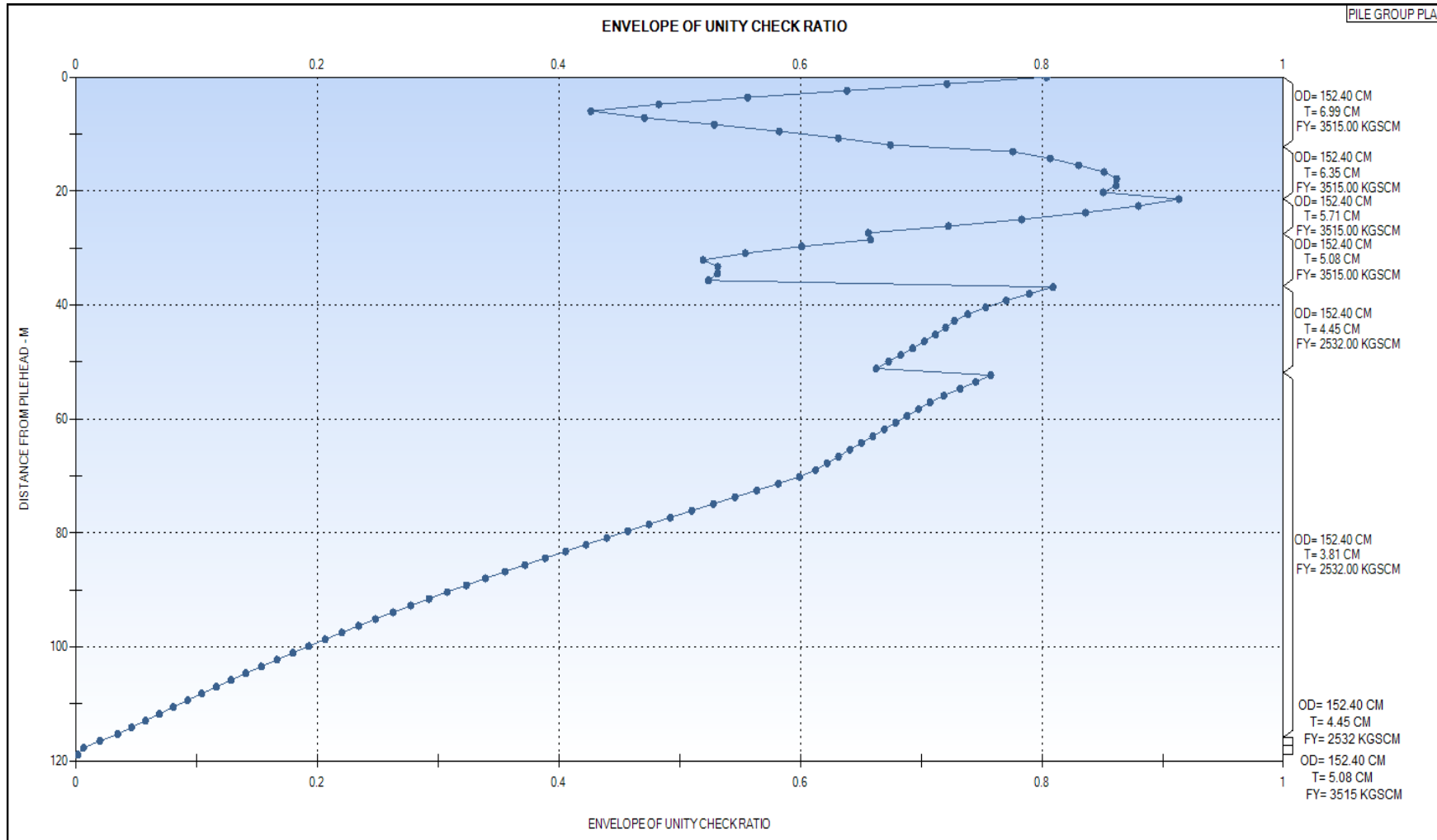
* * P I L E G R O U P S U M M A R Y * *

GROUP ID = PLA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DISTANCE FROM PILEHEAD M	DEFLECTIONS			INTERNAL LOADS			STRESSES				PILE HEAD ID	CRITICAL LOAD CASE	MAXIMUM UNITY CHECK
	LATERAL CM	AXIAL CM	ROT. RAD	BENDING MOMENT M-KG	SHEAR KG	AXIAL LOAD KG	BENDING STRESS KG/CM	AXIAL STRESS KG/CM	SHEAR STRESS KG/CM	COMB. STRESS KG/CM			
0.0	33.422	5.026	0.01461	1755910.7	271456.7	*****	1582.98	-993.80	170.14	-2576.78	005P	TD-5	0.804
1.2	31.613	4.968	0.01571	1433624.7	271986.4	*****	1292.43	-994.10	170.47	-2286.53	005P	TD-5	0.721
2.4	29.686	4.910	0.01659	1110297.8	271881.8	*****	1000.95	-994.59	170.41	-1995.54	005P	TD-5	0.639
3.6	27.668	4.852	0.01724	788924.4	269379.1	*****	711.23	-994.84	168.84	-1706.07	005P	TD-5	0.556
4.8	19.109	6.037	0.01417	278992.1	218050.0	*****	251.52	-1155.83	136.67	-1407.34	005P	TD-4	0.483
5.9	17.413	5.970	0.01427	60464.4	210217.9	*****	54.51	-1155.53	131.76	-1210.04	005P	TD-4	0.427
7.1	15.715	5.902	0.01420	233672.4	199726.3	*****	210.66	-1154.95	125.18	-1365.60	005P	TD-4	0.471
8.3	14.035	5.835	0.01397	460207.3	186661.6	*****	414.88	-1154.07	116.99	-1568.96	005P	TD-4	0.529
9.5	12.393	5.768	0.01358	672196.3	171131.3	*****	606.00	-1152.92	107.26	-1758.91	005P	TD-4	0.583
10.7	10.806	5.700	0.01305	864831.4	153305.1	*****	779.66	-1151.47	96.09	-1931.13	005P	TD-4	0.631
11.9	9.290	5.633	0.01238	1035234.4	133199.2	*****	933.28	-1149.74	83.48	-2083.02	005P	TD-4	0.675
13.1	7.862	5.560	0.01156	1180367.3	109310.2	*****	1155.81	-1256.96	75.04	-2412.78	005P	TD-4	0.776
14.3	6.540	5.487	0.01064	1294030.8	82443.6	*****	1267.11	-1254.35	56.59	-2521.46	005P	TD-4	0.807
15.5	7.934	4.258	0.01290	1607386.5	89259.8	*****	1573.95	-1075.10	57.15	-2649.04	005P	TD-5	0.830
16.6	6.471	4.196	0.01166	1687010.9	51823.6	*****	1651.91	-1071.86	35.57	-2723.77	005P	TD-5	0.851
17.8	5.159	4.133	0.01038	1728952.6	20608.0	*****	1692.98	-1068.31	14.15	-2761.29	005P	TD-5	0.862
19.0	4.002	4.071	0.00909	1733040.6	13739.8	*****	1696.99	-1064.44	9.43	-2761.43	005P	TD-5	0.862
20.2	2.998	4.009	0.00780	1699234.9	43844.8	*****	1663.88	-1060.26	30.10	-2724.15	005P	TD-5	0.851
21.4	2.147	3.941	0.00652	1629320.1	73263.8	*****	1750.42	-1167.95	55.64	-2918.37	005P	TD-5	0.914
22.6	1.447	3.873	0.00526	1525198.2	101259.9	*****	1638.56	-1162.54	76.90	-2801.10	005P	TD-5	0.880
23.8	0.896	3.805	0.00406	1388593.8	127152.4	*****	1491.80	-1156.78	96.56	-2648.58	005P	TD-5	0.836
25.0	0.481	3.738	0.00299	1222855.5	149790.4	*****	1313.75	-1150.65	113.75	-2464.40	005P	TD-5	0.783
26.2	0.186	3.671	0.00206	1032400.0	168071.0	*****	1109.13	-1144.13	127.63	-2253.27	005P	TD-5	0.723
27.4	0.009	3.604	0.00128	823183.3	176504.2	*****	884.37	-1137.21	134.04	-2021.58	005P	TD-5	0.656
28.5	0.119	3.530	0.00064	612671.0	171483.4	*****	731.19	-1265.58	145.87	-1996.77	005P	TD-5	0.658
29.7	0.170	4.477	0.00012	224259.9	114152.4	*****	267.64	-1475.33	97.10	-1742.97	005P	TD-4	0.601
30.9	0.144	4.391	0.00027	96812.1	97003.5	*****	115.54	-1466.10	82.52	-1581.64	005P	TD-4	0.554
32.1	0.107	4.306	0.00031	6565.8	65236.2	*****	7.84	-1453.95	55.49	-1461.79	005P	TD-4	0.519
33.3	0.070	4.222	0.00028	58342.5	28817.5	*****	69.63	-1438.65	24.51	-1508.28	005P	TD-4	0.532
34.5	0.040	4.138	0.00022	74952.4	5098.5	*****	89.45	-1422.43	4.34	-1511.88	005P	TD-4	0.531
35.7	0.019	4.056	0.00015	70442.9	8064.2	*****	84.07	-1405.30	6.86	-1489.37	005P	TD-4	0.524
36.9	0.004	3.963	0.00009	55779.3	13428.0	*****	75.13	-1578.56	13.00	-1653.69	005P	TD-4	0.809
38.1	0.003	3.872	0.00005	38511.4	13761.9	*****	51.87	-1557.11	13.32	-1608.97	005P	TD-4	0.789
39.2	0.007	3.782	0.00001	23053.4	11429.3	*****	31.05	-1535.38	11.06	-1566.43	005P	TD-4	0.770
40.4	0.007	3.693	0.00000	11332.4	8154.9	*****	15.26	-1513.66	7.89	-1528.92	005P	TD-4	0.753
41.6	0.006	3.605	0.00001	3661.5	4983.7	*****	4.93	-1491.94	4.82	-1496.87	005P	TD-4	0.739
42.8	0.004	3.519	0.00001	521.8	2644.9	*****	0.70	-1472.67	2.56	-1473.37	005P	TD-4	0.727
44.0	0.003	3.433	0.00001	2629.0	1092.6	*****	3.54	-1455.59	1.06	-1459.13	005P	TD-4	0.720
45.2	0.001	3.349	0.00001	3117.3	51.8	*****	4.20	-1437.97	0.05	-1442.17	005P	TD-4	0.712
46.4	0.001	3.265	0.00001	2749.2	449.3	*****	3.70	-1419.83	0.43	-1423.53	005P	TD-4	0.703
47.6	0.000	3.183	0.00000	2048.9	598.2	*****	2.76	-1401.15	0.58	-1403.91	005P	TD-4	0.693
48.8	0.000	3.102	0.00000	1326.8	553.2	*****	1.79	-1381.95	0.54	-1383.73	005P	TD-4	0.683
49.9	0.000	3.022	0.00000	733.4	425.5	*****	0.99	-1362.18	0.41	-1363.17	005P	TD-4	0.673
51.1	0.000	2.943	0.00000	315.0	283.3	*****	0.42	-1341.81	0.27	-1342.23	005P	TD-4	0.663
52.3	0.000	2.853	0.00000	59.8	161.5	*****	0.09	-1534.23	0.18	-1534.32	005P	TD-4	0.758

Puede concluirse que los valores están dentro de los parámetros permisibles de acuerdo al código de diseño, ya que el valor máximo es de 0.914.

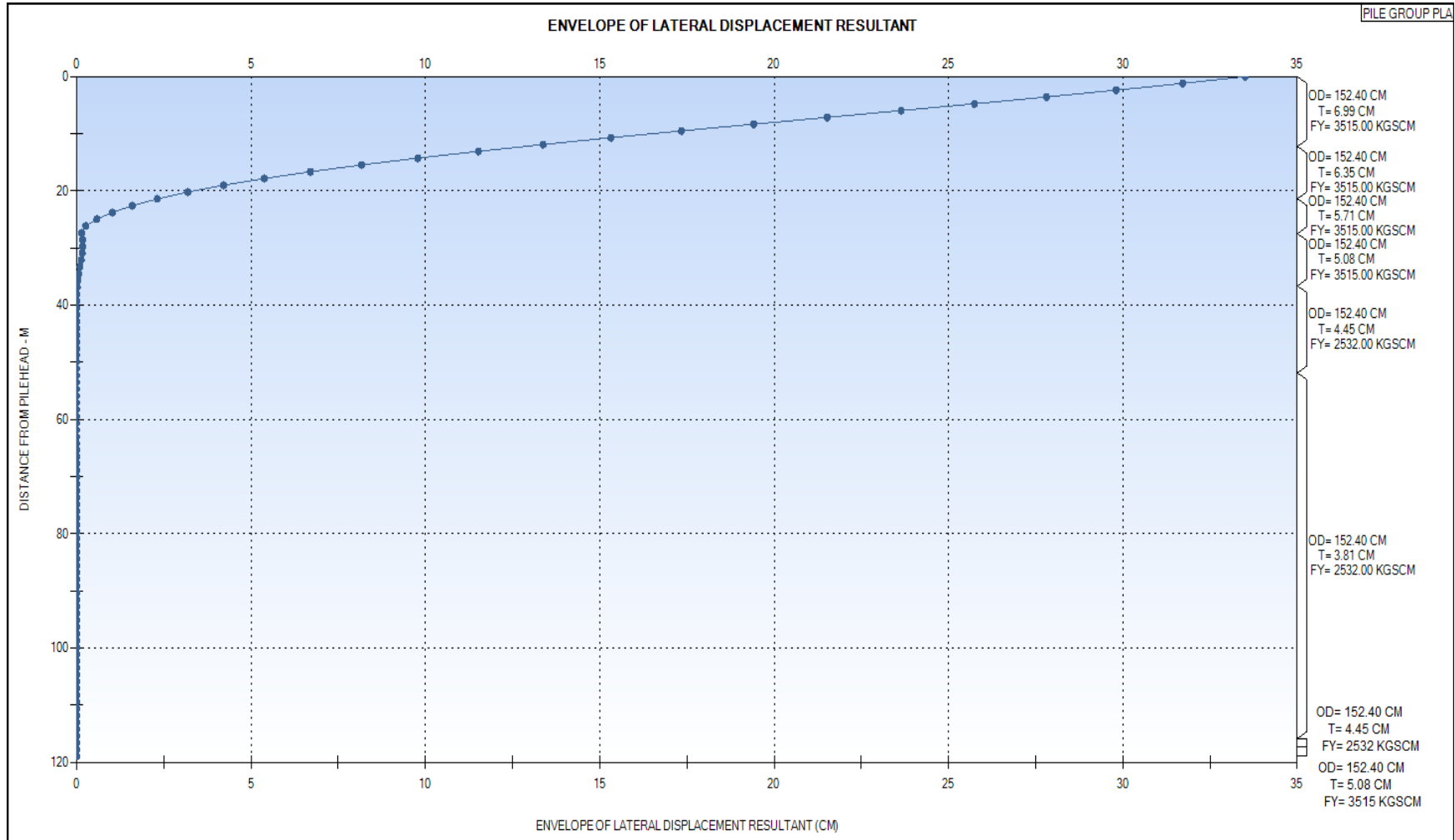
En la gráfica 4 se observan los datos de relación de esfuerzos (UC) en el eje X y las distancias desde la cabeza de pilote las cuales están graficadas en el eje Y.



Gráfica 4. Envolvente de relación de esfuerzos máximos en pilotes.
(Donde UC es Unity Check: Notación que define la relación de esfuerzos combinados en un miembro estructural)

a) Desplazamientos

En la gráfica 5 se observan los desplazamientos en el eje X en centímetros y las distancias desde la cabeza de pilote, las cuales están graficadas en el eje Y, se puede observar que para mayor distancia desde la cabeza del pilote disminuye el desplazamiento.



Gráfica 5. Envolvente de desplazamientos laterales en pilotes

b) Revisión por carga axial

Para verificar la capacidad de carga axial última, se detalló anteriormente en base al reporte geotécnico de sondeo realizado en el sitio (Diavaz y Fugro de México, 2007), por lo cual para el análisis dinámico aplica lo mencionado en la sección 4.1.4.5.

c) Calculo de factores de seguridad en pilotes

En la tabla 38 se calculan los factores de seguridad para el análisis dinámico, dichos factores deberán cumplir con la normatividad la cual menciona el factor de seguridad para tormenta deberá ser no menos de 1.50.

Para ejes de referencia ver figura 7a, para la nomenclatura de las combinaciones de carga ver tabla 40.

Tabla 38. Calculo de factores de seguridad en pilotes, condición de tormenta en análisis dinámico

PILOTE	EJE	JUNTA	DIAMETRO (in)	CAPACIDAD AXIAL (ton)	PESO DEL PILOTE (ton)	CAPACIDAD AXIAL NETA (ton)	TORMENTA (DINAMICO)		FACTOR DE SEGURIDAD
							DIRECCIÓN	CARGA MAX. AXIAL (ton)	TORMENTA
ESQUINA	1-A	001P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	TD-6	3,578.20	1.545
ESQUINA	1-B	005P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	TD-4	3,684.96	1.500
INTERIOR	2-A	002P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	TD-6	3,027.13	1.826
INTERIOR	2-B	006P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	TD-4	3,134.27	1.764
INTERIOR	3-A	003P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	TD-7	2,724.87	2.029
INTERIOR	3-B	007P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	TD-3	2,837.92	1.948
ESQUINA	4-A	004P	60	5,914.31	390.17	5,524.14	TD-8	3,306.71	1.672
ESQUINA	4-B	008P	60	5,914.31	390.17	5,524.14	TD-2	3,412.76	1.620

(Ver figura 22 para direcciones de incidencias de oleaje y viento)

4.2.6. Análisis de resultados

Estudiando los datos obtenidos del análisis dinámico de la plataforma octápoda se puede concluir lo siguiente: el desplazamiento mayor se presentó en el nodo 2216, para la combinación de carga TD-5, es decir, para condición de tormenta en ángulo de incidencia 180° posición de la torre de perforación #1, la ubicación del nodo se puede apreciar en la figura 57.

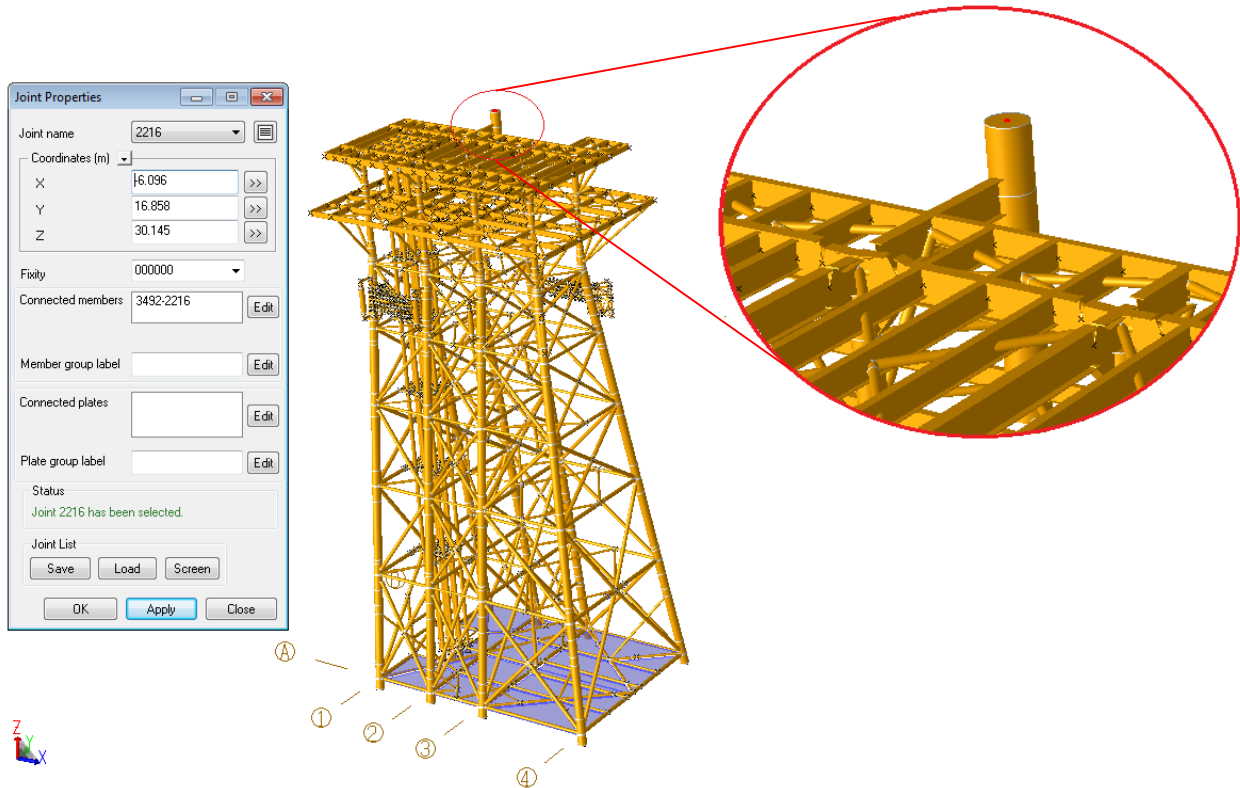


Figura 58 Localización del nodo con desplazamiento máximo del análisis dinámico

Como puede apreciarse tanto en el análisis estático como en el dinámico se presentó el mayor desplazamiento en el mismo nodo 2216, este nodo corresponde a la ubicación del pedestal de la grúa. Para el método dinámico el desplazamiento es del orden de 69 cms debido a que la respuesta de la estructura considera efectos reales dinámicos de las acciones ambientales.

