

Pre Informe Memoria de Cálculo Waitata

New Zealand King Salmon
Centro Waitata
04 jaulas de 40x40m AKVA
vel. Max corriente registrada 2.0 nudos

Índice

1. Resumen.....	3
2. Objetivo	4
3. Desarrollo del Trabajo	5
3.1- Antecedentes.....	5
3.1.1- Batimetría.....	5
3.1.2- Estudios de Corriente.....	6
3.1.3.- Estudios de Vientos y Oleaje	8
3.1.4.- Jaulas, Redes y Fouling	12
3.1.4.1.- <i>Jaulas</i>	12
3.1.4.2.- <i>Redes Peceras y lobera</i>	12
3.1.4.3.- <i>Fouling</i>	12
3.1.4.- Esquema de Fondeo en la actualidad.....	13
4.-Factores de Seguridad de Materiales Ns9415 V.2009.....	14
5.- Respecto a las cargas de Diseño y Condiciones Climáticas	15
6.1 Condición Ambiental Sur Weste (Situación del siniestro).....	17
6.1.1.- Elementos de la Línea de Fondeo de Cabeceras.....	17
6.1.2.- Esfuerzos estructurales en los elementos de las jaulas.....	18
6.3.- Condición Ambiental Sur Weste (preliminar).....	22
6.3.1.- Elementos de la Línea de Fondeo de Cabeceras.....	22

1. Resumen

El presente informe describe el análisis del sistema de fondeo y estructura de las jaulas de 40x40 metálicas de un centro de cultivo para la empresa New Zealand King Salmon en el Sector de Waitata cuyo análisis consiste de tres partes:

a) Análisis de la estructura y sistema de fondeo que se utiliza actualmente en el centro

b) entregar una solución inicial basado en la experiencia acumulada.

b) La validación de la solución inicial usando software de simulación dinámico.

c) La modificación de la solución inicial usando criterios contenidos en la norma noruega NS9415. Ésta es una guía del Gobierno Noruego que contiene normas y criterios de diseño para estructuras flotantes usadas en la acuicultura y se utiliza para la validación de sistemas de fondeo.

El modelo del sistema final recomendado se muestra en los dibujos del set de planos adjunto. La configuración del sistema propuesto mostrado en este dibujo está dimensionada de forma suficiente para no tornarse crítico tomado en cuenta los resultados de los cálculos de fuerzas debido a vientos, olas y corriente.

2. Objetivo

AKVA GROUP CHILE solicita a su empresa consultora RYMNET la realización de un estudio de análisis de elemento finito para un set de jaula metálicas y fondeo con la finalidad de detectar lo siguiente:

- Encontrar la magnitud de las fuerzas que el sistema de fondeo debe resistir
- Dimensionar un sistema de fondeo adecuado
- Entregar documentación del sistema final

La metodología empleada para este cálculo es en base a la utilización de un software de cálculo donde es posible modelar las jaulas metálicas y su sistema de fondeo completo con su geometría y propiedades de los componentes. Por otra parte se entregan además los esfuerzos y factores de seguridad para todos los componentes.

La estructura de las jaulas, líneas de fondeo, redes, cadenas y sistema de fondeo en general se dividen en tres o más secciones (*elementos*) cada uno. Con ello se logra modelar la flexibilidad de estos elementos. Cada elemento termina con un *nodo* en cada punta. Las propiedades de cada nodo que conecta dos elementos son compartidas por ambos. En los dibujos esquemáticos los elementos aparecen como líneas y los nodos como puntos.

El software utilizado fue desarrollado por Aquastructures AS para llevar a cabo análisis técnico de estructuras marinas flexibles. El software ocupado en este trabajo calcula las fuerzas generadas por olas, viento y corriente sobre las redes, líneas de fondeos y balsas jaula y simula el comportamiento dinámico del sistema de fondeo y redes bajo estas fuerzas. La simulación se realiza mediante el software AquaView, desarrollado también por Aquastructures AS.

Aquastructures ha desarrollado los software Aqua base y AquaSim hecho para resolver las demandas del estándar noruego NS 9415 (granjas acuícolas - requisitos para el diseño, dimensiones, la producción, la instalación y la operación). La meta principal para introducir estos estándares es evitar que los peces escapen además de aumentar la seguridad en estas instalaciones.