La mayor relación de esfuerzos en los elementos es de 0.99 por lo que en general se puede concluir que el comportamiento de la estructura es adecuado es cuanto a esfuerzos, este resultado es similar al obtenido en el análisis estático.

En el análisis para revisión de juntas no se presentaron esfuerzos en juntas mayores a la unidad, la mayor relación de esfuerzos en juntas es de 0.959, lo cual difiere del análisis estático el cual requirió adicionar placas de refuerzo en 2 juntas.

Los esfuerzos en pilotes presentaron un valor máximo de 0.914 a una profundidad de 21.40 m respecto de la cabeza del grupo de pilotes de 60" Ø por lo que su comportamiento cumple con lo indicado en la Normativa, esta relación de esfuerzos resultó superior al obtenido en el análisis estático.

Se concluye que en general el comportamiento estructural del grupo de pilotes es adecuado al cumplir con los factores de seguridad mínimos indicados en la Norma.

CAPITULO 5. CASO C. ANALISIS DINAMICO ANTE ACCIONES EXTREMAS

En este capítulo se desarrolla el caso C con el propósito de conocer el comportamiento estructural de la plataforma marina ONEL-A ante acciones extremas de oleaje, corriente y viento. Los datos estadísticos que se utilizan para la ejecución del análisis dinámico ante acciones extremas, se basan en registros y sintéticos de tormentas extremas (Meza et al., 2015).

5.1. CONDICIONES DE TORMENTA

5.1.1. Tormenta extrema

Recientemente Meza et al., (2015), ante la escasez de información histórica confiable sobre tormentas tropicales que han afectado las costas de México, desarrollaron y aplicaron un modelado determinista/estadístico para obtener una muestra de 3100 trayectorias de tormentas tropicales (de categorías 1 a 5 en la escala Saffir-Simpson), que en el futuro podrían afectar dichas costas. Los resultados del modelado efectuado por dichos autores comparan aceptablemente con las observaciones históricas (Meza et al. 2015). De esta muestra, 1550 correspondieron a las costas del Caribe y del Golfo de México (donde se ubica la plataforma Onel A) y el resto a las de las costas del Pacífico. En la figura 58 se presenta un ejemplo de los resultados obtenidos Meza et al., (2015) para 100 de esas trayectorias. En esta figura los colores de las trayectorias de color azul a amarillo pálido corresponden a tormentas categorías 1-2, y las de color anaranjado a rojo a las categorías 3 a 5, respectivamente.

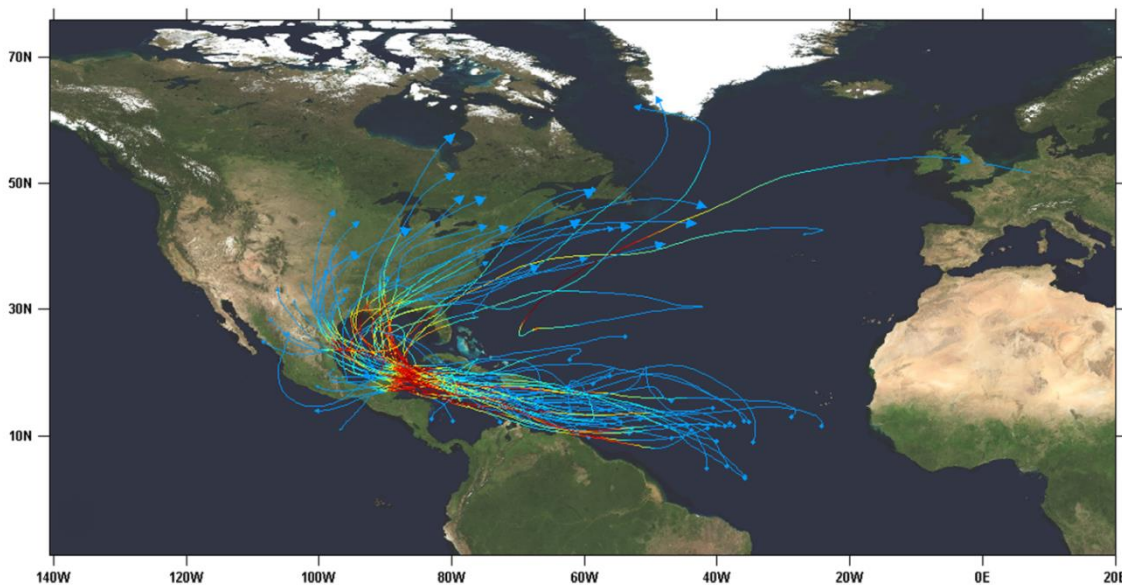


Figura 59. Ejemplo de las trayectorias de 100 tormentas tropicales sintéticas, generadas en el Océano Atlántico Norte y que potencialmente impactarían las costas del Golfo de México. (Modificada de Meza et al., 2015).

Resultados similares a los de Meza et al., (2015), fueron obtenidos por Bender et al., (2010), para 30 trayectorias de tormentas tropicales categorías 4 a 5 (esperadas en este siglo) asociadas al cambio climático, que probablemente ocurrirán en el Golfo de México. Los resultados de estos autores se presentan en la Figura 59. En esta figura se observa la evolución de las tormentas tropicales categoría 2 y 3, hasta convertirse en huracanes categorías 4 y 5, las cuales potencialmente podrían afectar a la plataforma Onel-A, ya que su radio de acción con intensidades máximas de viento y oleaje, podrían alcanzar más de 100km de distancia de sus trayectorias.

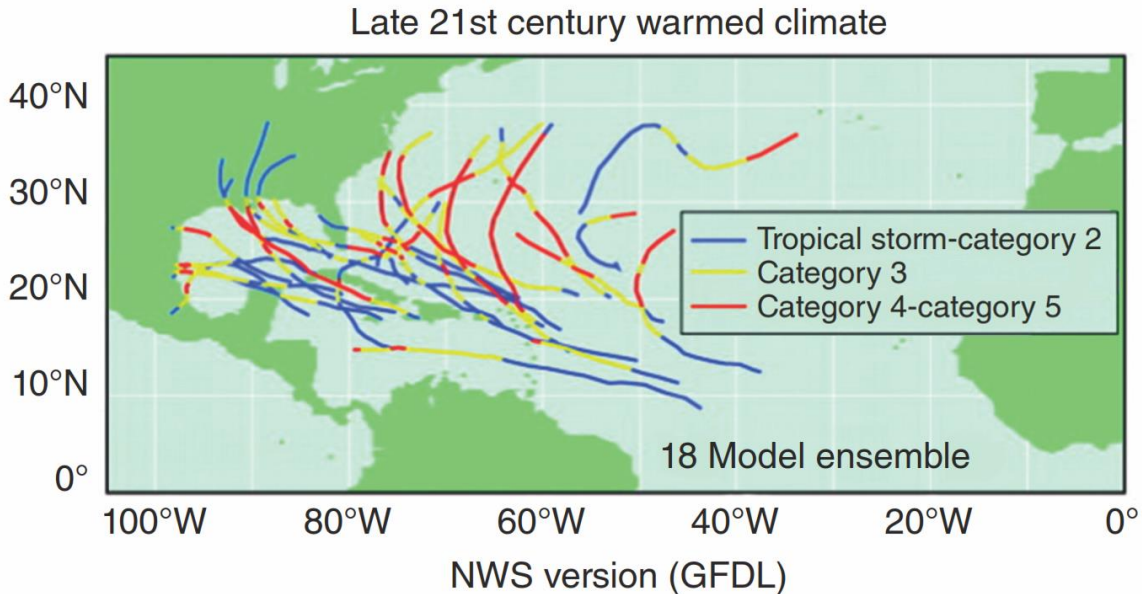


Figura 60. Trayectorias de 30 escenarios de tormentas esperadas en el Océano Atlántico en el siglo 21 asociadas al cambio climático, que alcanzan las categoría 4 y 5 de la escala Saffir- Simpson que potencialmente impactarían las costas del Golfo de México. (Modificada de Bender et al., 2010).

El modelado del oleaje asociado a las 1550 trayectorias sintéticas efectuado por Meza et al. 2015, que como se comentó previamente, alcanzó valores máximos de altura de ola que comparan aceptablemente con los correspondientes a las observaciones históricas de las tormentas tropicales y/o huracanes ocurridos en la zona de interés, les permitió obtener estadísticas de los valores extremos esperados de altura máxima de ola significativa, (y de las mareas de tormenta asociadas) como los que se muestran en la figura 60. En esta figura se observa que el valor extremo esperado de la altura significativa de ola en el Golfo de México puede ser de hasta 35m en la vecindad de la plataforma Onel-A.

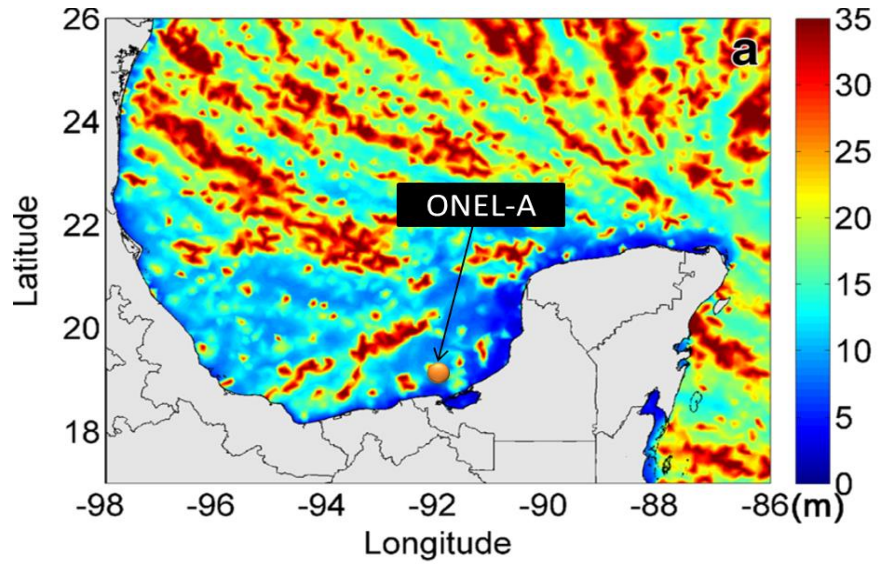


Figura 61. Altura de ola significativa extrema en el Golfo de México para un periodo de recurrencia de 100 años obtenida utilizando observaciones y sintéticos de tormentas y huracanes en el Golfo de México y ajustes de distribuciones de probabilidades extremas generalizadas, (Modificada de Meza et al., 2015).

Otro resultado obtenido por Meza et al., (2015) se refiere a las velocidades máximas del viento en las costas de México obtenidos para las tormentas sintéticas e históricas. En la figura 61 se muestra la comparación de los histogramas respectivos propuestos por dichos autores. De esta figura se puede concluir que, globalmente, los histogramas para los eventos sintéticos y observados son similares, así como que las velocidades máximas de viento extremas asociadas a ambos alcanzan valores de hasta 80m/s.

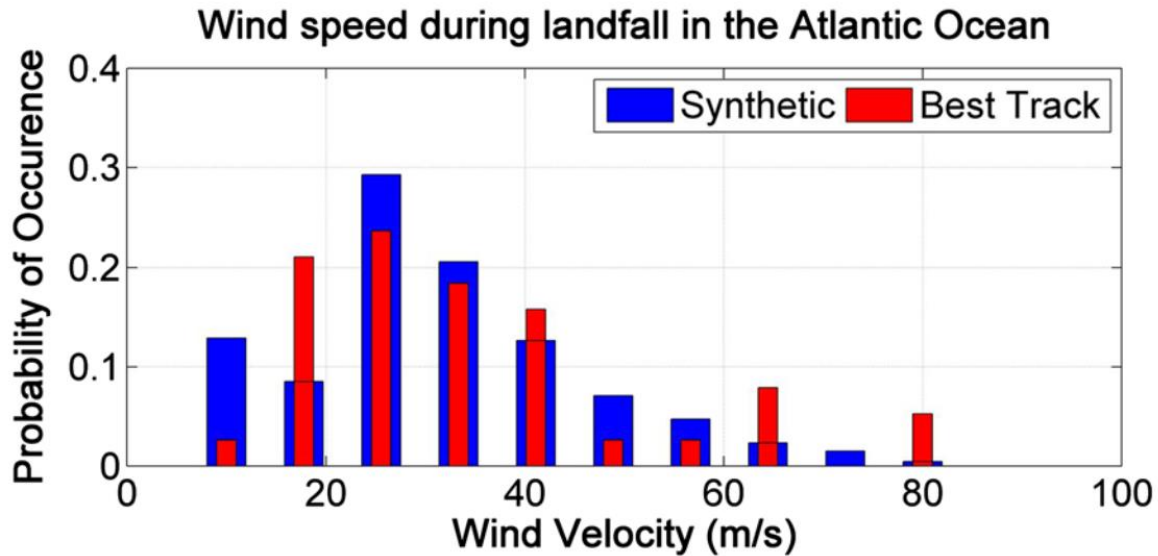


Figura 62. Comparación de los histogramas para la velocidad máxima del viento obtenidos para los tormentas/huracanes sintéticas e históricas en el Golfo de México y el Mar Caribe. Obtenidas por Meza et al., (2015).

A partir de los resultados mostrados en las figuras 60 y 61, así como de las alturas de ola significativas máximas, de sus periodos asociados, de sus velocidades máximas de las corrientes marinas y del viento observadas y modeladas para los huracanes Katrina, Rita y Wilma de categoría 4/5 (Oey and Wang, 2009), en este trabajo se adoptan los parámetros meteorológicos incluidos en la tabla 39 para las condiciones de tormenta extrema, que serán utilizados para el caso C del análisis dinámico de la plataforma ONEL-A. Nótese que los valores de estos parámetros son significativamente mayores a los recomendados en la norma vigente NRF-003-PEMEX-2007. Es decir cómo se mencionó en el capítulo 1, el objetivo de realizar el caso C del presente trabajo es analizar la respuesta de la plataforma ONEL-A, antes acciones que no contempla la norma aplicable en la actualidad para proyectos de plataformas tipo fijas.

Tabla 39. Parámetros meteorológicos extremos aplicables a la plataforma ONEL-A

CONDICIONES DE TORMENTA EXTREMA	
Altura máxima de ola	26.25 (m)
Periodo asociado de la ola	15 (s)
Altura de la marea astronómica	1.10 (m)
Altura de la marea de tormenta	0.9 (m)
Altura total de la marea	2 (m)
Vel. máx. de viento para 1 hra. (a 10 m sobre el N.M.M)	50 (m/s)
Vel. de Corriente (del NMM hacia el fondo):	
0%	156.25 (cm/s)
50%	125 (cm/s)
95%	100 (cm/s)

5.2. CARGAS CONSIDERADAS

Las cargas consideradas en este análisis como lo son las cargas gravitacionales no se mencionan en esta sección debido a que aplican las mismas cargas presentadas en los casos A y B, las modificaciones al análisis contemplan únicamente a las cargas dinámicas por oleaje, corriente y cargas de viento.

5.2.1. Combinación de cargas

Como puede notarse se ha contemplado una nomenclatura distinta para el análisis dinámico, es decir para las combinaciones de carga en condición de tormenta, la nomenclatura indica lo siguiente:

TD-1; Indica Combinación de Tormenta en dirección de incidencia a 0° grados

Tabla 40. Factores para combinaciones de cargas en tormenta

N°	DESCRIPCION	COMBINACIONES DE CARGA (ANALISIS DINAMICO)							
		TD-1	TD-2	TD-3	TD-4	TD-5	TD-6	TD-7	TD-8
	FACTOR DE ESFUERZOS PERMISIBLES	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
1	PESO PROPIO	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
2	CARGA MISCELANEOS SUBESTRUCTURA	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
3	CARGA MUERTA EN SUPERESTRUCTURA	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
4	CARGA VIVA EN SUPERESTRUCTURA	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
5	CARGA MUERTA DE EQUIPO	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
6	CARGA VIVA DE EQUIPO	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
7	CARGA DE TUBERIAS Y DUCTOS ELECTRICOS	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
8	CARGA MUERTA DE PAQUETE DE PERFORACION	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
9	CARGA VIVA DE PAQUETE DE PERFORACION	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
10	CARGAS DINAMICA AMBIENTAL 0°	1.00							
11	CARGAS DINAMICA AMBIENTAL 45°		1.00						
12	CARGAS DINAMICA AMBIENTAL 90°			1.00					
13	CARGAS DINAMICA AMBIENTAL 135°				1.00				
14	CARGAS DINAMICA AMBIENTAL 180°					1.00			
15	CARGAS DINAMICA AMBIENTAL 225°						1.00		
16	CARGAS DINAMICA AMBIENTAL 270°							1.00	
17	CARGAS DINAMICA AMBIENTAL 315°								1.00
18	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 0°	1.00							
19	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 45°		1.00						
20	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 90°			1.00					
21	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 135°				1.00				
22	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 180°					1.00			
23	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 225°						1.00		
24	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 270°							1.00	
25	CARGAS OCEANOGRAFICAS TORMENTA 315°								1.00

La metodología y las consideraciones del análisis corresponden a los mismos criterios presentados en la sección 4.2.1 y 4.2.2.

5.3. OBTENCIÓN DE PROPIEDADES DINAMICAS

En las imágenes 62 a 71 se pueden observar los primeros 10 modos de vibrar de la plataforma marina. En la parte superior de cada figura se indica el número del modo de vibrar seguido de la frecuencia dada en hertz (ciclos/s) y el periodo en s (segundos), así mismo se muestra las deflexiones máximas en x, y, z.

Posteriormente se enlista en la tabla 41 los datos de los primeros 10 modos de vibrar.

En el modo de vibrar 1 (ver figura 62) corresponde traslación en X, por lo que rige la deflexión en el eje x, de 2.662.

ISOMETRIC
MODE 1 FREQ. 0.221 HZ PERIOD 4.516 SECS
MAX. GLOBAL DEFL. AT 2216 WITH DX,DY,DZ= 2.662 0.029 0.060

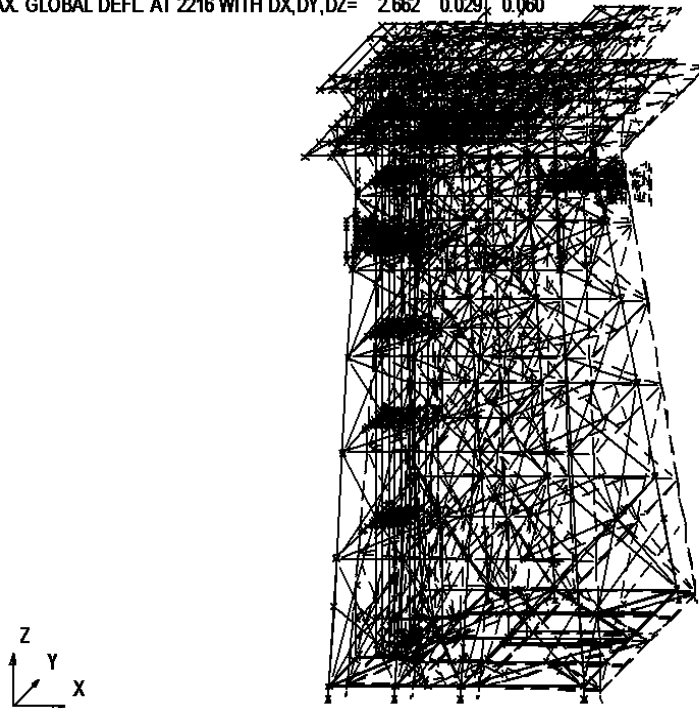


Figura 63 Configuración deformada del modo de vibrar 1 (X)

En el modo de vibrar 2 (ver figura 63) corresponde traslación en Y, por lo que rige la deflexión en el eje Y, de 2.639.

ISOMETRIC
MODE 2 FREQ. 0.301 HZ PERIOD 3.323 SECS
MAX. GLOBAL DEFL. AT 3358 WITH DX,DY,DZ= -0.272 2.639 0.022

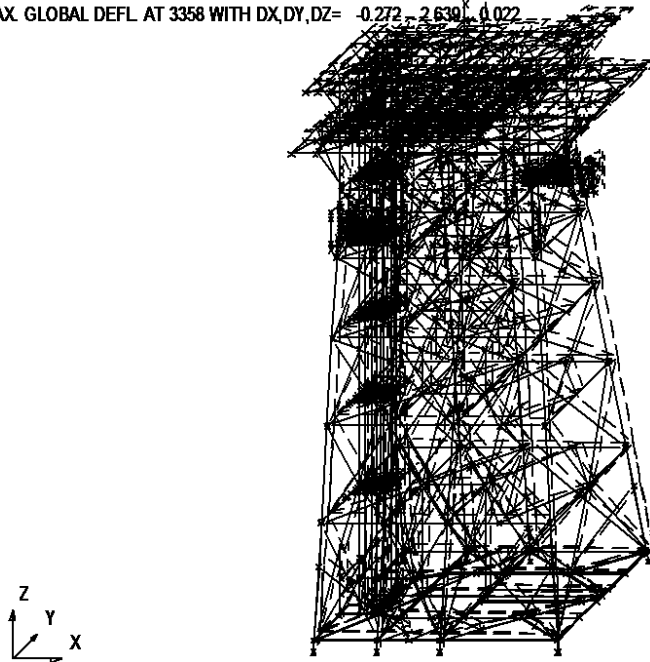


Figura 64. Configuración deformada del modo de vibrar 2 (Y)

En el modo de vibrar 3 (ver figura 64) corresponde traslación en Y, por lo que rige la deflexión en el eje Y, de 3.297.

ISOMETRIC
MODE 3 FREQ. 0.349 HZ PERIOD 2.866 SECS
MAX. GLOBAL DEFL. AT 3217 WITH DX,DY,DZ= 1.830 3.297 0.308

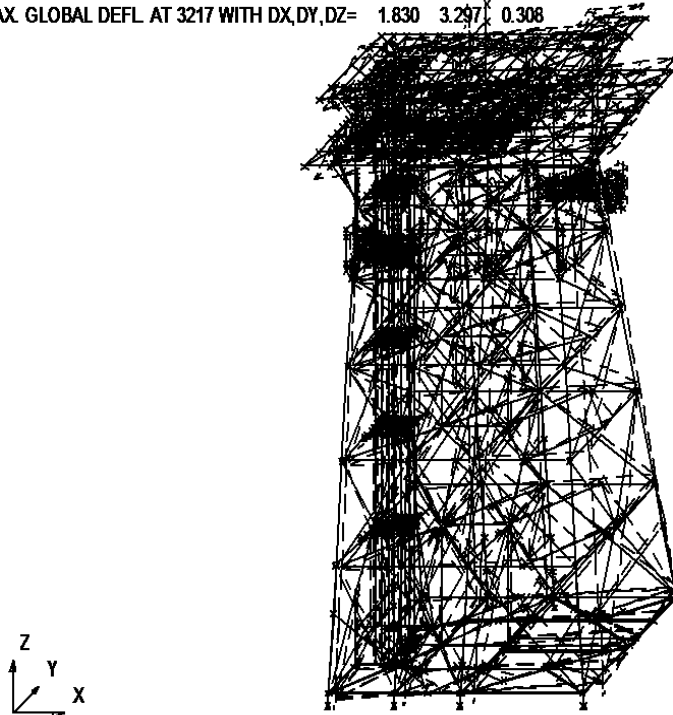


Figura 65. Configuración deformada del modo de vibrar 3 (Y)

En el modo de vibrar 4 (ver figura 65) corresponde traslación en Y, por lo que rige la deflexión en el eje Y, de 2.566.

ISOMETRIC
MODE 4 FREQ. 0.703 HZ PERIOD 1.423 SECS
MAX. GLOBAL DEFL. AT 001L WITH DX,DY,DZ= -0.145 2.566 -0.310

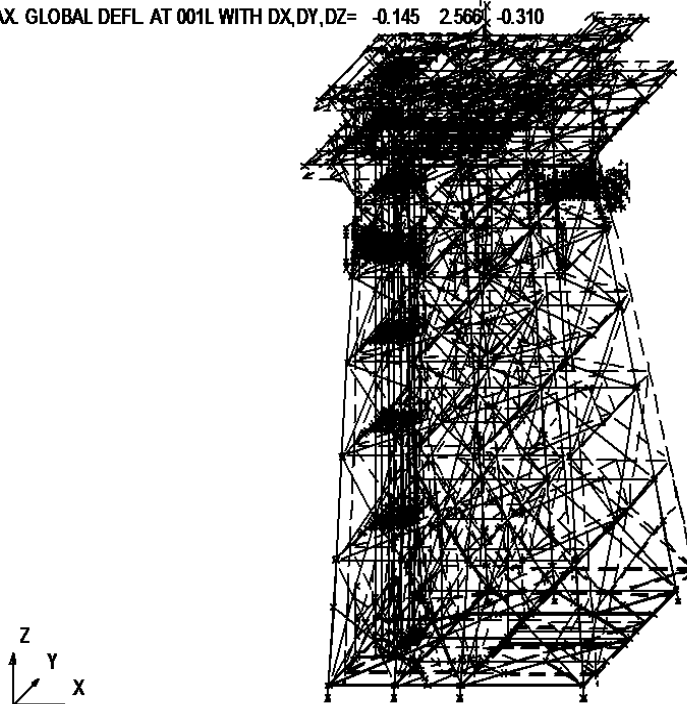


Figura 66 Configuración deformada del modo de vibrar 4 (Y)

En el modo de vibrar 5 (ver figura 66) corresponde traslación en X, por lo que rige la deflexión en el eje X, de 2.563.

ISOMETRIC
MODE 5 FREQ. 0.805 HZ PERIOD 1.243 SECS
MAX GLOBAL DEFL. AT 008L WITH DX,DY,DZ= 2.563 -0.091 0.567

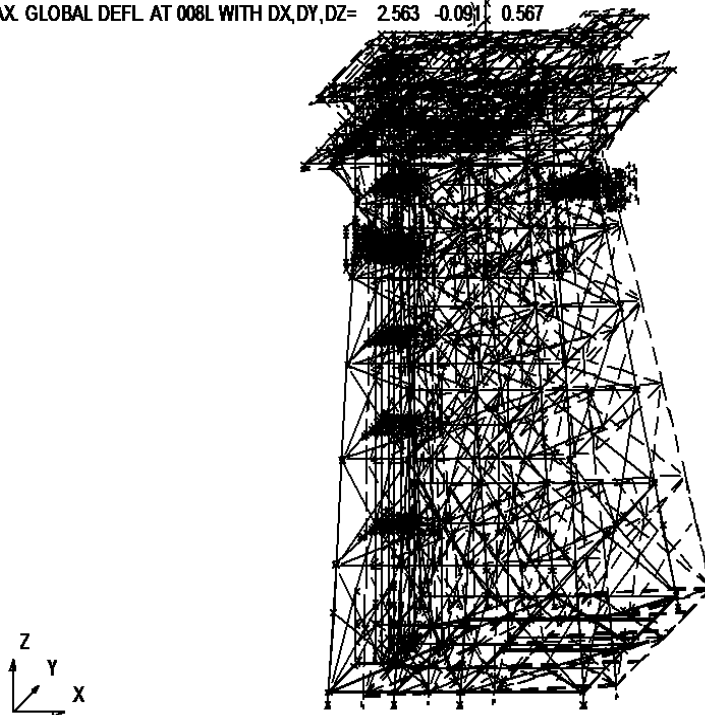


Figura 67 Configuración deformada del modo de vibrar 5 (X)

En el modo de vibrar 6 (ver figura 67) corresponde traslación en Y, por lo que rige la deflexión en el eje Y, de 2.551.

ISOMETRIC
MODE 6 FREQ. 0.979 HZ PERIOD 1.021 SECS
MAX GLOBAL DEFL. AT 004L WITH DX,DY,DZ= 1.565 2.551 0.013

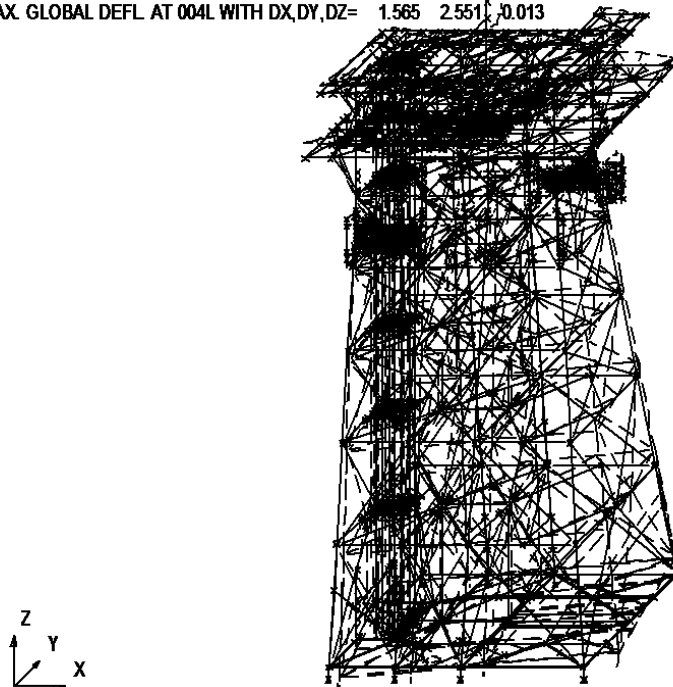


Figura 68 Configuración deformada del modo de vibrar 6 (Y)

En el modo de vibrar 7 (ver figura 68) corresponde traslación en Y, por lo que rige la deflexión en el eje Y, de 2.655.

ISOMETRIC
MODE 7 FREQ. 1.888 HZ PERIOD 0.530 SECS
MAX GLOBAL DEFL AT 001L WITH DX,DY,DZ= -0.579 2.655 -1.038

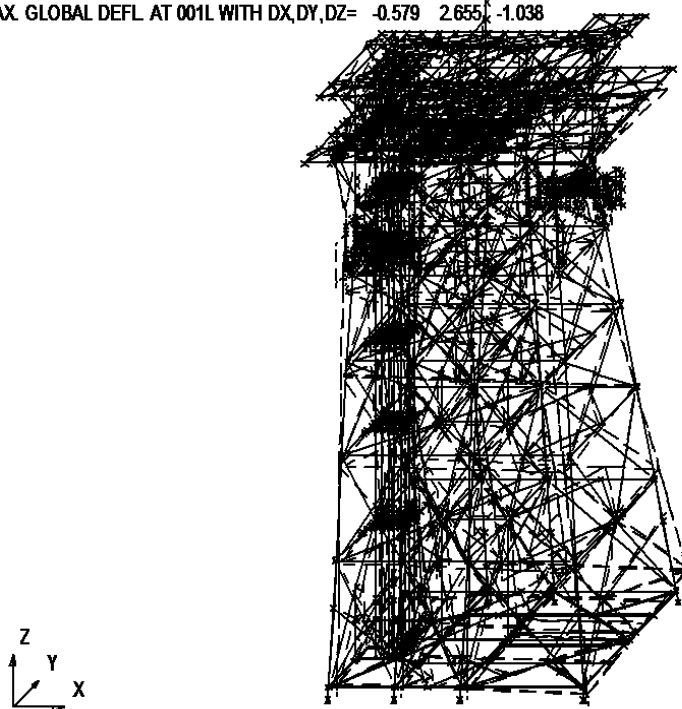


Figura 69 Configuración deformada del modo de vibrar 7 (Y)

En el modo de vibrar 8 (ver figura 69) corresponde traslación en Y, por lo que rige la deflexión en el eje Y, de 2.229.

ISOMETRIC
MODE 8 FREQ. 1.945 HZ PERIOD 0.514 SECS
MAX GLOBAL DEFL AT 008L WITH DX,DY,DZ= -2.229 -2.367 -2.396



Figura 70 Configuración deformada del modo de vibrar 8 (Y)

En el modo de vibrar 9 (ver figura 70) corresponde traslación en X, por lo que rige la deflexión en el eje X, de 2.475.

ISOMETRIC
MODE 9 FREQ. 1.989 HZ PERIOD 0.503 SECS
MAX. GLOBAL DEFL AT 005L WITH DX,DY,DZ= 2.475 0.403 1.831

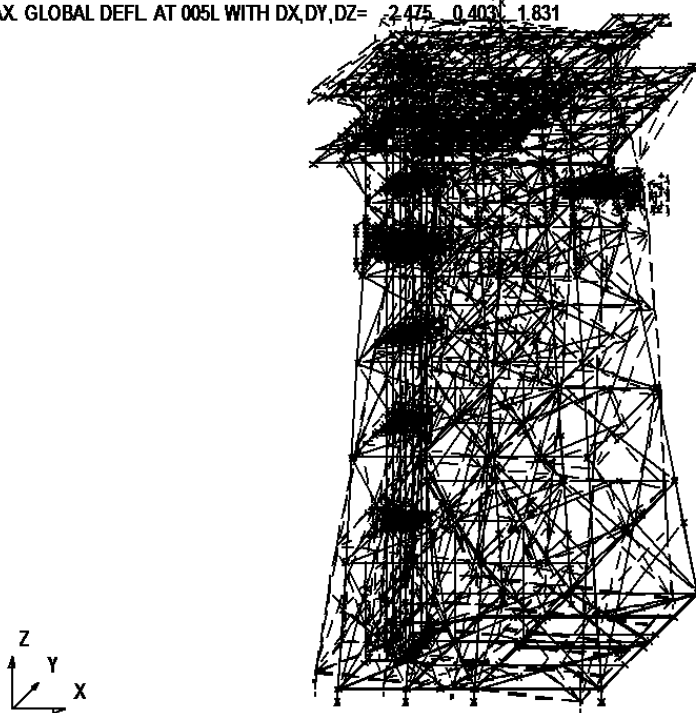


Figura 71 Configuración deformada del modo de vibrar 9 (X)

En el modo de vibrar 10 (ver figura 71) corresponde a modo torsional, por lo que rige la deflexión en el eje Z, de 2.546.

ISOMETRIC
MODE 10 FREQ. 2.093 HZ PERIOD 0.478 SECS
MAX. GLOBAL DEFL AT 008L WITH DX,DY,DZ= 0.366 0.023 2.546

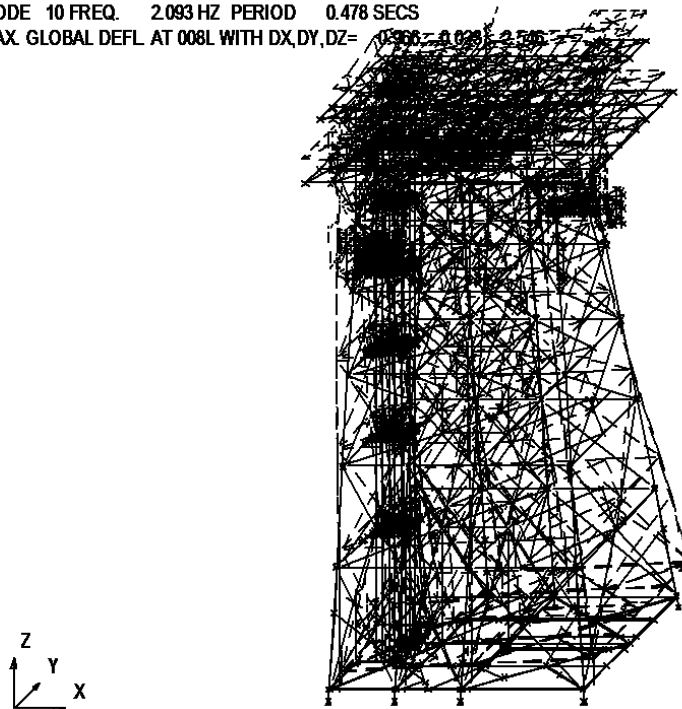


Figura 72 Configuración deformada del modo de vibrar 10 (Z)

Tabla 41. Modos de vibrar de la plataforma ONEL-A (Caso C)

MODO DE VIBRAR	PERIODO (s)	FORMA MODAL	DEFLEXIONES		
			X	Y	Z
1	4.516	Traslación en x	2.662	0.029	0.060
2	3.323	Traslación en y	-0.272	2.639	0.022
3	2.866	Traslación en y	1.83	3.297	0.308
4	1.423	Traslación en y	-0.145	2.566	-0.31
5	1.243	Traslación en x	2.563	-0.091	0.567
6	1.021	Traslación en y	1.565	2.551	-0.013
7	0.530	Traslación en y	-0.579	2.655	-1.038
8	0.514	Traslación en y	-2.229	-2.367	-2.396
9	0.503	Traslación en x	-2.475	0.403	1.831
10	0.478	Torsional	0.966	0.028	2.55

De acuerdo a los datos del análisis dinámico de la tabla 41, el modo de vibrar 1 en traslación en X, es decir el modo fundamental; presenta el mayor periodo de 4.516 s, por experiencia empírica el periodo para este tipo de plataformas marinas es del orden de 3.5 s, la deflexión máxima ocurre en el modo 3 con 3.297 en traslación en Y, por lo que el modo 3 es el que rige, el modo torsional ocurre en el modo 10 con deflexión de 2.55, puede observarse que los modos 2, 4, 6 y 7 tienen similar magnitud en traslación en Y. En general se concluye que los 10 primeros modos de vibración representan más del 90% de masas de la estructura, y para poder evaluar el comportamiento de la estructura deberán aplicarse las combinaciones de acciones ambientales, lo cual se presentará en las secciones siguientes.

Se puede notar el periodo de vibrar mayor en el caso C respecto al caso B, debido a que en el cálculo de la linealización de la cimentación se genera un superelemento el cual incluye las cargas verticales y ambientales sobre la estructura. Por lo que en el caso de tormenta extrema la estructura resulta con periodo de 4.516 s al estar afectado directamente por los parámetros ambientales extremos.

Porcentaje de participación de masas

Como se mencionó en la sección anterior, se debe cumplir mínimo el 90% de participación de masas por lo que en el listado siguiente se comprueba que se cumple esta condición para el modo de vibrar 10.

Tabla 42. Variables contenidas en la tabla "Mass participation factor report"

1	2	3	4	5	6	7
MODO	FACTOR DE PARTICIPACIÓN DE MASAS			FACTOR ACUMULADO		
	X	Y	Z	X	Y	Z

MASS PARTICIPATION FACTOR REPORT
BASED ON EXPANDED DEGREES OF FREEDOM

***** MASS PARTICIPATION FACTORS *****				***** CUMULATIVE FACTORS *****		
MODE	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.9674724	0.0000065	0.0003926	0.967472	0.000007	0.000393
2	0.0000654	0.9222472	0.0000103	0.967538	0.922254	0.000403
3	0.0011969	0.0255481	0.0000001	0.968735	0.947802	0.000403
4	0.0000082	0.0491352	0.0006156	0.968743	0.996937	0.001019
5	0.0289446	0.0000032	0.0007525	0.997688	0.996940	0.001771
6	0.0000256	0.0000002	0.0000046	0.997713	0.996940	0.001776
7	0.0000001	0.0000138	0.0098967	0.997713	0.996954	0.011672
8	0.0001565	0.0000079	0.0051795	0.997870	0.996962	0.016852
9	0.0004757	0.0000097	0.1073983	0.998345	0.996972	0.124250
10	0.0002876	0.0000112	0.8180103	0.998633	0.996983	0.942260

5.4. RESULTADOS DEL ANALISIS

En esta sección se presentan los resultados del análisis dinámico aplicando parámetros extremos de tormenta, los resultados se muestran en función de desplazamientos máximos, relación de esfuerzos en la estructura y en los pilotes.

5.4.1. Desplazamientos nodales

El siguiente listado se obtiene del programa, se indican los desplazamientos máximos en los nodos, se puede observar que el desplazamiento máximo se obtuvo en la combinación TD-3, el nodo está ubicado en el nodo del pedestal de la grúa.

En el siguiente listado se resalta el desplazamiento máximo y se indica el significado de cada concepto de la tabla.

Tabla 43. Valores contenidos en la tabla “Maximum joint deflection report”

1	2	3	4	5	6	7
LOAD CASE	X- DIRECTION		Y- DIRECTION		Z- DIRECTION	
	JOINT	DEFLECTION CM	JOINT	DEFLECTION CM	JOINT	DEFLECTION CM

- 1 CASO DE CARGA
- 2 JUNTA
- 3 DESPLAZAMIENTO EN EL SENTIDO X (CM)
- 4 JUNTA
- 5 DESPLAZAMIENTO EN EL SENTIDO Y (CM)
- 6 JUNTA
- 7 DESPLAZAMIENTO EN EL SENTIDO Z (CM)

```

***** MAXIMUM JOINT DEFLECTION REPORT *****
1      2      3      4      5      6      7
LOAD   *** X-DIRECTION ***   *** Y-DIRECTION ***   *** Z-DIRECTION ***
CASE   JOINT DEFLECTION   JOINT DEFLECTION   JOINT DEFLECTION
        CM                CM                CM

TD-1   2216   264.3925   108P   -5.7207   0607   -39.5809
TD-2   2216   135.7622   3171   85.5594   008L   -22.5666
TD-3   3349   -73.0294   2216   1906.3827   005L   -547.1629
TD-4   3349   -212.7466   3472   163.7131   005L   -50.4307
TD-5   2216   -197.8651   105P   -5.7825   005L   -20.2558
TD-6   2216   -236.9334   3358   -173.1343   001L   -52.3745
TD-7   3497   -61.1385   2216   -1239.0704   001L   -349.5425
TD-8   3355   132.0686   3033   -82.4549   004L   -20.8232
    
```

Puede concluirse que los desplazamientos máximos ocurren para la incidencia de 90°, el valor máximo es de 19.0 m en la dirección Y.

Como se puede observar en la figura 72, el desplazamiento máximo se presentó en la combinación de cargas TD-3 (ver *tabla 40 Combinaciones de cargas en tormenta*) el valor máximo resultó de 19 m. en el eje Y, este desplazamiento es superior al caso A y caso B del presente trabajo, por lo que el efecto de las acciones extremas aplicadas a este análisis afecta considerablemente en la estabilidad de la plataforma marina.

ISOMETRIC DEFL SHAPE LC TD-3
MAX. GLOBAL DEFL. AT 2216 WITH DX,DY,DZ= -17.107 1908.236 -535.395

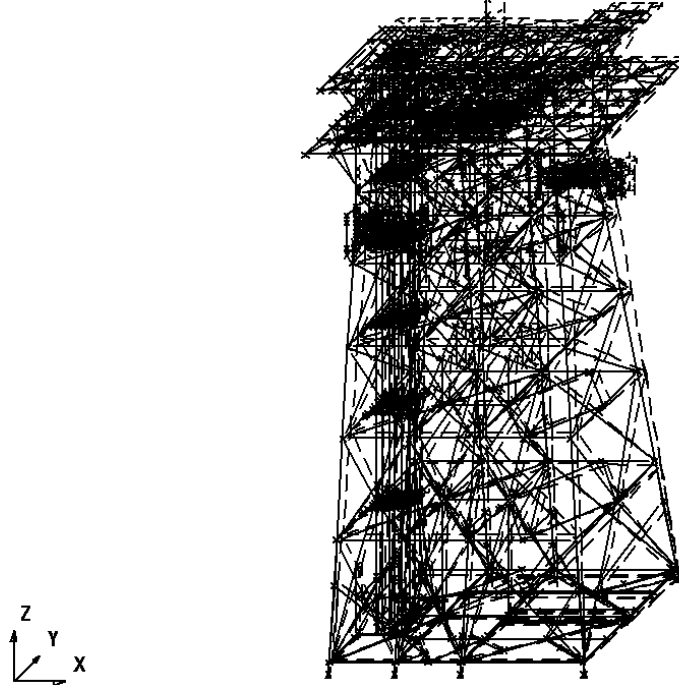


Figura 73 Configuración deformada de la combinación TD-3

5.4.2. Relación de esfuerzos

Mediante la relación de esfuerzos actuantes entre los esfuerzos permisibles se puede determinar si los elementos están cumpliendo con el comportamiento estructural adecuado, el cálculo de la relación de esfuerzos se obtiene de la misma manera que para el caso A y caso B estudiados anteriormente. Se enlistan a continuación los UC (Unity Check).