3. Desarrollo del Trabajo

3.1- Antecedentes

3.1.1- Batimetría

A RYMNET se le hace entrega de un informe de “evaluación de efectos de un centro salmonero en la bahía de Waitata” desarrollado por la empresa CAWTHRON en Agosto del 2001.

En la pagina 07 de este reporte se entrega una descripción de la batimetría del sector, donde es posible apreciar la concesión de fondeo y de cultivo, que poseen profundidades entre los 25 y 50 metros de profundidad.

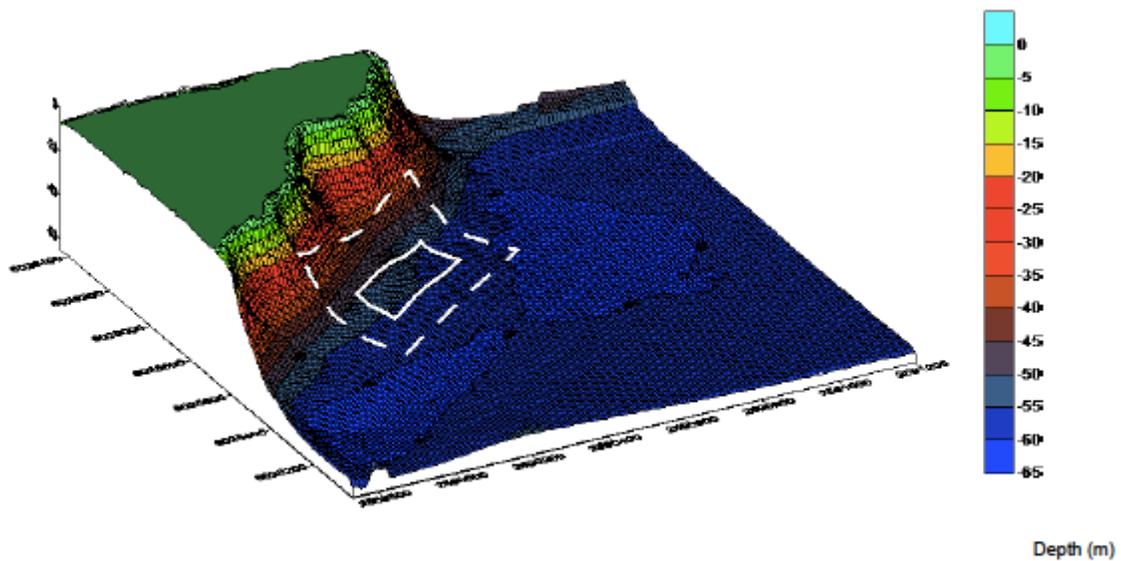


Figure 2. 3-D bathymetry map of Waitata Site with proposed locations of the Cage Area Boundary (solid white line) and Plan Change Site Boundary (dashed white line) overlaid onto the seafloor.

3.1.2- Estudios de Corriente

En este mismo reporte en la pagina 16, se entrega información sobre un estudio de corrientes realizado entre el 26 de Enero y 26 de febrero del año 2010 con un equipo ADCP en el sector, que indica e ilustra las direcciones y velocidades máximas de corrientes en ese periodo.

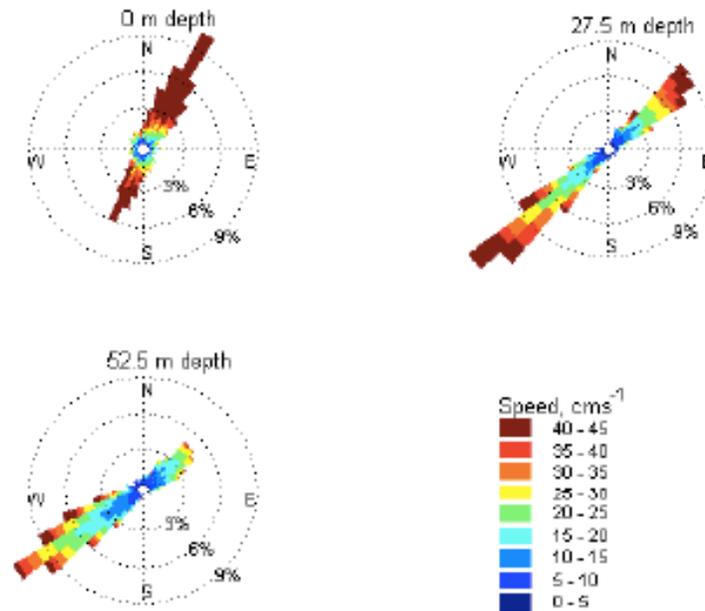


Figure 9. Mean current speed and direction measured at 0 m (surface), 27.5 m (mid-water) and 52.5 m (bottom) depths at the Waitata study area.