A continuación se enlistan los resultados de relación de esfuerzos en pilotes, el valor máximo se encuentra resaltado, se indica en la tabla 44 el significado de las variables de la tabla obtenida de SACS 5.6 "Member Group Summary".

Tabla 44. Variables contenidas en la tabla de "Member group summary"

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	APPLIED STRESSES			ALLOWABLE STRESSES				CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS		CM VALUES	
					AXIAL KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM	AXIAL KGSMM	EULER KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM		KLY M	KLZ M	Y	Z

1	NOMBRE DEL GRUPO	7	ESFUERZO A FLEXIÓN ALREDEDOR DEL EJE Y (KG/MM ²)	14	LONGITUD EFECTIVA KLY (M)
2	MIEMBRO CRITICO	8	ESFUERZO A FLEXIÓN ALREDEDOR DEL EJE Z (KG/MM ²)	15	LONGITUD EFECTIVA KLZ (M)
3	CONDICIÓN DE CARGA	9	ESFUERZOS PERMISIBLES - AXIAL (KG/MM ²)	16	FACTOR DE ORRECIÓN DE MOMENTOS ALREDEDOR DEL EJE Y
4	MÁXIMA RELACIÓN DE ESFUERZOS	10	ESFUERZOS PERMISIBLES - EULER (KG/MM ²)	17	FACTOR DE CORRECIÓN DE MOMENTOS ALREDEDOR DEL EJE Z
5	DISTANCIA DESDE EL FINAL (M) SECCIONES	11	ESFUERZOS PERMISIBLES - FLEXIÓN EN EL EJE Y (KG/MM ²)		
6	ESFUERZO AXIAL (KG/MM ²)	12	ESFUERZOS PERMISIBLES - FLEXIÓN EN EL EJE Z (KG/MM ²)		
		13	CONDICIÓN CRITICA POR ESFUERZOS		

* cm=0.85 PARA MIEMBROS CUYOS EXTREMOS ESTAN RESTRINGIDOS CONTRA LA ROTACIÓN EN EL PLANO DE LA FLEXIÓN

* * * MEMBER GROUP SUMMARY * * *

API RP2A 21ST/AISC 9TH

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	* APPLIED STRESSES *	* APPLIED STRESSES *	* APPLIED STRESSES *	*** ALLOWABLE STRESSES ***	*** ALLOWABLE STRESSES ***	*** ALLOWABLE STRESSES ***	*** ALLOWABLE STRESSES ***	CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS KLY M	EFFECTIVE LENGTHS KLZ M	* VALUES * Y	* VALUES * Z
11V	0028-5C4X	TD-3	1.53	3.7	-18.20	-4.28	-1.46	14.65	23.28	25.31	25.31	C>.15A	8.0	15.8	0.85	0.85
1VA	0015-0008	TD-1	1.39	10.8	-18.48	3.30	0.92	16.11	35.75	25.31	25.31	C>.15A	13.8	13.8	0.85	0.85
20V	505L-4C1X	TD-8	1.26	0.0	-12.22	3.60	4.18	13.99	19.91	25.31	25.31	C>.15A	8.9	19.1	0.85	0.85
2VA	0010-5B2X	TD-6	1.12	3.4	-14.58	-2.60	-2.46	15.67	30.99	25.31	25.31	C>.15A	7.8	13.8	0.85	0.85
3VA	0005-5A2X	TD-2	1.01	4.0	-13.93	-1.95	-1.59	15.63	30.54	25.31	25.31	C>.15A	6.9	13.8	0.85	0.85
A13	603L-604L	TD-5	1.47	0.0	16.82	-16.09	-1.06	20.25	57.41	25.31	25.31	TN+BN	8.5	8.5	0.85	0.85
A15	601L-0109	TD-7	1.69	0.0	-10.23	-24.85	6.36	17.00	50.88	24.85	24.85	C>.15A	11.2	2.8	0.85	0.85
A17	606L-0103	TD-6	1.00	4.8	-13.56	4.27	-1.13	17.03	51.57	24.85	24.85	C>.15A	11.2	5.6	0.85	0.85
A32	402L-403L	TD-7	1.08	0.0	-15.16	0.69	-3.69	16.90	48.65	25.31	25.31	C>.15A	8.4	8.4	0.85	0.85
B21	3022-3205	TD-3	1.07	0.0	-9.53	15.09	1.03	20.25	617.77	25.31	25.31	C>.15B	6.2	6.2	0.85	0.85
B22	3205-3282	TD-3	0.84	1.4	-9.46	-17.56	-0.03	28.11*****	35.14	35.14	35.14	C>.15B	1.4	1.4	0.85	0.85
CON	146C-246C	TD-3	2.30	0.0	-0.90	-78.99	2.03	17.53	21.05	35.14	35.14	C<.15	21.2	21.2	0.85	0.85
H11	0105-606L	TD-4	1.09	7.7	-12.73	-3.94	5.61	16.61	43.16	25.31	25.31	C>.15A	6.9	6.9	0.85	0.85
H15	0107-0104	TD-4	1.01	0.0	-11.28	0.72	6.23	16.07	35.25	25.31	25.31	C>.15A	7.6	7.6	0.85	0.85
H16	0108-604L	TD-2	1.30	8.3	-17.47	-3.27	5.51	17.40	61.71	25.31	25.31	C>.15A	6.6	6.6	0.85	0.85
H17	608L-0108	TD-8	1.28	0.0	-16.93	-1.95	6.15	17.32	59.21	25.31	25.31	C>.15A	6.8	6.8	0.85	0.85
H31	401L-0345	TD-6	8.51	0.0	-9.62	-2.87	-8.86	9.66	9.74	25.31	25.31	C>.15A	14.3	7.4	0.85	0.85
H32	0315-0316	TD-6	1.27	1.4	6.93	-0.71	23.53	20.251090.80	25.31	25.31	25.31	TN+BN	1.4	1.4	0.85	0.85
H34	0342-0344	TD-4	1.10	0.0	-2.53	0.36	-34.26	21.01	36.71	35.14	35.14	C<.15	7.2	1.2	0.85	0.85
H41	305L-0443	TD-5	1.18	8.0	-7.36	1.85	-16.62	13.48	17.86	25.31	25.31	C>.15A	15.6	8.1	0.85	0.85
H42	0430-0436	TD-1	1.37	1.3	-8.68	-2.25	-23.67	20.251222.63	25.31	25.31	25.31	C>.15B	1.3	1.3	0.85	0.85
H44	0443-0441	TD-1	1.41	1.4	5.17	-1.54	-29.10	20.25	49.32	25.31	25.31	TN+BN	9.7	1.8	0.85	0.85
H52	0511-0545	TD-3	1.68	0.0	-2.94	-38.62	3.38	20.25	517.56	25.31	25.31	C>.15B	2.0	2.0	0.85	0.85
H54	0570-0569	TD-8	1.06	2.3	2.65	2.38	-23.41	20.25	42.81	25.31	25.31	TN+BN	10.2	2.6	0.85	0.85
H62	0881-0605	TD-1	1.43	0.0	24.33	5.74	-0.13	20.25	193.95	25.31	25.31	TN+BN	4.2	3.8	0.85	0.85
H63	0894-0632	TD-6	1.04	3.5	-5.37	1.58	-18.27	13.29	17.20	25.31	25.31	C>.15A	10.9	3.5	0.85	0.85
H64	0631-0893	TD-3	1.47	0.0	13.17	-5.70	-20.01	20.25	35.07	25.31	25.31	TN+BN	11.0	3.8	0.85	0.85
H65	0881-0889	TD-1	0.99	0.0	3.26	-1.59	30.80	28.11	34.13	35.14	35.14	TN+BN	10.9	0.8	0.85	0.85
H76	0630-0610	TD-7	1.13	0.0	7.64	-18.96	0.95	20.25	166.37	25.31	25.31	TN+BN	4.0	4.0	0.85	0.85
H81	0618-0895	TD-1	0.97	1.1	-2.21	-15.29	-0.86	8.25	8.25	25.31	25.31	C>.15A	22.7	12.7	0.85	0.85
L51	407L-451L	TD-6	1.22	6.2	-20.48	3.51	2.79	19.49	841.94	23.68	23.68	C>.15A	7.6	7.6	0.85	0.85
L52	451L-507L	TD-6	1.26	4.8	-20.47	2.77	5.17	19.551024.97	23.68	23.68	23.68	C>.15A	7.1	7.1	0.85	0.85
LG2	208L-308L	TD-6	1.48	14.9	-24.00	1.06	2.31	17.60	143.14	22.24	22.24	C>.15A	18.0	18.0	0.85	0.85
LG3	308L-408L	TD-6	1.79	3.0	-30.20	1.15	1.73	17.79	177.91	22.24	22.24	C>.15A	16.1	16.1	0.85	0.85
LG4	408L-508L	TD-6	2.10	12.6	-35.16	4.88	1.89	18.76	207.61	23.68	23.68	C>.15A	14.9	14.9	0.85	0.85
LG6	0914-8117	TD-6	1.03	2.2	-24.00	4.13	4.39	28.119693.13	34.10	34.10	34.10	C>.15B	2.2	2.2	0.85	0.85

Capítulo 5. Caso C. Análisis Dinámico ante acciones extremas

LG7	608L-708L	TD-6	1.16	0.0	-25.92	-7.88	-2.16	28.11*****	34.10	34.10	C>.15B	0.8	0.8	0.85	0.85	
PL0	005P-105P	TD-5	2.22	2.1	-13.78	1.93	60.60	28.118279.14	35.14	35.14	C>.15B	2.1	2.1	0.85	0.85	
PL1	105P-205P	TD-5	2.35	0.0	-13.79	1.93	60.74	23.96	79.88	35.14	35.14	C>.15A	21.4	21.4	0.85	0.85
PL2	208P-308P	TD-1	1.11	2.3	-17.90	8.92	10.57	24.90	117.41	35.14	35.14	C>.15A	18.0	18.0	0.85	0.85
T-1	3386-3387	TD-3	1.19	0.6	-0.26	-5.18	22.74	18.086256.71	22.28	25.31	C<.15	0.6	0.6	0.85	0.85	
T-2	3430-3435	TD-2	1.30	1.6	0.19	-11.41	-18.21	20.25	909.06	22.28	25.31	TN+BN	1.6	1.6	0.85	0.85
T-4	3473-3474	TD-7	1.19	2.3	0.96	-13.52	-13.56	20.25	231.76	22.28	25.31	TN+BN	2.3	2.3	0.85	0.85
T-5	3248-3259	TD-1	1.86	0.0	0.28	6.03	39.77	20.25	126.01	22.28	25.31	TN+BN	2.0	2.0	0.85	0.85
T-6	3238-3250	TD-7	1.75	0.0	-0.37	-36.00	2.69	19.281174.15	22.28	25.31	C<.15	1.2	1.2	0.85	0.85	
T-8	3271-3282	TD-3	1.85	3.3	-0.44	-38.26	2.73	18.91	195.50	22.28	25.31	C<.15	3.3	3.3	0.85	0.85
T1A	3394-3393	TD-3	1.05	0.0	-0.53	-2.76	-31.93	26.56	365.38	28.11	35.14	C<.15	2.1	2.1	0.85	0.85
T2A	3442-3435	TD-1	1.75	0.0	0.08	-2.11	40.43	20.25	421.50	20.25	25.31	TN+BN	2.0	2.0	0.85	0.85
V-8	806P-3318	TD-7	1.11	0.0	-11.95	5.60	1.25	15.41	28.60	25.31	25.31	C>.15A	12.0	12.0	0.85	0.85
V10	0019-5C1X	TD-7	1.67	0.0	-20.95	5.83	0.10	14.75	23.87	25.31	25.31	C>.15A	8.0	15.8	0.85	0.85
V11	0019-0019	TD-7	1.45	0.0	-15.51	9.88	0.62	14.77	24.02	25.31	25.31	C>.15A	8.0	15.8	0.85	0.85
V1A	208L-307L	TD-8	1.44	24.3	-15.29	2.91	4.08	15.00	25.47	25.31	25.31	C>.15A	19.5	19.5	0.85	0.85
V21	501L-4C1X	TD-2	1.11	0.0	-10.53	2.69	-4.72	13.96	19.77	25.31	25.31	C>.15A	8.5	19.1	0.85	0.85
V2A	206L-2B2X	TD-6	101.88	0.0	-25.97	-3.27	-0.90	14.87	24.61	25.31	25.31	EULER	8.4	17.3	0.85	0.85
V30	405L-3C1X	TD-8	1.20	0.0	-11.63	4.05	4.09	13.97	19.85	25.31	25.31	C>.15A	10.5	22.1	0.85	0.85
V31	401L-3C1X	TD-2	1.09	0.0	-10.57	3.90	-4.08	13.94	19.68	25.31	25.31	C>.15A	10.2	22.2	0.85	0.85
V3A	207L-2B2X	TD-1	101.75	5.4	-25.15	-1.38	-0.38	14.85	24.50	25.31	25.31	EULER	8.1	17.2	0.85	0.85
V4A	106L-0810	TD-1	101.81	0.0	-25.96	1.67	-0.24	14.91	24.92	25.31	25.31	EULER	9.2	19.7	0.85	0.85
V50	0251-0252	TD-8	1.84	0.0	-17.11	0.67	2.79	14.05	20.17	25.31	25.31	C>.15A	9.3	21.8	0.85	0.85
V54	104L-0503	TD-6	1.24	25.3	-13.43	-0.15	1.99	13.60	18.31	25.31	25.31	C>.15A	22.8	22.8	0.85	0.85
V5A	105L-0810	TD-6	2.48	0.0	-23.28	-1.66	-1.93	14.93	25.05	25.31	25.31	C>.15A	9.6	19.7	0.85	0.85
V6A	206L-1B2X	TD-1	1.79	10.3	-30.43	1.89	0.08	17.95	85.27	25.31	25.31	C>.15A	9.2	9.2	0.85	0.85
V7A	207L-1B2X	TD-6	1.86	0.0	-30.07	2.32	2.36	17.85	79.83	25.31	25.31	C>.15A	9.6	9.6	0.85	0.85
VA1	0008-605L	TD-1	1.13	3.2	-14.23	4.40	1.38	16.17	36.53	25.31	25.31	C>.15A	13.8	13.8	0.85	0.85
VA2	507L-608L	TD-5	2.61	13.1	-32.83	5.85	-0.49	16.81	46.84	25.31	25.31	C>.15A	12.2	12.2	0.85	0.85
VA4	408L-507L	TD-8	1.55	19.1	-18.05	2.82	3.78	15.59	30.22	25.31	25.31	C>.15A	15.3	15.3	0.85	0.85
VA5	507L-4B2X	TD-6	1.67	0.0	-20.69	0.97	3.61	15.71	31.35	25.31	25.31	C>.15A	6.6	15.3	0.85	0.85
VA6	502L-4A2X	TD-2	1.27	0.0	-16.00	1.73	3.42	15.68	31.05	25.31	25.31	C>.15A	7.1	15.3	0.85	0.85
VA7	307L-408L	TD-5	2.73	20.2	-29.76	4.46	-2.82	16.21	37.13	25.31	25.31	C>.15A	16.1	16.1	0.85	0.85
VA8	407L-3B2X	TD-6	2.14	0.0	-22.00	3.65	4.66	15.38	28.41	25.31	25.31	C>.15A	7.8	16.1	0.85	0.85
VA9	406L-3B2X	TD-8	1.48	0.0	-16.46	3.38	-4.88	15.38	28.36	25.31	25.31	C>.15A	7.5	16.0	0.85	0.85

Del listado anterior presentado, se concluye que la relación de esfuerzos resultante es de 101.88 y ocurre en la combinación TD-6, es decir para combinación de tormenta extrema en incidencia de 225° (de acuerdo a las direcciones indicadas en la figura 22).

5.4.3. Revisión de juntas

A continuación se enlistan los resultados de relación de esfuerzos en juntas, el valor máximo se encuentra resaltado, ver tabla 45 (Variables contenidas en la tabla “Joint can summary”).

Tabla 45. Variables contenidas en la tabla “Joint can summary”

1	2	3	4	5	6	7	8	9
JOINT	ORIGINAL				DESIGN			
	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (KGSMM)	UC	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (KGSMM)	UC

- 1 JUNTA
- 2 DIAMETRO ORIGINAL (CM)
- 3 ESPESOR ORIGINAL (CM)
- 4 ESFUERZO DE FLUENCIA ORIGINAL (KGMM²)
- 5 RELACIÓN DE ESFUERZOS
- 6 DIAMETRO DE DISEÑO (CM)
- 7 ESPESOR DE DISEÑO (CM)
- 8 ESFUERZO DE FLUENCIA DISEÑO (KGMM²)
- 9 RELACIÓN DE ESFUERZOS

* * J O I N T C A N S U M M A R Y * *
(UNITY CHECK ORDER)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
JOINT	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (KGSMM)	UC	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (KGSMM)	UC
608L	166.370	4.445	35.150	4.251	166.370	4.445	35.150	4.251
604L	166.370	4.445	35.150	4.107	166.370	4.445	35.150	4.107
708L	166.370	4.445	35.150	2.666	166.370	4.445	35.150	2.666
0557	35.560	1.270	25.320	2.657	35.560	1.270	25.320	2.657
0552	35.560	1.270	25.320	2.442	35.560	1.270	25.320	2.442
0555	35.560	1.270	25.320	2.402	35.560	1.270	25.320	2.402
0545	35.560	1.270	25.320	2.398	35.560	1.270	25.320	2.398
605L	166.370	4.445	35.150	2.369	166.370	4.445	35.150	2.369
0550	35.560	1.270	25.320	2.287	35.560	1.270	25.320	2.287
207L	166.370	4.445	35.150	2.244	166.370	4.445	35.150	2.244
203L	166.370	4.445	35.150	2.203	166.370	4.445	35.150	2.203
1B2X	66.040	2.540	35.150	2.138	66.040	2.540	35.150	2.138
0554	35.560	1.270	25.320	2.138	35.560	1.270	25.320	2.138
0540	35.560	1.270	25.320	2.104	35.560	1.270	25.320	2.104
704L	166.370	4.445	35.150	2.089	166.370	4.445	35.150	2.089
0811	76.200	3.175	35.150	2.082	76.200	3.175	35.150	2.082
1A2X	66.040	2.540	35.150	2.065	66.040	2.540	35.150	2.065
0809	76.200	3.175	35.150	2.061	76.200	3.175	35.150	2.061
0543	35.560	1.270	25.320	2.028	35.560	1.270	25.320	2.028
0549	35.560	1.270	25.320	2.026	35.560	1.270	25.320	2.026
0881	50.800	2.540	35.150	1.955	50.800	2.540	35.150	1.955
0546	35.560	1.270	25.320	1.914	35.560	1.270	25.320	1.914
0542	35.560	1.270	25.320	1.895	35.560	1.270	25.320	1.895
0548	35.560	1.270	25.320	1.892	35.560	1.270	25.320	1.892
601L	166.370	4.445	35.150	1.875	166.370	4.445	35.150	1.875
107L	166.370	4.445	35.150	1.857	166.370	4.445	35.150	1.857
2B2X	66.040	2.540	35.150	1.856	66.040	2.540	35.150	1.856
0547	35.560	1.270	25.320	1.855	35.560	1.270	25.320	1.855
0551	35.560	1.270	25.320	1.842	35.560	1.270	25.320	1.842
103L	166.370	4.445	35.150	1.841	166.370	4.445	35.150	1.841
0632	50.800	1.905	25.320	1.839	50.800	1.905	25.320	1.839
2A2X	66.040	2.540	35.150	1.818	66.040	2.540	35.150	1.818
208L	166.370	4.445	35.150	1.789	166.370	4.445	35.150	1.789
408L	166.370	4.445	35.150	1.744	166.370	4.445	35.150	1.744
204L	166.370	4.445	35.150	1.744	166.370	4.445	35.150	1.744
404L	166.370	4.445	35.150	1.727	166.370	4.445	35.150	1.727
0559	35.560	1.270	25.320	1.674	35.560	1.270	25.320	1.674
0556	35.560	1.270	25.320	1.651	35.560	1.270	25.320	1.651
401L	166.370	4.445	35.150	1.649	166.370	4.445	35.150	1.649
108L	166.370	4.445	35.150	1.641	166.370	4.445	35.150	1.641
0553	35.560	1.270	25.320	1.614	35.560	1.270	25.320	1.614
104L	166.370	4.445	35.150	1.608	166.370	4.445	35.150	1.608
606L	166.370	4.445	35.150	1.601	166.370	4.445	35.150	1.601
0541	35.560	1.270	25.320	1.599	35.560	1.270	25.320	1.599
0562	35.560	1.270	25.320	1.585	35.560	1.270	25.320	1.585
0810	76.200	3.175	35.150	1.575	76.200	3.175	35.150	1.575
0807	76.200	3.175	35.150	1.558	76.200	3.175	35.150	1.558
0894	35.560	1.270	25.320	1.550	35.560	1.270	25.320	1.550
405L	166.370	4.445	35.150	1.504	166.370	4.445	35.150	1.504
0511	91.440	3.175	35.150	1.498	91.440	3.175	35.150	1.498
3A2X	66.040	2.540	35.150	1.356	66.040	2.540	35.150	1.356
607L	166.370	4.445	35.150	1.353	166.370	4.445	35.150	1.353
0560	35.560	1.270	25.320	1.342	35.560	1.270	25.320	1.342
4B2X	66.040	2.540	35.150	1.325	66.040	2.540	35.150	1.325
4A2X	66.040	2.540	35.150	1.313	66.040	2.540	35.150	1.313
603L	166.370	4.445	35.150	1.301	166.370	4.445	35.150	1.301
307L	166.370	4.445	35.150	1.298	166.370	4.445	35.150	1.298
507L	167.640	5.080	35.150	1.291	167.640	5.080	35.150	1.291

Capítulo 5. Caso C. Análisis Dinámico ante acciones extremas

* * J O I N T C A N S U M M A R Y * *
(UNITY CHECK ORDER)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
JOINT	DIAMETER (CM)	ORIGINAL THICKNESS (CM)	YLD STRS (KGSMM)	UC	DIAMETER (CM)	DESIGN THICKNESS (CM)	YLD STRS (KGSMM)	UC
303L	166.370	4.445	35.150	1.283	166.370	4.445	35.150	1.283
502L	167.370	4.445	35.150	1.275	167.370	4.445	35.150	1.275
0544	35.560	1.270	25.320	1.255	35.560	1.270	25.320	1.255
106L	166.370	4.445	35.150	1.249	166.370	4.445	35.150	1.249
0563	35.560	1.270	25.320	1.236	35.560	1.270	25.320	1.236
0558	35.560	1.270	25.320	1.231	35.560	1.270	25.320	1.231
205L	166.370	4.445	35.150	1.224	166.370	4.445	35.150	1.224
0887	35.560	1.270	25.320	1.222	35.560	1.270	25.320	1.222
306L	166.370	4.445	35.150	1.219	166.370	4.445	35.150	1.219
403L	166.370	4.445	35.150	1.190	166.370	4.445	35.150	1.190
201L	166.370	4.445	35.150	1.189	166.370	4.445	35.150	1.189
102L	166.370	4.445	35.150	1.186	166.370	4.445	35.150	1.186
5C2X	60.960	3.175	35.150	1.183	60.960	3.175	35.150	1.183
302L	166.370	4.445	35.150	1.180	166.370	4.445	35.150	1.180
0958	161.290	1.905	25.320	1.159	161.290	1.905	25.320	1.159
407L	166.370	4.445	35.150	1.146	166.370	4.445	35.150	1.146
105L	166.370	4.445	35.150	1.143	166.370	4.445	35.150	1.143
4C1X	66.040	2.850	35.150	1.141	66.040	2.850	35.150	1.141
506L	167.640	5.080	35.150	1.132	167.640	5.080	35.150	1.132
0956	161.290	1.905	25.320	1.122	161.290	1.905	25.320	1.122
504L	167.370	4.445	35.150	1.105	167.370	4.445	35.150	1.105
5C4X	60.960	3.175	35.150	1.105	60.960	3.175	35.150	1.105
0605	76.200	3.810	35.150	1.073	76.200	3.810	35.150	1.073
0633	50.800	1.905	25.320	1.070	50.800	1.905	25.320	1.070
101L	166.370	4.445	35.150	1.060	166.370	4.445	35.150	1.060
0436	50.800	2.540	35.150	1.034	50.800	2.540	35.150	1.034
0569	50.800	2.540	35.150	1.034	50.800	2.540	35.150	1.034
0441	50.800	2.540	35.150	1.024	50.800	2.540	35.150	1.024
305L	166.370	4.445	35.150	1.017	166.370	4.445	35.150	1.017
0564	50.800	2.540	35.150	1.016	50.800	2.540	35.150	1.016
3C1X	76.200	3.175	35.150	1.016	76.200	3.175	35.150	1.016
301L	166.370	4.445	35.150	1.000	166.370	4.445	35.150	1.000
0883	35.560	1.270	25.320	0.998	35.560	1.270	25.320	0.998
206L	166.370	4.445	35.150	0.988	166.370	4.445	35.150	0.988
0890	35.560	1.270	25.320	0.983	35.560	1.270	25.320	0.983
0045	40.640	1.270	25.320	0.982	40.640	1.270	25.320	0.982
508L	167.370	4.445	35.150	0.971	167.370	4.445	35.150	0.971
4C2X	66.040	2.850	35.150	0.961	66.040	2.850	35.150	0.961
0503	91.440	3.175	35.150	0.958	91.440	3.175	35.150	0.958
0251	91.440	3.175	35.150	0.944	91.440	3.175	35.150	0.944
5B2X	60.960	3.175	35.150	0.941	60.960	3.175	35.150	0.941
5A2X	60.960	3.175	35.150	0.938	60.960	3.175	35.150	0.938
5C3X	60.960	3.175	35.150	0.926	60.960	3.175	35.150	0.926
4C4X	66.040	2.850	35.150	0.924	66.040	2.850	35.150	0.924
505L	167.370	4.445	35.150	0.909	167.370	4.445	35.150	0.909
202L	166.370	4.445	35.150	0.907	166.370	4.445	35.150	0.907
0041	40.640	1.270	25.320	0.882	40.640	1.270	25.320	0.882
0957	161.290	1.905	25.320	0.876	161.290	1.905	25.320	0.876

En la revisión de juntas también está presentando una relación de esfuerzos mayor a la unidad en varios elementos de la plataforma por lo que se concluye que están fallando estructuralmente las juntas tubulares.

5.4.4. Revisión de pilotes

En esta sección se encuentran los resultados de la revisión de pilotes, como lo son esfuerzos arriba y debajo del lecho marino, desplazamientos y capacidad de carga.

a) Relación de esfuerzos arriba del lecho marino

En el siguiente listado se indica resaltado el valor máximo el cual corresponde al grupo de pilotes PL1, ver tabla 46 (Variables contenidas en la tabla de "Member group summary").

Tabla 46. Variables contenidas en la tabla de "Member group summary"

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	APPLIED STRESSES			ALLOWABLE STRESSES				CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS		CM VALUES	
					AXIAL KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM	AXIAL KGSMM	EULER KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM		KLY M	KLZ M	Y	Z

1	NOMBRE DEL GRUPO	7	ESFUERZO A FLEXIÓN ALREDEDOR DEL EJE Y (KG/MM ²)	14	LONGITUD EFECTIVA KLY (M)
2	MIEMBRO CRITICO	8	ESFUERZO A FLEXIÓN ALREDEDOR DEL EJE Z (KG/MM ²)	15	LONGITUD EFECTIVA KLZ (M)
3	CONDICIÓN DE CARGA	9	ESFUERZOS PERMISIBLES - AXIAL (KG/MM ²)	16	FACTOR DE ORRECIÓN DE MOMENTOS
4	MÁXIMA RELACIÓN DE ESFUERZOS	10	ESFUERZOS PERMISIBLES - EULER (KG/MM ²)		ALREDEDOR DEL EJE Y
5	DISTANCIA DESDE EL FINAL (M) SECCIONES	11	ESFUERZOS PERMISIBLES - FLEXIÓN EN EL EJE Y (KG/MM ²)	17	FACTOR DE CORRECIÓN DE MOMENTOS
6	ESFUERZO AXIAL (KG/MM ²)	12	ESFUERZOS PERMISIBLES - FLEXIÓN EN EL EJE Z (KG/MM ²)		ALREDEDOR DEL EJE Z
		13	CONDICIÓN CRITICA POR ESFUERZOS		

* cm=0.85 PARA MIEMBROS CUYOS EXTREMOS ESTAN RESTRINGIDOS CONTRA LA ROTACIÓN EN EL PLANO DE LA FLEXIÓN

* * * M E M B E R G R O U P S U M M A R Y * * *																
API RP2A 21ST/AISC 9TH																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	* APPLIED STRESSES *	AXIAL KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM	*** ALLOWABLE STRESSES ***	AXIAL KGSMM	EULER KGSMM	BEND-Y KGSMM	BEND-Z KGSMM	CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS	* CM VALUES *
															KLY M	KLZ M
PB1	0630-0954	TD-7	0.46	0.0	2.13	-3.99	8.11	20.25	16.52	25.31	25.31	TN+BN	16.1	16.1	0.85	0.85
PB2	0895-0958	TD-5	0.55	0.0	4.64	-8.15	-0.67	20.25	35.83	25.31	25.31	TN+BN	6.9	6.9	0.85	0.85
PL0	005P-105P	TD-5	2.22	2.1	-13.78	1.93	60.60	28.11	18279.14	35.14	35.14	C>.15B	2.1	2.1	0.85	0.85
PL1	105P-205P	TD-5	2.35	0.0	-13.79	1.93	60.74	23.96	79.88	35.14	35.14	C>.15A	21.4	21.4	0.85	0.85
PL2	208P-308P	TD-1	1.11	2.3	-17.90	8.92	10.57	24.90	117.41	35.14	35.14	C>.15A	18.0	18.0	0.85	0.85
PL3	308P-408P	TD-6	0.88	0.0	19.99	4.41	3.91	28.11	145.20	35.14	35.14	TN+BN	16.1	16.1	0.85	0.85
PL4	408P-508P	TD-6	0.84	11.7	20.17	3.76	1.70	28.11	172.21	35.14	35.14	TN+BN	14.9	14.9	0.85	0.85
PL5	504P-604P	TD-4	0.83	12.4	18.36	-6.18	0.53	28.11	243.91	35.14	35.14	TN+BN	12.4	12.4	0.85	0.85
PL6	604P-704L	TD-4	0.83	0.0	18.36	-6.18	0.52	28.11	*****	35.14	35.14	TN+BN	0.8	0.8	0.85	0.85

En el grupo de pilotes resaltado en la lista como PL1 se señala el elemento sobre esforzado debido a que resultó una relación de esfuerzos de 2.35.

b) Relación de esfuerzos debajo del lecho marino

A continuación se enlistan los resultados de relación de esfuerzos en pilotes, se indica resaltado el valor máximo, ver tabla (Variables contenidas en la tabla “Pile group summary”).

Tabla 47. Variables contenidas en la tabla “Pile group summary”

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DISTANCE FROM PILEHEAD M	DEFLECTIONS			INTERNAL LOADS			STRESSES				PILE HEAD ID	CRITICAL LOAD CASE	MAXIMUM UNITY CHECK
	LATERAL CM	AXIAL CM	ROT RAD	BENDING MOMENT M-KG	SHEAR KG	AXIAL LOAD KG	BENDING STRESS KG/CM	AXIAL STRESS KG/CM	SHEAR STRESS KG/CM	COMB. STRESS KG/CM			

- 1 DISTANCIA DES DE LA CABEZA DEL PILOTE (M)
- 2 DES PLAZAMIENTO LATERAL (CM)
- 3 DES PLAZAMIENTO AXIAL (CM)
- 4 DES PLAZAMIENTO ROTACIONAL (RAD)
- 5 MOMENTO FLEXIONANTE (KG-M)
- 6 FUERZA CORTANTE (KG)
- 7 CARGA AXIAL (KG)

- 8 ES FUERZO DE FLEXIÓN (KG/CM²)
- 9 ES FUERZO AXIAL (KG/CM²)
- 10 ES FUERZO CORTANTE (KG/CM²)
- 11 ES FUERZOS COMBINADOS (KG/CM²)
- 12 IDENTIFICACIÓN DE LA CABEZA DEL PILOTE
- 13 CASO DE CARGA CRITICO
- 14 MÁXIMA RELACIÓN DE ESFUERZOS

* * P I L E G R O U P S U M M A R Y * *
GROUP ID = PLA

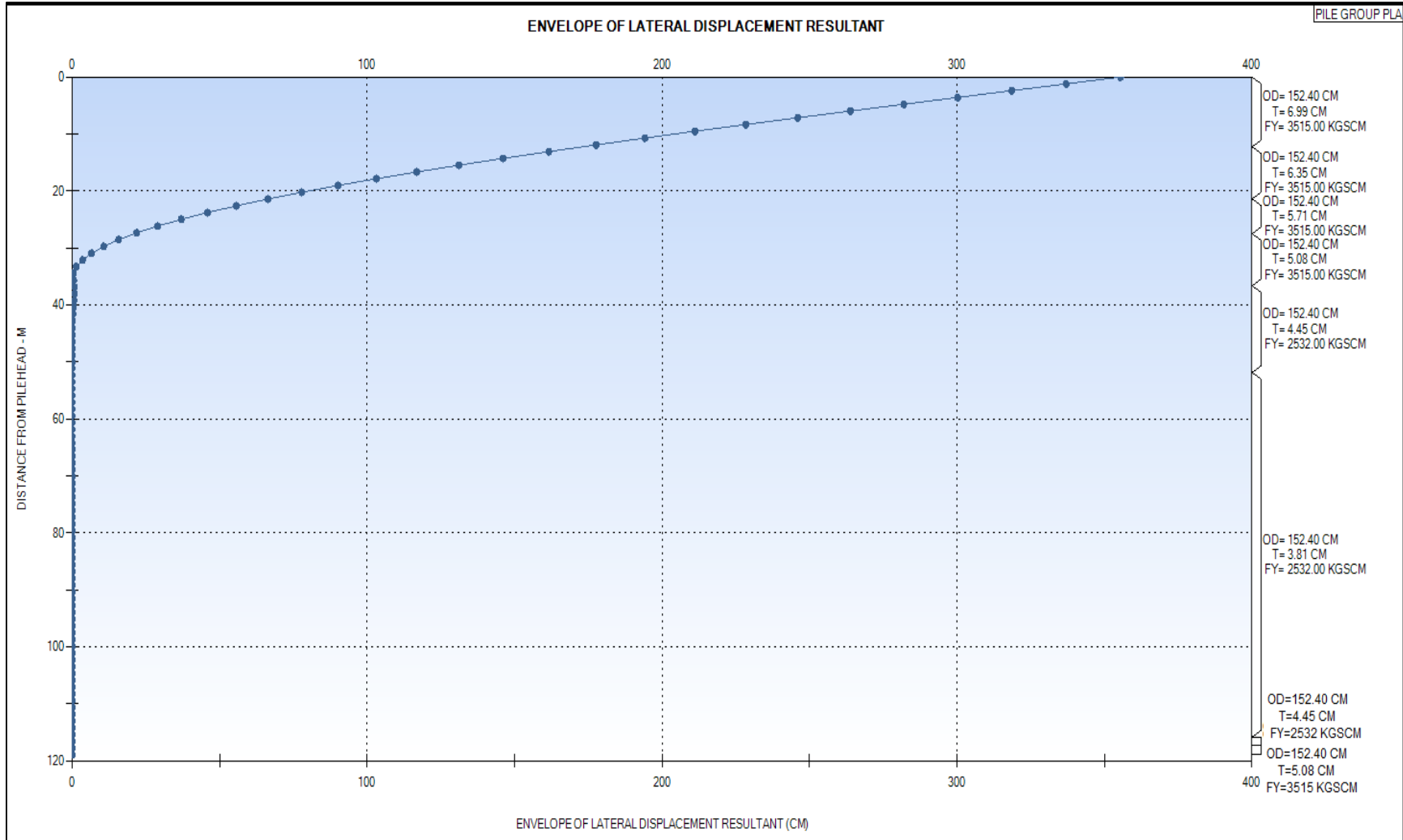
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DISTANCE FROM PILEHEAD M	LATERAL CM	AXIAL CM	ROT. RAD	BENDING MOMENT M-KG	SHEAR KG	AXIAL LOAD KG	BENDING STRESS KG/CM	AXIAL STRESS KG/CM	SHEAR STRESS KG/CM	COMB. STRESS KG/CM	PILE HEAD ID	CRITICAL LOAD CASE	MAXIMUM UNITY CHECK
0.0	134.169	8.337	0.04013	5928742.0	563221.3	*****	5344.85	-1379.55	353.01	-6724.40	005P	TD-5	2.012
1.2	129.156	8.257	0.04399	5260892.5	570742.4	*****	4742.78	-1379.85	357.72	-6122.62	005P	TD-5	1.840
2.4	123.711	8.176	0.04738	4575525.7	584092.0	*****	4124.91	-1380.34	366.09	-5505.24	005P	TD-5	1.665
3.6	117.892	8.096	0.05029	3876817.9	593892.6	*****	3495.01	-1380.59	372.23	-4875.60	005P	TD-5	1.486
4.8	189.108	565.248	0.13030	4290122.4	569895.0	*****	3867.61	-1484.02	357.19	-5351.63	007P	TD-3	1.628
5.9	173.787	565.162	0.12714	4932585.9	547685.5	*****	4446.80	-1483.72	343.27	-5930.53	007P	TD-3	1.793
7.1	158.870	565.075	0.12353	5551835.7	520313.8	*****	5005.07	-1483.14	326.11	-6488.20	007P	TD-3	1.952
8.3	144.408	564.989	0.11950	6139626.3	487455.5	*****	5534.97	-1482.27	305.52	-7017.23	007P	TD-3	2.102
9.5	130.449	564.902	0.11507	6688212.0	448815.9	*****	6029.53	-1481.11	281.30	-7510.64	007P	TD-3	2.243
10.7	117.039	564.816	0.11029	7189764.8	404479.4	*****	6481.69	-1479.66	253.51	-7961.35	007P	TD-3	2.371
11.9	104.219	564.730	0.10506	7637309.5	354874.0	*****	6885.15	-1477.93	222.42	-8363.09	007P	TD-3	2.485
13.1	92.052	564.635	0.09931	8024380.0	299911.3	*****	7857.44	-1616.41	205.87	-9473.85	007P	TD-3	2.811
14.3	80.600	564.541	0.09318	8344403.6	240403.0	*****	8170.81	-1613.80	165.02	-9784.60	007P	TD-3	2.899
15.5	84.648	576.007	0.09866	8682152.0	268367.2	*****	8501.53	-1610.87	184.22	*****	005P	TD-3	2.992
16.6	73.302	575.913	0.09205	8963039.7	202573.6	*****	8776.57	-1607.63	139.05	*****	005P	TD-3	3.069
17.8	62.754	575.820	0.08526	9163876.8	134101.2	*****	8973.23	-1604.08	92.05	*****	005P	TD-3	3.124
19.0	53.023	575.726	0.07835	9281002.1	64775.4	*****	9087.92	-1600.22	44.46	*****	005P	TD-3	3.155
20.2	44.120	575.633	0.07139	9311167.3	29473.5	*****	9117.46	-1596.04	20.23	*****	005P	TD-3	3.162
21.4	36.045	575.530	0.06427	9251524.5	95075.0	*****	9939.15	-1760.68	72.20	*****	005P	TD-3	3.455
22.6	28.834	575.428	0.05690	9097967.3	173321.1	*****	9774.18	-1755.27	131.62	*****	005P	TD-3	3.406
23.8	22.512	575.326	0.04953	8846593.4	255006.1	*****	9504.13	-1749.51	193.65	*****	005P	TD-3	3.327
25.0	17.054	575.224	0.04240	8495810.7	338350.1	*****	9127.27	-1743.38	256.95	*****	005P	TD-3	3.217
26.2	12.428	575.122	0.03560	8044429.8	422812.8	*****	8642.34	-1736.86	321.09	*****	005P	TD-3	3.077
27.4	21.879	-0.449	0.05549	9442505.5	64236.6	828658.2	210144.33	314.65	48.78	10458.98	001P	TD-3	2.999
28.5	15.766	-0.429	0.04710	9419562.6	67306.2	814917.2	211241.75	346.61	57.25	11588.36	001P	TD-3	3.322
29.7	10.677	-0.409	0.03853	9335357.3	103865.6	801191.1	111141.26	340.77	88.35	11482.03	001P	TD-3	3.292
30.9	6.601	-0.389	0.03007	9188672.9	200975.8	787381.0	10966.20	334.89	170.96	11301.09	001P	TD-3	3.240
32.1	3.524	-0.370	0.02183	8861036.8	657917.2	760811.7	10575.18	323.59	559.66	10898.77	001P	TD-3	3.124
33.3	1.409	-0.351	0.01430	7624423.4	41296922.9	720441.5	9099.35	306.42	1103.23	9405.77	001P	TD-3	2.698
34.5	0.123	-0.334	0.00818	5776945.3	1578516.0	677920.8	6894.48	288.34	1342.77	7182.82	001P	TD-3	2.064
35.7	0.536	-0.318	0.00377	3870673.1	11481941.7	633249.4	4619.44	269.34	1260.62	4888.78	001P	TD-3	1.410
36.9	0.774	-0.301	0.00091	2252847.4	1184949.8	586560.4	3034.22	283.90	1147.04	3318.12	001P	TD-3	1.339
38.1	0.168	355.602	0.00060	69471.1	96187.1	*****	93.57	-2063.98	93.11	-2157.55	003P	TD-7	1.056
39.2	0.147	562.321	0.00068	165770.9	55479.6	*****	223.27	-2042.26	53.70	-2265.53	007P	TD-3	1.097
40.4	0.128	573.763	0.00070	221736.2	26024.3	*****	298.64	-2020.54	25.19	-2319.18	005P	TD-3	1.116
41.6	0.057	573.646	0.00048	213558.8	22358.7	*****	287.63	-1998.81	21.64	-2286.44	005P	TD-3	1.101
42.8	0.014	573.530	0.00028	168576.7	41088.4	*****	227.05	-1979.55	39.77	-2206.59	005P	TD-3	1.067
44.0	0.010	573.415	0.00014	115851.3	41960.8	*****	156.03	-1962.46	40.62	-2118.50	005P	TD-3	1.031
45.2	0.019	573.301	0.00004	68793.7	34654.0	*****	92.65	-1944.85	33.55	-2037.51	005P	TD-3	0.997
46.4	0.020	573.188	0.00001	33444.0	24553.8	*****	45.04	-1926.71	23.77	-1971.75	005P	TD-3	0.969
47.6	0.016	573.076	0.00003	10405.3	15072.3	*****	14.01	-1908.03	14.59	-1922.05	005P	TD-3	0.948
48.8	0.008	561.405	0.00003	4961.0	4234.5	*****	6.68	-1888.82	4.10	-1895.50	007P	TD-3	0.935
49.9	0.007	572.856	0.00003	7903.5	2732.0	*****	10.64	-1869.08	2.64	-1879.73	005P	TD-3	0.927
51.1	0.004	572.748	0.00002	8895.4	144.2	*****	11.98	-1848.81	0.14	-1860.79	005P	TD-3	0.918
52.3	0.001	572.623	0.00002	7567.0	1460.3	*****	11.74	-2123.48	1.64	-2135.23	005P	TD-3	1.053
53.5	0.000	572.500	0.00001	5422.8	1777.9	*****	8.41	-2098.55	2.00	-2106.96	005P	TD-3	1.040
54.7	0.001	572.378	0.00000	3339.2	1562.7	*****	5.18	-2072.99	1.76	-2078.17	005P	TD-3	1.026
55.9	0.001	572.258	0.00000	1706.6	1146.7	*****	2.65	-2046.82	1.29	-2049.47	005P	TD-3	1.012
57.1	0.001	572.140	0.00000	612.3	723.3	*****	0.95	-2023.99	0.81	-2024.94	005P	TD-3	1.000
58.3	0.000	353.622	0.00000	154.5	141.0	*****	0.24	-2004.81	0.16	-2005.05	003P	TD-7	0.990
67.8	0.000	352.723	0.00000	5.1	6.9	*****	0.01	-1851.39	0.01	-1851.40	003P	TD-7	0.914
69.0	0.000	559.455	0.00000	11.6	3.5	*****	0.02	-1832.21	0.00	-1832.23	007P	TD-3	0.905
70.2	0.000	570.909	0.00000	15.0	1.2	*****	0.02	-1806.80	0.00	-1806.83	005P	TD-3	0.892
71.4	0.000	570.804	0.00000	13.8	1.9	*****	0.02	-1774.86	0.00	-1774.88	005P	TD-3	0.876
72.5	0.000	570.702	0.00000	10.5	2.9	*****	0.02	-1742.31	0.00	-1742.33	005P	TD-3	0.860
73.7	0.000	570.601	0.00000	6.8	2.8	*****	0.01	-1709.16	0.00	-1709.17	005P	TD-3	0.844
74.9	0.000	570.502	0.00000	3.8	2.2	*****	0.01	-1675.40	0.00	-1675.41	005P	TD-3	0.827
76.1	0.000	570.406	0.00000	1.6	1.5	*****	0.00	-1641.04	0.00	-1641.04	005P	TD-3	0.810

Capítulo 5. Caso C. Análisis Dinámico ante acciones extremas

** P I L E G R O U P S U M M A R Y **													
GROUP ID = PLB													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DISTANCE	*****	DEFLECTIONS	*****	*****	INTERNAL LOADS	*****	*****	*****	STRESSES	*****	PILE	CRITICAL	MAXIMUM
FROM				BENDING	SHEAR	AXIAL	BENDING	AXIAL	SHEAR	COMB.	HEAD	LOAD	UNITY
PILEHEAD	LATERAL	AXIAL	ROT.	MOMENT	M-KG	LOAD	STRESS	STRESS	STRESS	STRESS	ID	CASE	CHECK
M	CM	CM	RAD	M-KG	KG	KG	KGSCM	KGSCM	KGSCM	KGSCM			
0.0	136.486	41.680	0.04318	5575499.1	556301.0	*****	5026.40	-1494.11	348.67	-6520.51	008P	TD-1	1.962
1.2	131.081	41.592	0.04682	4910287.5	564001.9	*****	4426.70	-1494.41	353.50	-5921.11	008P	TD-1	1.791
2.4	201.467	551.373	0.12968	4453211.6	641932.9	*****	4014.64	-1494.91	402.34	-5509.55	008P	TD-3	1.674
3.6	186.099	551.285	0.12707	4809781.3	630005.2	*****	4336.09	-1495.16	394.86	-5831.25	008P	TD-3	1.766
4.8	171.061	551.197	0.12401	5232439.4	613160.8	*****	4717.13	-1495.15	384.31	-6212.27	008P	TD-3	1.874
6.0	156.410	551.109	0.12052	5695885.8	590797.0	*****	5134.93	-1494.84	370.29	-6629.77	008P	TD-3	1.993
7.2	142.198	551.022	0.11661	6177958.8	562282.8	*****	5569.53	-1494.26	352.42	-7063.78	008P	TD-3	2.116
8.4	128.477	550.934	0.11229	6659353.3	527346.7	*****	6003.51	-1493.38	330.52	-7496.89	008P	TD-3	2.240
9.6	115.293	550.846	0.10760	7123581.0	485816.4	*****	6422.02	-1492.21	304.49	-7914.23	008P	TD-3	2.358
10.8	102.692	550.758	0.10256	7555773.8	437788.8	*****	6811.65	-1490.76	274.39	-8302.40	008P	TD-3	2.469
12.0	90.714	550.671	0.09722	7943355.4	384701.4	*****	7161.06	-1489.01	241.12	-8650.07	008P	TD-3	2.567
13.2	79.394	550.575	0.09148	8276797.1	326612.2	*****	8104.61	-1628.52	224.20	-9733.13	008P	TD-3	2.886
14.4	68.789	550.479	0.08527	8545699.5	263529.5	*****	8367.91	-1625.89	180.90	-9993.81	008P	TD-3	2.960
15.6	58.956	550.384	0.07875	8741041.6	198275.6	*****	8559.19	-1622.95	136.10	-10444.00	008P	TD-3	3.013
16.8	49.915	550.289	0.07211	8856178.6	136444.1	*****	8671.93	-1619.68	93.66	-10888.00	008P	TD-3	3.044
18.0	41.675	550.193	0.06541	8885350.7	97497.8	*****	8700.50	-1616.10	66.93	-11333.00	008P	TD-3	3.051
19.2	34.240	550.099	0.05873	8824347.5	116070.1	*****	8640.76	-1612.21	79.68	-11788.00	008P	TD-3	3.032
20.4	27.604	550.004	0.05212	8669822.1	176994.7	*****	8489.45	-1608.00	121.50	-12288.00	008P	TD-3	2.988
21.6	21.752	549.910	0.04567	8419171.4	252291.4	*****	8244.02	-1603.47	173.18	-12847.49	008P	TD-3	2.916
22.8	16.663	549.806	0.03930	8070446.1	333426.4	*****	8670.29	-1768.52	253.21	-13444.00	008P	TD-3	3.096
24.0	12.338	549.702	0.03296	7621034.8	417805.3	*****	8187.48	-1762.71	317.29	-14044.19	008P	TD-3	2.957
25.2	8.770	549.598	0.02688	7069289.9	500385.1	*****	7594.72	-1756.54	380.00	-14644.26	008P	TD-3	2.786
26.4	21.793	-3.286	0.04857	7632035.4	27742.62948832.1	8199.29	1119.69	21.07	9318.98	004P	TD-3	2.886	
27.6	16.352	-3.221	0.04226	7595399.0	51569.52925506.3	8159.93	1110.83	39.16	9270.77	004P	TD-3	2.971	
28.8	11.664	-3.148	0.03584	7513122.5	88957.02901240.3	8966.52	1233.98	75.67	10200.49	004P	TD-3	2.917	
30.0	7.762	-3.076	0.02917	7382734.3	125358.52876034.1	8810.90	1223.26	106.64	10034.16	004P	TD-3	2.942	
31.2	4.674	-3.004	0.02245	7212740.7	209355.22849713.7	8608.03	1212.06	178.09	9820.09	004P	TD-3	2.881	
32.4	2.382	-2.933	0.01596	6881104.2	610358.72816466.5	8212.24	1197.92	519.20	9410.16	004P	TD-3	2.763	
33.6	0.849	-2.863	0.01015	5750200.7	1108277.32775786.4	6862.56	1180.62	942.76	8043.18	004P	TD-3	2.373	
34.8	0.050	-2.794	0.00556	4225424.4	41256338.22732939.2	5042.82	1162.39	1068.71	6205.22	004P	TD-3	1.848	
35.9	0.483	-2.727	0.00235	2739730.2	1127542.32687924.8	3269.72	1143.25	959.15	4412.97	004P	TD-3	1.337	
38.3	0.262	-24.071	0.00044	232332.9	250715.84530687.3	312.92	2192.86	242.69	2505.78	008P	TD-6	1.206	
39.5	0.080	548.251	0.00050	180656.2	12117.5	*****	243.31	-2057.78	11.73	-2301.10	008P	TD-3	1.112
40.7	0.126	-23.816	0.00052	100528.0	58642.44432463.4	135.40	2145.32	56.77	2280.72	008P	TD-6	1.113	
41.9	0.070	-23.690	0.00040	132444.4	8465.04383351.5	178.38	2121.55	8.19	2299.93	008P	TD-6	1.118	
43.1	0.031	-23.566	0.00027	120789.7	16079.54339348.4	162.68	2100.25	15.57	2262.94	008P	TD-6	1.101	
44.3	0.007	-23.443	0.00015	93916.8	24015.34299900.3	126.49	2081.16	23.25	2207.65	008P	TD-6	1.078	
45.5	0.006	-23.322	0.00007	63244.2	23859.34259344.9	85.18	2061.53	23.10	2146.71	008P	TD-6	1.052	
46.7	0.011	-23.201	0.00002	36744.8	19163.94217692.1	49.49	2041.37	18.55	2090.86	008P	TD-6	1.028	
47.9	0.011	-23.082	0.00001	17323.6	13261.94174911.9	23.33	2020.67	12.84	2044.00	008P	TD-6	1.007	
53.9	0.001	-22.486	0.00001	3921.2	832.03944585.3	6.08	2217.87	0.94	2223.95	008P	TD-6	1.098	
55.1	0.000	-22.356	0.00000	2747.4	946.23895441.2	4.26	2190.24	1.06	2194.50	008P	TD-6	1.083	
56.3	0.000	-22.228	0.00000	1653.9	804.13845189.8	2.57	2161.98	0.90	2164.55	008P	TD-6	1.069	
57.5	0.000	-22.102	0.00000	820.5	575.23800929.3	1.27	2137.10	0.65	2138.37	008P	TD-6	1.056	
58.7	0.000	-21.977	0.00000	275.6	353.93763213.7	0.43	2115.89	0.40	2116.32	008P	TD-6	1.045	
59.9	0.000	-19.797	0.00000	41.6	147.33725498.0	0.06	2094.68	0.17	2094.75	004P	TD-4	1.034	
61.1	0.000	-21.731	0.00000	158.8	66.13687782.3	0.25	2073.48	0.07	2073.72	008P	TD-6	1.024	
62.3	0.000	-21.610	0.00000	185.8	0.73650066.6	0.29	2052.27	0.00	2052.56	008P	TD-6	1.014	
63.5	0.000	-21.490	0.00000	159.9	29.33612350.9	0.25	2031.07	0.03	2031.31	008P	TD-6	1.003	
0.0	181.544	0.200	0.19735	584487.2	69202.5	-53589.5	5580.44	-91.17	235.47	-5671.61	8120	TD-3	2.250
0.6	169.648	0.197	0.19282	626644.0	68972.1	-53706.0	5982.93	-91.37	234.69	-6074.30	8120	TD-3	2.409
1.2	159.708	0.195	0.18938	668514.2	69057.6	-54003.2	6382.69	-91.88	234.98	-6474.57	8121	TD-3	2.567
1.8	148.317	0.192	0.18422	710361.8	68190.8	-54197.5	6782.24	-92.21	232.03	-6874.44	8121	TD-3	2.725
2.4	137.251	0.189	0.17875	751571.2	66968.6	-54367.0	7175.69	-92.50	227.87	-7268.18	8121	TD-3	2.880
3.0	126.527	0.186	0.17298	791899.8	65360.3	-54512.6	7560.73	-92.74	222.40	-7653.47	8121	TD-3	3.033
3.7	116.164	0.183	0.16690	831106.8	63335.1	-54633.4	7935.06	-92.95	215.51	-8028.01	8121	TD-3	3.181
4.3	106.180	0.181	0.16054	868907.6	60779.8	-54727.5	8295.96	-93.11	206.81	-8389.07	8121	TD-3	3.323
4.9	96.593	0.178	0.15391	904915.6	57595.7	-54794.4	8639.75	-93.22	195.98	-8732.98	8121	TD-3	3.459
5.5	87.418	0.175	0.14701	938716.3	53708.6	-54834.9	8962.47	-93.29	182.75	-9055.76	8121	TD-3	3.587
6.1	78.671	0.172	0.13986	969825.4	49064.6	-54850.1	9259.48	-93.32	166.95	-9352.80	8121	TD-3	3.704
6.7	70.367	0.170	0.13250	997751.3	43657.0	-54840.8	9526.11	-93.30	148.55	-9619.41	8121	TD-3	3.809
7.3	62.518	0.167	0.12494	1021969.0	37473.2	-54808.1	9757.33	-93.25	127.51	-9850.57	8121	TD-3	3.901
7.9	55.135	0.164	0.11721	1041933.1	30516.4	-54752.8	9947.94	-93.15	103.84	-10244.00	8121	TD-3	3.976
8.5	48.228	0.161	0.10935	1057110.4	22851.3	-54675.8	101092.84	-93.02	77.75	-10644.00	8121	TD-3	4.033
9.1	41.803	0.158	0.10140	1066931.0	14931.7	-54578.2	10186.61	-92.85	50.81	-11044.00	8121	TD-3	4.070
9.8	35.865	0.156	0.09339	1070833.0	9337.5	-54460.7	10223.86	-92.65	31.77	-11444.00	8121	TD-3	4.085
10.4	102.806	0.153	0.17803	1114469.7	102248.5	-54251.7	10260.49	-92.30	347.91	-11844.00	8127	TD-3	4.249
11.0	92.208	0.150	0.16948	1171885.1	90908.1	-54097.9	11188.66	-92.04	309.33	-12244.00	8127	TD-3	4.465
11.6	82.144	0.147	0.16052	1221906.1	78982.1	-53927.1	11666.24	-91.75	268.75	-12644.00	8127	TD-3	4.654
12.2	72.638	0.144	0.15122	1264168.1	66440.8	-53740.2	12069.74	-91.43	226.07	-13044.00	8127	TD-3	4.813
12.8	63.774	0.142	0.14173	1298398.6	52796.9	-53538.0	12396.56	-91.08	179.65	-13444.00	8119	TD-3	4.942
13.4	55.431	0.139	0.13191	1324102.2	38690.6	-53321.4	12641.97	-90.72	131.65	-13844.00	8119	TD-3	5.039
14.0	47.692	0.136	0.12192	1340822.9	24316.6	-53091.4	12801.61	-90.32	82.74	-14244.00	8119	TD-3	5.102
14.6	40.566	0.134	0.11185	1348127.2	12142.1	-52848.7	12871.35	-89.91	41.31	-14644.00	8119	TD-3	5.129
15.2	34.055	0.131	0.10176	1345585.7	15409.6	-52594.3	132847.08	-89.48	52.43	-15044.00	8119	TD-3	5.119
15.8	28.159	0.128	0.09173	1332776.7									

c) Desplazamientos

En la gráfica 6 se observan los desplazamientos en el eje X en centímetros y las distancias desde la cabeza de pilote, las cuales están graficadas en el eje Y, se puede observar que para mayor distancia desde la cabeza del pilote disminuye el desplazamiento.



Gráfica 6. Envolvente de desplazamientos laterales en pilotes

d) Revisión por carga axial

La capacidad axial depende de los reportes de mecánica de Suelo (Diavaz y Fugro de México, 2007), este cálculo se detalló en el capítulo 4 Sección 4.1.4.5, en la siguiente sección se calcula si los pilotes cumplen por carga axial.

e) Calculo de factores de seguridad en pilotes

En la tabla 48 se calculan los factores de seguridad para el análisis dinámico con parámetros extremos, dichos factores deberán cumplir con la normatividad la cual menciona el factor de seguridad para tormenta deberá ser no menos de 1.50.

En la tabla 48 se indican los resultados de los pilotes, para ejes de referencia ver figura 7a para la nomenclatura de las combinaciones de carga ver tabla 40.

Tabla 48. Calculo de factores de seguridad en pilotes, condición de tormenta en análisis dinámico

PILOTE	EJE	JUNTA	DIAMETRO (in)	CAPACIDAD AXIAL (ton)	PESO DEL PILOTE (ton)	CAPACIDAD AXIAL NETA (ton)	TORMENTA (DINAMICO)		FACTOR DE SEGURIDAD
							DIRECCIÓN	CARGA MAX. AXIAL (ton)	TORMENTA
ESQUINA	1-A	001P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	TD-6	4,732.665	1.168
ESQUINA	1-B	005P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	TD-4	4,732.480	1.168
INTERIOR	2-A	002P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	TD-6	4,732.669	1.168
INTERIOR	2-B	006P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	TD-4	4,732.487	1.168
INTERIOR	3-A	003P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	TD-7	4,732.674	1.168
INTERIOR	3-B	007P	60	5,914.31	384.46	5,529.85	TD-3	4,732.492	1.168
ESQUINA	4-A	004P	60	5,914.31	390.17	5,524.14	TD-8	5,167.873	1.069
ESQUINA	4-B	008P	60	5,914.31	390.17	5,524.14	TD-2	5,167.845	1.069

(Ver figura 22 para direcciones de incidencias de oleaje y viento)

5.5. ANALISIS DE RESULTADOS

Como puede observarse en los resultados del caso C, los desplazamientos resultaron mayores a 19 m por lo que la relación de esfuerzos en los miembros de la estructura son superiores a la unidad, lo cual indica que bajo estas condiciones están sobre esforzados elementos de la plataforma, los miembros más críticos se presentaron en las figuras 73, 74 y 75.

En la revisión de pilotes se presentaron relaciones de esfuerzos mayores a la unidad arriba y debajo del lecho marino, en la gráfica 6 (envolvente de desplazamientos) se observa un desplazamiento alto del orden de 350 cms en la cabeza del pilote por lo que están fallando ante estas condiciones extremas.

Respecto al cálculo de los factores de seguridad, se debe verificar que los factores de seguridad estén dentro de lo indicado en la normatividad, el cálculo resulto de 1.168 para condiciones de tormenta; por lo tanto este factor no cumple con el factor de 1.50 especificado en la norma.

Con el fin de comparar los resultados obtenidos para el caso C, con los de los casos A y B, en la tabla 50, se presentan los resultados máximos de la estructura, tales como: desplazamientos nodales, relación

de esfuerzos en miembros y en nodos, en pilotes se muestran resultados máximos de: desplazamientos, relación de esfuerzos en miembros y factores de seguridad.

En desplazamientos máximos nodales de la estructura, puede observarse lo siguiente; en el caso B, resultado en un 20% mayor respecto al caso A, al aplicar parámetros distintos a la norma de PEMEX en el caso C, resultó un incremento de 26 veces más. La relación de esfuerzos en miembros en los casos A y B, cumplen con la norma y con el criterio de esfuerzos permisibles, al resultar valores menores a la unidad, en el caso C, presenta miembros críticos al no cumplir con la relación menor a la unidad, se puede ver en la tabla 50, que el aumento corresponde a un 100%. De forma similar para la relación de esfuerzos en juntas, resultado crítico para el caso C, el aumento corresponde a un 400% en 2 nodos de las columnas, dichos nodos se localizan en la conexión entre superestructura y subestructura.

En resultados de pilotes, puede notarse que el desplazamiento mayor de los 3 casos estudiados, ocurre en el caso C, el aumento es de 9 veces más que el caso B, y ocurre en la cabeza del pilote, respecto a la relación de esfuerzos se presentó el valor máximo de 5.129 de igual manera en el caso C, este esfuerzo aparece debajo del lecho marino.

La revisión de factores de seguridad por normatividad indica valores permisibles de 2 para condición de tormenta y 1.5 para condición de tormenta, por lo que en la tabla 50, puede verse que el caso C, no cumple al resultar un F.S. de 1.06.

Obtención del factor de reserva de resistencia (RSR)

De acuerdo a lo mencionado en la sección 3.1.1.1, se requiere conocer el factor RSR para comprobar si se cumplen los factores mínimos de diseño especificados en la tabla 7, la expresión está dada por la ec.8. Los factores que se emplearon para obtener los parámetros de colapso se indican en la tabla 49, cabe destacar que los factores incluidos en esta tabla son distintos a los indicados en la NRF-003-PEMEX-2007, debido a que estos factores corresponden al caso C (parámetros ambientales extremos ver tabla 39).

$$RSR = \frac{F_c \text{ colapso}}{F_c \text{ diseño}} \geq 2.2 \text{ (cuando la ola impacta a la cubierta)} \quad \text{ec. (8)}$$

Tabla 49. Factores que afectan a los parámetros ambientales obtenidos de la ola de diseño

Parámetros	Factor
Altura de ola ultima (m)	1.5
Periodo de la ola (s)	1.23
Marea Astronómica (m)	1.44
Marea de Tormenta (m)	1.50
Vel. Max. de viento a 10m sobre el NMM (m/s) promedio de 1 hr	1.51
Vel. de corriente (cm/s)	1.25

El cálculo de RSR es con el objetivo de emplear los parámetros extremos del caso C y de esta manera evaluar si la estructura satisface el valor mínimo recomendado por la norma de 2.2, el cálculo se realiza a partir de las corridas del Análisis dinámico con parámetros de norma (caso B), y Análisis dinámico con parámetros extremos (caso C).

A continuación se presentan los resultados de fuerzas cortantes obtenidas de los Análisis.

Las fuerzas cortantes críticas para el grupo de pilotes del eje A, se presentaron en la combinación TD-5 es decir para condición de tormenta a 180° de incidencia de cargas ambientales.

- Fuerzas cortantes del grupo de pilotes eje A, caso B.**

```

* * P I L E G R O U P S U M M A R Y * *
GROUP ID = PLA
DISTANCE ***** DEFLECTIONS ***** INTERNAL LOADS ***** STRESSES ***** PILE CRITICAL MAXIMUM
FROM ***** BENDING ***** AXIAL ***** STRESS ***** HEAD LOAD UNITY
PILEHEAD LATERAL AXIAL ROT. MOMENT SHEAR LOAD STRESS STRESS STRESS STRESS ID CASE CHECK
M CM CM RAD M-KG KG KG KGSCM KGSCM KGSCM KGSCM
0.0 33.418 5.027 0.01461 1755655.4 271436.3***** 1582.75 -993.86 170.13-2576.61 005P TD-5 0.804
    
```

- Fuerzas cortantes del grupo de pilotes eje A, caso C.**

```

* * P I L E G R O U P S U M M A R Y * *
GROUP ID = PLA
DISTANCE ***** DEFLECTIONS ***** INTERNAL LOADS ***** STRESSES ***** PILE CRITICAL MAXIMUM
FROM ***** BENDING ***** AXIAL ***** STRESS ***** HEAD LOAD UNITY
PILEHEAD LATERAL AXIAL ROT. MOMENT SHEAR LOAD STRESS STRESS STRESS STRESS ID CASE CHECK
M CM CM RAD M-KG KG KG KGSCM KGSCM KGSCM KGSCM
0.0 134.169 8.337 0.04013 5928742.0 563221.3***** 5344.85-1379.55 353.01-6724.40 005P TD-5 2.012
    
```

$$RSR_{eje A} = \frac{F_c \text{colapso}}{F_c \text{diseño}} = \frac{563.221 t}{271.436 t} = 2.07 < 2.2 \therefore \text{no cumple}$$

Las fuerzas cortantes críticas para el grupo de pilotes del eje B, se presentaron en la combinación TD-1, es decir para condición de tormenta a 0° de incidencia.

- Fuerzas cortantes del grupo de pilotes eje B, caso B.**

```

GROUP ID = PLB
DISTANCE ***** DEFLECTIONS ***** INTERNAL LOADS ***** STRESSES ***** PILE CRITICAL MAXIMUM
FROM ***** BENDING ***** AXIAL ***** STRESS ***** HEAD LOAD UNITY
PILEHEAD LATERAL AXIAL ROT. MOMENT SHEAR LOAD STRESS STRESS STRESS STRESS ID CASE CHECK
M CM CM RAD M-KG KG KG KGSCM KGSCM KGSCM KGSCM
0.0 22.587 5.132 0.01054 1252335.4 210003.6***** 1129.00-1009.44 131.62-2138.44 008P TD-1 0.680
    
```

- Fuerzas cortantes del grupo de pilotes eje B, caso C.**

```

GROUP ID = PLB
DISTANCE ***** DEFLECTIONS ***** INTERNAL LOADS ***** STRESSES ***** PILE CRITICAL MAXIMUM
FROM ***** BENDING ***** AXIAL ***** STRESS ***** HEAD LOAD UNITY
PILEHEAD LATERAL AXIAL ROT. MOMENT SHEAR LOAD STRESS STRESS STRESS STRESS ID CASE CHECK
M CM CM RAD M-KG KG KG KGSCM KGSCM KGSCM KGSCM
0.0 136.486 41.680 0.04318 5575499.1 556301.0***** 5026.40-1494.11 348.67-6520.51 008P TD-1 1.962
    
```

$$RSR_{eje B} = \frac{F_c \text{colapso}}{F_c \text{diseño}} = \frac{556.301 t}{210.003 t} = 2.64 \geq 2.2 \therefore \text{cumple}$$

Por lo tanto en general se concluye que no se cumple el mínimo factor de reserva de resistencia a nivel de diseño, bajo condiciones extremas de tormenta.

Tabla 50. Comparativa final de los análisis estructurales caso A, B y C

COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS									
No.	CASO	DESCRIPCIÓN	PARAMETROS OCEANOGRÁFICOS	RESULTADOS ⁽¹⁾					
				Estructura			Pilotes		
				Desplazamientos nodales máximos(cms)	Relación de ⁽⁵⁾ esfuerzos en miembros	Relación de ⁽⁵⁾ esfuerzos en juntas	Desplazamientos (cms)	Relación de ⁽⁵⁾ esfuerzos	Revisión por carga axial (F.S.)
1	A	ANÁLISIS ESTÁTICO CON INTERACCIÓN DEL SUELO NO-LINEAL	POR NORMA	57.55	0.95	0.996	28	0.88	⁽³⁾ Operación=2.12 Tormenta=1.58
2	B	ANÁLISIS DINÁMICO CON INTERACCIÓN DEL SUELO NO-LINEAL	POR NORMA	69.07	0.99	0.959	34	0.97	⁽⁴⁾ Tormenta=1.50
3	C	ANÁLISIS DINÁMICO CON INTERACCIÓN DEL SUELO NO-LINEAL	BASADOS EN ARTICULO Meza et. al 2015 ⁽²⁾	1906.38	101.78	4.251	350	5.129	Tormenta=1.069

(1) Para fines de la comparativa entre los Análisis estructurales se presentan en la tabla valores máximos.

(2) Para el Caso C, corresponden parámetros oceanográficos superiores a la NRF-003-PEMEX-2007, referencia Meza et. al 2015.

(3) En el Análisis Estático el F.S. de Operación es relacionado a parámetros oceanográficos en condiciones normales.

(4) En el Análisis Dinámico se considera únicamente los efectos de condiciones de Tormenta.

(5) La Relación de esfuerzos se calcula en base al criterio de “esfuerzos permisibles” ASD, mediante la relación, $\frac{\text{Esfuerzos actuantes}}{\text{Esfuerzos Permisibles}} < 1.0$

CAPITULO 6. CONCLUSIONES

1. En el análisis estático aplicando parámetros ambientales de la norma NRF-003-PEMEX-2007 (caso A), no se presentaron elementos sobre esforzados, en general la estructura presenta un comportamiento adecuado en todos sus elementos. En la práctica se utiliza con frecuencia el análisis estático, debido a que representa facilidad y rapidez para idealizar las acciones sobre plataformas fijas, ya que este tipo de plataformas representan el mayor porcentaje en la sonda de Campeche.
2. En el análisis dinámico con parámetros ambientales de la norma NRF-003-PEMEX-2007 (caso B), resultó que los desplazamientos se elevan aproximadamente 20% no obstante no se presentaron elementos sobre esforzados.
3. En el análisis dinámico aplicando parámetros ambientales de tormenta extrema (Caso C), los resultados máximos de desplazamientos y esfuerzos son considerablemente elevados en contraste con los casos A y B. Uno de los cambios principales en estos parámetros es la altura de la ola, la cual es 10 m superior de lo descrito en la norma de PEMEX lo cual afecta directamente en los esfuerzos actuantes en la plataforma.
4. La plataforma ONEL-A fallará estructuralmente ante condiciones extremas de tormenta, ya que al aplicarse los parámetros de la tabla 39, fallan elementos de la estructura, por lo que es importante considerar la incertidumbre que se tiene ante eventos extremos de tormentas y huracanes que ocurren con frecuencia en la Sonda de Campeche con el fin de obtener análisis y un diseño óptimo de las plataformas marinas. Se concluye que el análisis dinámico es el método apropiado para analizar estructuralmente las plataformas marinas, debido a que estarán sometidas permanentemente a las acciones que por su naturaleza varían con el tiempo, estas fuerzas dinámicas son viento, oleaje y corriente.
5. Los valores de RSR (factor de reserva de resistencia) calculados a partir del caso C, muestran que la plataforma ONEL-A no satisface estructuralmente, ya que al emplear parámetros ambientales extremos del caso C, el valor de RSR resultó de 2.07 el cual es menor a 2.2 indicado en la sección 8.3.1 de la norma NRF-003-PEMEX-2007.

Actualmente los datos estadísticos de eventos extremos utilizados mencionados en el punto 3 se encuentran plasmados en artículos de investigación. En la actualidad la NRF-003-PEMEX-2007 es la norma aplicable aunque recientemente se ha anunciado la futura publicación de una nueva versión de esta norma, actualmente se continúan utilizando los parámetros meteorológicos de la norma del año 2007.

REFERENCIAS

American Institute of Steel Construction (AISC), “Manual of steel Construction, Allowable Stress Design”, 9th Edition, Chicago, USA, 1989.

American Petroleum Institute, “Recommended practice for planning, designing and constructing fixed offshore platforms-Working stress design” (API RP-2A WSD), 21a edition, Washington, D.C. USA, 2000.

CONAGUA, Coordinación general del Servicio Meteorológico Nacional, “Base de datos de ciclones tropicales que afectaron a México durante el periodo de 1970 a 2011”, Ing. Alberto Hernández Unzón, México, 2012.

Diavaz y Fugro Chance de México, “Reporte final Investigación Geotécnica Sondeo ONEL Bahía de Campeche México Vol. 1”, Reporte núm. 0201-6317-1, México, 2007.

Valdés Rubio V. M., “Conceptos básicos de Ingeniería Civil Costa Afuera Tomo I”, segunda edición, México, 2005.

Valdés Rubio V. M., “Conceptos básicos de Ingeniería Civil Costa Afuera Tomo III”, primera edición, México, 2011.

Instituto Mexicano de la Construcción en Acero (IMCA), “Manual en Construcción en Acero”, 5a Edición, México, 2014.

Wilson J. F., “Dynamics of offshore structures”, 2nd edition, USA, 2003.

Oey, L.-Y. and Wang D.P., “Modeling waves and currents produced by Hurricanes Katrina, Rita, and Wilma, U.S. Dept. of the interior, Minerals Management Service, Herndon, Virginia, OCS Study MMS, 2009.

Cardone, V.J.. & Ramos, R. “Wave, Wind and Current Characteristics of Bay of Campeche”, Offshore Technology Conference, 1998.

Petróleos Mexicanos (PEMEX), “Diseño y Evaluación de Plataformas Marinas fijas en el Golfo de México” (NRF-003-PEMEX-2007), México, 2007.

Meza Padilla R., Appendini C.M., Pedrozo Acuña A., “Hurricane induced wave and storm surge modeling for the Mexican coast”, Ocean Dynamics, 2015.

Ramos H. R., Ortega R. R., Valle M. O. , Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural (SMIE), “Evaluación preliminar de la integridad estructural de plataformas marinas debido a los efectos del paso del huracán Roxanne”, México DF, 1997.

SACS 5.6, “Manuals review 7”, Bentley Systems Inc., 2013.

APENDICES

APENDICE A. PLANTAS Y ELEVACIONES ESTRUCTURALES

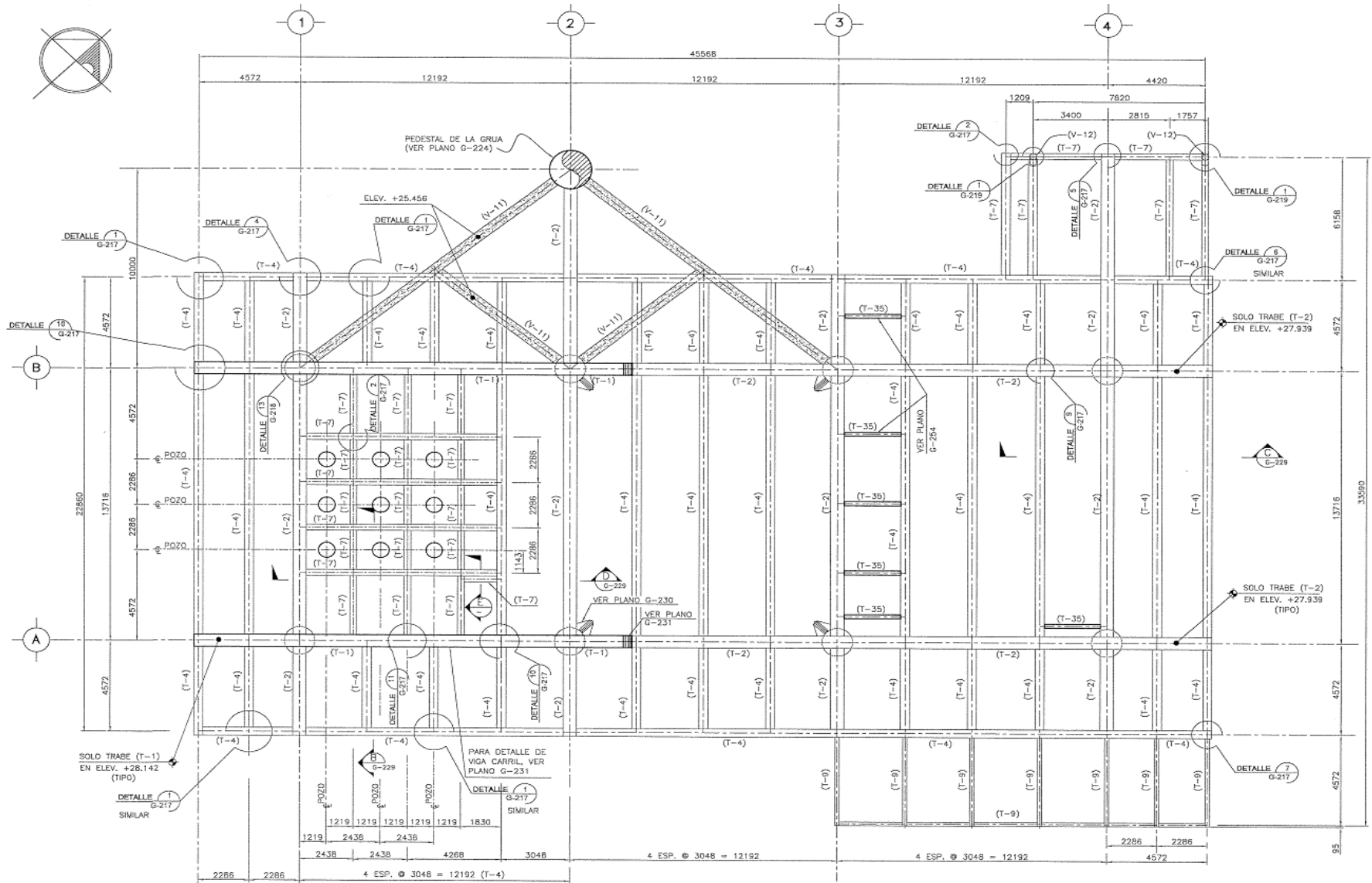


Figura A1. Planta estructural de la cubierta superior en elev. +27.590m de la plataforma ONEL-A

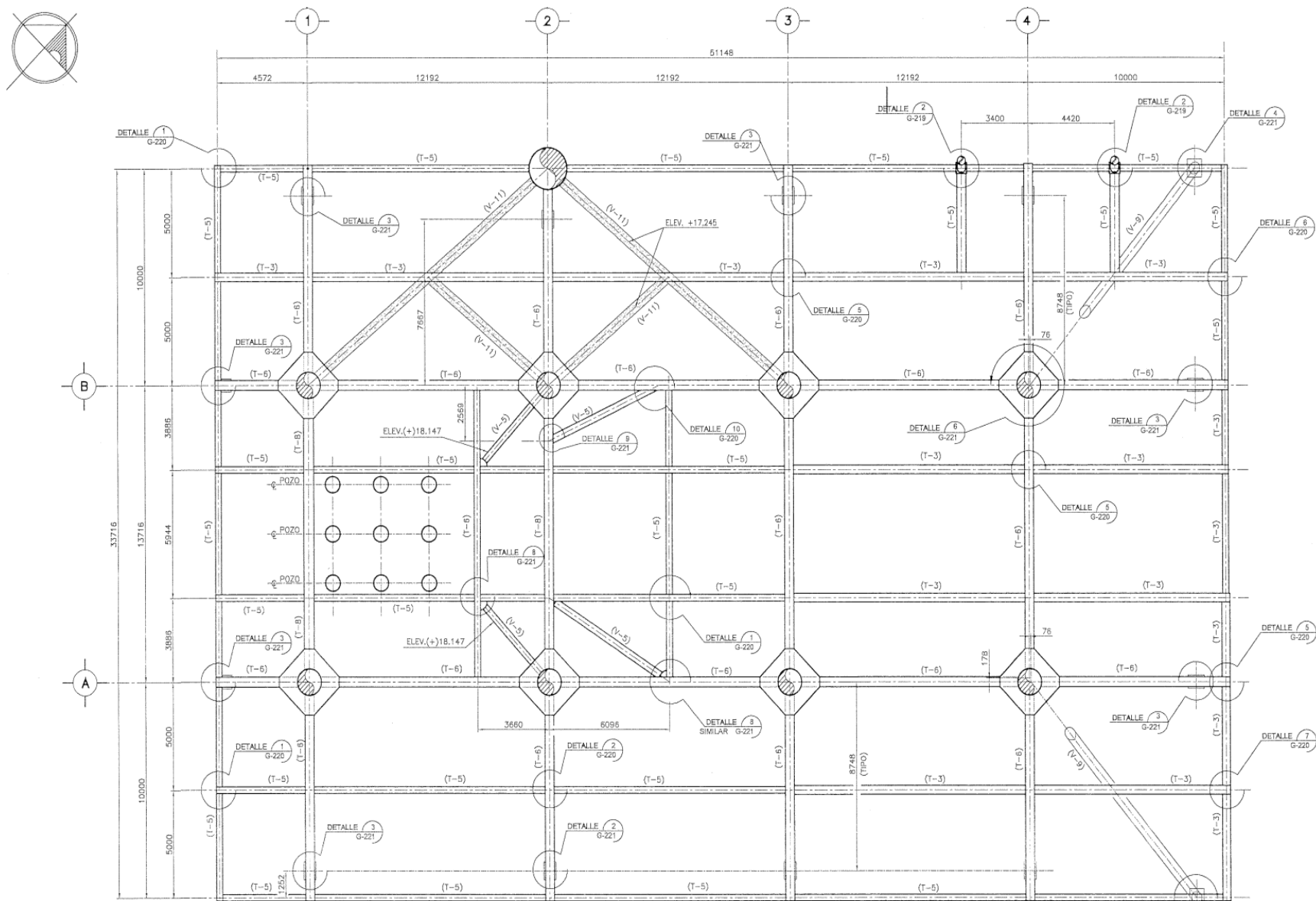


Figura A2. Planta estructural de la cubierta inferior en elev. +18.643m de la plataforma marina ONEL-A

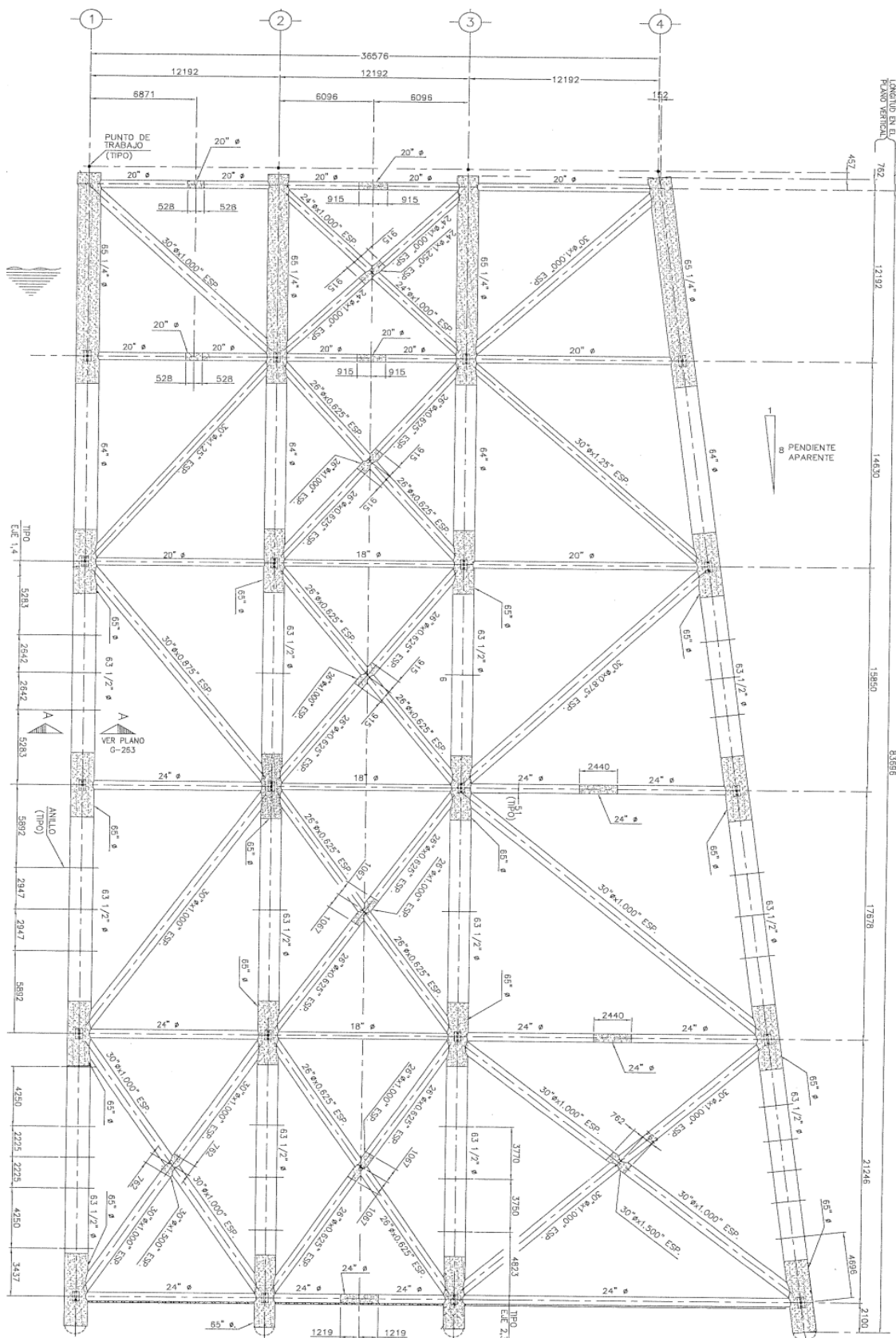


Figura A3. Elevación eje A de la subestructura de la plataforma marina ONEL-A.

APENDICE B. LISTADO DE PLANOS

Tabla A.1 Planos de superestructura

No de Plano	Título
D-433-22-G-202	Cubierta Superior Planta Estructural en Elev. (+) 27.590 m
D-433-22-G-203	Cubierta Superior Planta Estructural en Elev. (+) 27.939 m
D-433-22-G-204	Cubierta Inferior Planta Estructural en Elev (+) 18.643 m
D-433-22-G-205	Cubierta Inferior Planta Estructural en Elev (+) 19.100 m
D-433-22-G-206	Elevación Marco Eje A
D-433-22-G-207	Elevación Marco Eje B
D-433-22-G-208	Elevación Marco Eje 1
D-433-22-G-209	Elevación Marco Eje 2
D-433-22-G-210	Elevación Marco Eje 3
D-433-22-G-211	Elevación Marco Eje 4
D-433-22-G-213	Subnivel (+) 14.500 m
D-433-22-G-276	Montaje de Pilotes Hoja 1 de 2
D-433-22-g-283	Montaje de Pilotes Hoja 2 de 2

Tabla A.2. Planos de subestructura

No de Plano	Título
D-433-22-G-258	Elevación Marco Eje 1
D-433-22-G-259	Elevación Marco Eje 2
D-433-22-G-260	Elevación Marco Eje 3
D-433-22-G-261	Elevación Marco Eje 4
D-433-22-G-262	Elevación Marco Eje A
D-433-22-G-263	Elevación Marco Eje B
D-433-22-G-264	Planta Elev (+) 6.096 m
D-433-22-G-265	Planta Elev (-) 6.096 m
D-433-22-G-266	Planta Elev (-) 20.726 m
D-433-22-G-267	Planta Elev (-) 36.576 m
D-433-22-G-268	Planta Elev (-) 54.254 m
D-433-22-G-269	Planta Elev (-) 75.500 m
D-433-22-G-270	Placa Base de Apoyo en Lecho Marino

APENDICE C. ARCHIVO DE ENTRADA DE ANALISIS DINAMICO EN SACS 5.6

```

LDOPT      NF+Z1.0280007.850000  -75.50  75.50GLOBME  HYD      NPNP  K
          ANALISIS EN SITIO DINAMICO-PLATAFORMA PP-ONEL-A
OPTIONS    ME      SDUC  510  DC  C  PTPTPT  PT
LCSEL      TD-1 TD-2 TD-3 TD-4 TD-5 TD-6 TD-7 TD-8
HYDRO +ZAPEXTSMR GPA76.860  -76.860  2.000  1.028  10.000  0.635
HYDRO2     0.800MLO.8002.000
UCPART     0.8000.8001.0001.000
AMOD
AMOD TD-1 1.333TD-2 1.333TD-3 1.333TD-4 1.333TD-5 1.333TD-6 1.333TD-7 1.333
AMOD TD-8 1.333
SECT
SECT A03      CON                      76.2003.810106.60
SECT C05      CON                      76.2003.81091.440
SECT CN1      CON                      152.405.080121.92
SECT CNA      CON                      152.405.080138.12
SECT CNB      CON                      138.125.080121.92
SECT C2M      TUB1931.01.2599+76280000.6280000. 166.374.445
SECT T-1      PLG                      61.0005.100180.403.175
SECT T-10A    PLG                      22.8001.730136.101.120
SECT T-1A     PLG                      61.0005.100356.003.175
SECT T-2      PLG                      61.0004.500158.903.175
SECT T-3      PLG                      40.6002.54099.1001.300
SECT T-4      PLG                      40.6003.200124.001.300
SECT T-5      PLG                      30.5001.90099.1001.300
SECT T-6      PLG                      45.7005.10099.1001.900
SECT T-7      PLG                      30.6002.90089.1001.600
SECT T-8      PLG                      50.8005.10099.1002.540
SECT T-9A     PLG                      22.8001.73060.8001.120
SECT T1BA     PLG                      61.0004.500158.903.175
SECT T2A      PLG                      61.0004.500335.002.540
SECT TUB      TUB436.20427000.0213620.3213620.3 66.0402.850
SECT VM1      TUB345.80289000.0144501.7144501.7 60.9602.540
SECT VM2      TUB456.00373000.0186552.0186552.0 60.9603.175
SECT VM3      TUB436.20427000.0213620.3213620.3 66.0402.850
GRUP
GRUP 10TBT-9A                2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP 10TET-10A              2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP 11V VM1                 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP 1VA VM3                 2039.815.72532. 1 1.001.00 7.8490
GRUP 20V                     66.040 1.910 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP 20V                     66.040 2.850 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.8490.915
GRUP 22V                     66.040 2.540 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.84901.42
GRUP 22V                     66.040 1.905 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP 22V                     66.040 2.857 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.8490.915
GRUP 27H                     50.800 1.590 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP 27H                     50.800 2.540 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.8490.610
GRUP 2VA VM1                 2039.815.72532. 1 1.001.00 N7.8490
GRUP 2VA VM2                 2039.815.73515. 1 1.001.00 N7.8490.915
GRUP 30V                     76.200 1.905 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP 30V                     76.200 3.490 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.8490.915
GRUP 32V                     76.200 3.175 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.84901.35
GRUP 32V                     76.200 1.905 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP 32V                     76.200 3.490 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.84901.16
GRUP 35H                     45.720 1.270 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP 3VA VM1                 2039.815.72532. 1 1.001.00 N7.8490
GRUP 48H                     50.800 1.270 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP 4V0                     76.200 1.910 2039.787.42532. 1 1.001.00 0.500 7.8490
GRUP 51V                     66.040 1.588 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP 51V                     66.040 3.175 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.84901.80
GRUP 56H                     50.800 1.910 2039.787.43515. 1 1.001.00 0.500 7.8490
GRUP 68H                     50.800 1.910 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP 68H                     50.800 2.540 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.84901.20
GRUP A01B                    76.200 3.175 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP A01E                    76.200 3.175 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP A02                     91.440 3.175 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP A03 A03                 2039.815.73515. 1 1.001.00 N7.8490
.
.
.
.
GRUP A25                     60.960 2.540 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.8490.610
GRUP A26                     60.960 2.540 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP A27                     60.960 1.270 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP A27                     60.960 2.540 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.84901.37
GRUP A28                     60.960 2.540 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP A28                     60.960 2.540 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.84901.37
GRUP A31                     50.800 1.270 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP A32                     45.720 1.270 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP A33                     50.800 1.270 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP A34                     66.040 1.588 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP A34                     66.040 2.540 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.84901.07
GRUP A35                     66.040 1.588 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP A35                     66.040 2.540 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.8490.610
GRUP A36                     66.040 2.540 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP A37                     66.040 1.588 2039.815.72532. 1 1.001.00 0.500N7.8490
GRUP A37                     66.040 2.540 2039.815.73515. 1 1.001.00 0.500N7.84901.37

```

GRUP A38	66.040	1.588	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A38	66.040	2.540	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.8490.610
GRUP A41	60.960	1.588	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A42	45.720	1.910	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500 7.8490
GRUP A43	60.960	1.588	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A43	60.960	2.540	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.84901.22
GRUP A44	76.200	1.905	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A44	76.200	2.540	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.84901.52
GRUP A45	76.200	1.905	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A46B	76.200	3.175	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A46E	76.200	3.175	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A47	91.440	3.175	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A48	76.200	1.905	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A48	76.200	3.175	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.84901.52
GRUP A49	76.200	1.905	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A49	76.200	2.540	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.84901.52
GRUP A51	60.960	1.588	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A52	45.720	1.270	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A53	60.960	1.588	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A53	60.960	2.540	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.84901.22
GRUP A54	76.200	1.905	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A55	76.200	1.905	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A56B	76.200	3.175	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A56E	76.200	3.175	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A57	91.440	3.175	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A58	76.200	1.905	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A59	76.200	1.910	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A61	60.960	2.222	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500 7.8490
GRUP A62	60.960	1.588	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A62	60.960	2.540	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.84901.22
GRUP A63	60.960	2.540	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A64	76.200	2.540	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A65	76.200	3.175	2039.815.73515.	9	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A66	76.200	2.540	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A67	76.200	2.540	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A68	76.200	2.540	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP A68	76.200	3.810	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.84901.50
.						
.						
.						
.						
GRUP H13	35.560	2.540	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490.950
GRUP H14	35.560	2.540	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H15	35.560	1.270	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H16	40.640	1.270	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H17	40.640	1.270	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H17	40.640	2.540	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490.760
GRUP H18	35.560	1.588	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H21	35.560	1.270	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H22	35.560	1.270	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H23	35.560	1.270	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H23	35.560	2.540	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490.950
GRUP H24	35.560	2.540	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H25	40.640	1.270	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H26	45.720	1.905	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H28	40.640	1.270	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H31	35.560	1.905	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H31	35.560	2.540	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.8490.690
GRUP H32	35.560	1.270	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H34	35.560	2.540	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H35	45.720	1.910	2039.787.43515.	1	1.001.00	0.500 7.8490
GRUP H36	35.560	1.270	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H37	45.720	1.270	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H41	50.800	1.270	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H41	50.800	2.540	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.8490.920
GRUP H42	35.560	1.270	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H44	50.800	1.270	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H44	50.800	2.540	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.8490.610
GRUP H45	50.800	2.540	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H46	35.560	1.270	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H47	45.720	2.540	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H48	50.800	1.910	2039.787.43515.	1	1.001.00	0.500 7.8490
GRUP H51	50.800	1.270	2039.815.72532.	1	1.001.00	0.500N7.8490
GRUP H51	50.800	2.540	2039.815.73515.	1	1.001.00	0.500N7.84901.00
.						
.						
.						
GRUP W-9 W24X76			2039.815.72532.	1	1.001.00	7.8490
GRUP W.B	160.00	3.810	2039.815.72532.	9	1.001.00	0.500F1.00-3
GRUP W14 W14X48			2039.815.72532.	9	1.001.00	N7.8490
GRUP W18 W18X50			2039.815.72532.	9	1.001.00	N7.8490
MEMBER						
MEMBER133563368	10T					
MEMBER OFFSETS				54.100		
MEMBER133573372	10T					
MEMBER OFFSETS				54.100		
MEMBER100175C1X	11V			1.211.96		
MEMBER OFFSETS					24.690-19.37	
MEMBER100185C1X	11V			2.194.32		

JOINT 3316	22.	11.	18.	70.800	85.800	14.700
JOINT 3317	28.	11.	18.	28.800	85.800	14.700
JOINT 3318	-6.	14.	18.	-9.600	52.500	14.700
JOINT 3319	-18.	15.	18.	-28.800	60.600	14.700
JOINT 3320	6.	15.	18.	9.600	60.600	14.700
JOINT 3321	18.	15.	18.	28.800	60.600	14.700
JOINT 3322	2.	15.	18.	28.600	73.400	14.700
JOINT 3323	-22.	16.	18.	-86.000	85.800	14.700
JOINT 3324	-18.	16.	18.	-28.800	85.800	14.700
JOINT 3325	-6.	16.	18.	-9.600	85.800	14.700
JOINT 3326	2.	16.	18.	28.600	85.800	14.700
JOINT 3327	6.	16.	18.	9.600	85.800	14.700
JOINT 3328	14.	16.	18.	88.800	85.800	14.700
JOINT 3329	18.	16.	18.	28.800	85.800	14.700
JOINT 3330	22.	16.	18.	70.800	85.800	14.700
JOINT 3331	26.	16.	18.	73.600	85.800	14.700
JOINT 3332	28.	16.	18.	28.800	85.800	14.700
JOINT 3333	-18.	6.	20.	-28.800	85.800	57.800
JOINT 3334	-6.	6.	20.	-9.600	85.800	57.800
JOINT 3335	6.	6.	20.	9.600	85.800	57.800
JOINT 3336	18.	6.	20.	28.800	85.800	57.800
JOINT 3337	-18.	-6.	21.	-28.800-85.800	37.500	
JOINT 3338	18.	-6.	21.	28.800-85.800	37.500	
JOINT 3339	-6.	-6.	22.	-9.600-85.800	75.300	
JOINT 3340	6.	-6.	22.	9.600-85.800	75.300	
JOINT 3341	-18.	-6.	23.	-28.800-85.800	40.100	
JOINT 3342	18.	-6.	23.	28.800-85.800	40.100	
JOINT 3343	-18.	6.	24.	-28.800	85.800	45.900
JOINT 3344	-6.	6.	24.	-9.600	85.800	45.900
JOINT 3345	6.	6.	24.	9.600	85.800	45.900
JOINT 3346	-12.	11.	24.	-19.200	85.800	45.900
JOINT 3347	0.	11.	24.		85.800	45.900
JOINT 3348	-6.	16.	24.	-9.600	85.800	45.900
JOINT 3349	6.	-16.	27.	9.600	-0.200	14.500
JOINT 3350	9.	-16.	27.	14.400	-0.200	14.500
JOINT 3351	12.	-16.	27.	19.200	-0.200	14.500
JOINT 3352	15.	-16.	27.	24.000	-0.200	14.500
JOINT 3353	18.	-16.	27.	28.800	-0.200	14.500
JOINT 3354	20.	-16.	27.	57.400	-0.200	14.500
JOINT 3355	22.	-16.	27.	86.000	-0.200	14.500
JOINT 3356	6.	-12.	27.	9.600-53.700	14.500	

LOADCN 3

LOADLB3 CARGA MUERTA SUPERESTRUCTURA

LOAD Z 34853493	-45.610	-45.610	GLOB UNIF	LAR_CS1
LOAD Z 34863494	-173.80	-173.80	GLOB UNIF	LAR_CS1
LOAD Z 34883495	-234.36	-234.36	GLOB UNIF	LAR_CS1
LOAD Z 34903496	-172.40	-172.40	GLOB UNIF	LAR_CS1
LOAD Z 34913497	-66.240	-66.240	GLOB UNIF	LAR_CS1
LOAD Z 34673491	-92.880	-92.880	GLOB UNIF	LAR_CS2
LOAD Z 33743410	-92.880	-92.880	GLOB UNIF	LAR_CS2
LOAD Z 34663489	-185.77	-185.77	GLOB UNIF	LAR_CS2
LOAD Z 34093466	-185.77	-185.77	GLOB UNIF	LAR_CS2
LOAD Z 33733409	-185.77	-185.77	GLOB UNIF	LAR_CS2
LOAD Z 34713488	-216.73	-216.73	GLOB UNIF	LAR_CS2
LOAD Z 34643471	-216.73	-216.73	GLOB UNIF	LAR_CS2
LOAD Z 34643438	-216.73	-216.73	GLOB UNIF	LAR_CS2
LOAD Z 34143438	-216.73	-216.73	GLOB UNIF	LAR_CS2

LOADCN 4

LOADLB4 CARGA VIVA DE SUPERESTRUCTURA

LOAD Z 34853493	-1481.0	-1481.0	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 34863494	-5646.0	-5646.0	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 34883495	-7613.4	-7613.4	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 34903496	-5600.7	-5600.7	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 34913497	-2152.3	-2152.3	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 33563368	-1143.0	-1143.0	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 33493356	-1143.0	-1143.0	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 33503369	-2286.0	-2286.0	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 33513370	-2286.0	-2286.0	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 33523371	-2286.0	-2286.0	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 33533357	-2000.3	-2000.3	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 33573372	-2000.3	-2000.3	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 33543373	-1714.5	-1714.5	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 33553374	-857.25	-857.25	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 33823439	-2800.4	-2800.4	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 33583382	3.20000-2800.4	-2800.4	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 34393472	-2800.41.37000-2800.4	-2800.4	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 34403473	-5600.71.37000-5600.7	-5600.7	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 33833440	-5600.7	-5600.7	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 33593383	3.20000-5600.7	-5600.7	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 34253430	-2800.4	-2800.4	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 34203425	-2800.4	-2800.4	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 34153420	-2800.4	-2800.4	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 34423468	-6534.1	-6534.1	GLOB UNIF	CV_CS
LOAD Z 33853378	-6534.1	-6534.1	GLOB UNIF	CV_CS

LOAD Z 33753378	2.22000	-6534.1	-6534.1	LOAD UNIF	CV_CS	
LOAD Z 34683474		-6534.10	31200-6534.1	LOAD UNIF	CV_CS	
LOAD Z 34453475		-7467.61	37000-7467.6	LOAD UNIF	CV_CS	
LOAD Z 34473476		-7467.61	37000-7467.6	LOAD UNIF	CV_CS	
LOAD Z 34493477		-7467.61	37000-7467.6	LOAD UNIF	CV_CS	
LOAD Z 33613388	3.20000	-7467.6	-7467.6	LOAD UNIF	CV_CS	
LOAD Z 33623390	3.20000	-7467.6	-7467.6	LOAD UNIF	CV_CS	
.						
.						
LOAD 205L	940.007			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 402L	972.708			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 406L	972.708			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 302L	972.708			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 306L	972.708			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 202L	972.708			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 206L	972.708			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 403L	749.437			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 407L	749.437			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 303L	749.437			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 307L	749.437			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 203L	749.437			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 207L	749.437			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 404L	646.872			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 408L	646.872			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 304L	646.872			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 308L	646.872			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 204L	646.872			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 208L	646.872			LOAD JOIN	8D-AR	
LOAD 505L		-105.81		LOAD JOIN	8I-AR	
LOAD 506L		-105.81		LOAD JOIN	8I-AR	
LOAD 508L		-105.81		LOAD JOIN	8I-AR	
LOAD 501L		-105.81		LOAD JOIN	8I-AR	
LOAD 502L		-105.81		LOAD JOIN	8I-AR	
LOAD 503L		-105.81		LOAD JOIN	8I-AR	
LOAD 208L		-24.998		LOAD JOIN	8I-AR	
LOAD 201L		-24.998		LOAD JOIN	8I-AR	
LOAD 203L		-24.998		LOAD JOIN	8I-AR	
LOAD 204L		-24.998		LOAD JOIN	8I-AR	
LOAD 104L		-2.1785		LOAD JOIN	8I-AR	
LOADCN 18						
LOADLB18	CARGAS AMBIENTALES EN TORMENTA 0°					
WIND						
WIND D 33.200	0.00		21APX1X3X4			
LOADCN 19						
LOADLB19	CARGAS AMBIENTALES EN TORMENTA 45°					
WIND						
WIND D 33.200	45.00		21APX1Y1X3X4Y3Y4Y5			
LOADCN 20						
LOADLB20	CARGAS AMBIENTALES EN TORMENTA 90°					
WIND						
WIND D 33.200	90.00		21APY1Y3Y4Y5			
LOADCN 21						
LOADLB21	CARGAS AMBIENTALES EN TORMENTA 135°					
WIND						
WIND D 33.200	135.00		21APY1X2Y3Y4Y5			
LOADCN 22						
LOADLB22	CARGAS AMBIENTALES EN TORMENTA 180°					
WIND						
WIND D 33.200	180.00		21APX2X5X6			
LOADCN 23						
LOADLB23	CARGAS AMBIENTALES EN TORMENTA 225°					
WIND						
WIND D 33.200	225.00		21APX2Y2Y6Y7Y8X5X6			
LOADCN 24						
LOADLB24	CARGAS AMBIENTALES EN TORMENTA 270°					
WIND						
WIND D 33.200	270.00		21APY2Y6Y7Y8			
LOADCN 25						
LOADLB25	CARGAS AMBIENTALES EN TORMENTA 315°					
WIND						
WIND D 33.200	315.00		21APX1Y2X3X4Y6Y7Y8			
LCOB						
LCOB TD-1 1	1.10002	1.05003	1.05004	0.75005	1.20006	0.7500
LCOB TD-1 7	0.75008	1.00009	0.750010	1.000018	1.0000	
LCOB TD-2 1	1.10002	1.05003	1.05004	0.75005	1.20006	0.7500
LCOB TD-2 7	0.75008	1.00009	0.750011	1.000019	1.0000	
LCOB TD-3 1	1.10002	1.05003	1.05004	0.75005	0.75006	0.7500
LCOB TD-3 7	0.75008	1.00009	0.750012	1.000020	1.0000	
LCOB TD-4 1	1.10002	1.05003	1.05004	0.75005	0.75006	0.7500
LCOB TD-4 7	0.75008	1.00009	0.750013	1.000021	1.0000	
LCOB TD-5 1	1.10002	1.05003	1.05004	0.75005	0.75006	0.7500
LCOB TD-5 7	0.75008	1.00009	0.750014	1.000022	1.0000	
LCOB TD-6 1	1.10002	1.05003	1.05004	0.75005	0.75006	0.7500
LCOB TD-6 7	0.75008	1.00009	0.750015	1.000023	1.0000	
LCOB TD-7 1	1.10002	1.05003	1.05004	0.75005	0.75006	0.7500
LCOB TD-7 7	0.75008	1.00009	0.750016	1.000024	1.0000	
LCOB TD-8 1	1.10002	1.05003	1.05004	0.75005	0.75006	0.7500
LCOB TD-8 7	0.75008	1.00009	0.750017	1.000025	1.0000	
END						