Las velocidades máximas de corriente fluctúan entre los 0.47 y 0.60 m/seg (0.91 y 1.16 nudos) con una máxima velocidad de corriente registrada de 1.05 m/seg (2.04 nudos) con dirección geográfica SW. Sin embargo no se tienen los antecedentes de direcciones de velocidades en otras columnas de profundidad, como por ejemplo a los 5 o 10m

Como observación, se desconoce el punto exacto de posicionamiento del equipo ADCP durante el estudio de corrientes del sector, por lo que se presume que fue instalado en medio de la concesión. A su vez, a sido imposible tener acceso a los archivos prf del equipo ADCP (datos originales) para realizar un análisis mas detallado y exhaustivo de las direcciones y velocidades de corrientes registradas.

En la pagina 17 del reporte se señalan mas velocidades promedios y máximas registradas por capas o profundidad que serán la base para el desarrollo de estos análisis. Sin embargo nos e especifican las direcciones de ellas.

De esta forma y de acuerdo a la Norma Noruega NS 9415. 2009 (considerando un periodo de retorno de 50 años (item 5.2.3 de la norma) la velocidad máxima registrada debe ser aumentada en 1.85 veces, obteniéndose una velocidad de corriente de diseño de 3.7 nudos para calculo de fondeo.

Respecto al análisis estructural de las jaulas AKVA Group se utilizará su política interna de realizar el diseño de cálculos con un factor de 1.15 veces la velocidad de corriente registrada, esto es una velocidad máxima de diseño de 2.34 nudos.

El detalle de las velocidades registradas por profundidad, incluyendo los factores que se considerarán para el análisis

profundidad metros	vel. Registrad m/seg	vel. Calculo fondeo	vel. Calculo estructura
0	1,05	1,94	1,21
2,5	0,54	1,00	0,62
5	0,61	1,12	0,70
7,5	0,60	1,11	0,69
10	0,59	1,09	0,68
12,5	0,58	1,07	0,67
15	0,57	1,05	0,65
17,5	0,56	1,03	0,64
20	0,54	1,00	0,62
22,5	0,55	1,02	0,63
25	0,55	1,01	0,63
27,5	0,55	1,02	0,63
30	0,55	1,01	0,63
32,5	0,55	1,02	0,63
35	0,55	1,02	0,63
37,5	0,57	1,05	0,65
40	0,55	1,02	0,63
42,5	0,56	1,04	0,64
45	0,54	1,00	0,62
47,5	0,52	0,96	0,60
50	0,50	0,93	0,58

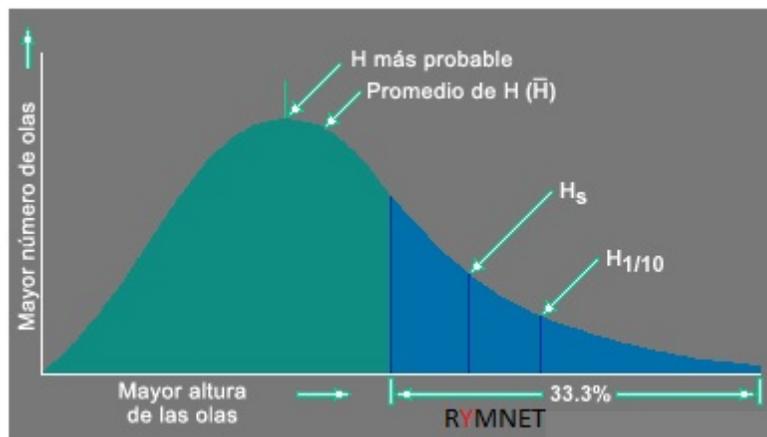
3.1.3.- Estudios de Vientos y Oleaje

Debido a la falta de registro de velocidades de viento del sector de estudio, se han considerado las máximas observadas en los centros meteorológicos más cercanos, se ha considerado velocidades máximas de viento de 100 km/h en dirección Norte y en el resto de ellas de 80 km/h (direcciones Este, Sur y Weste)

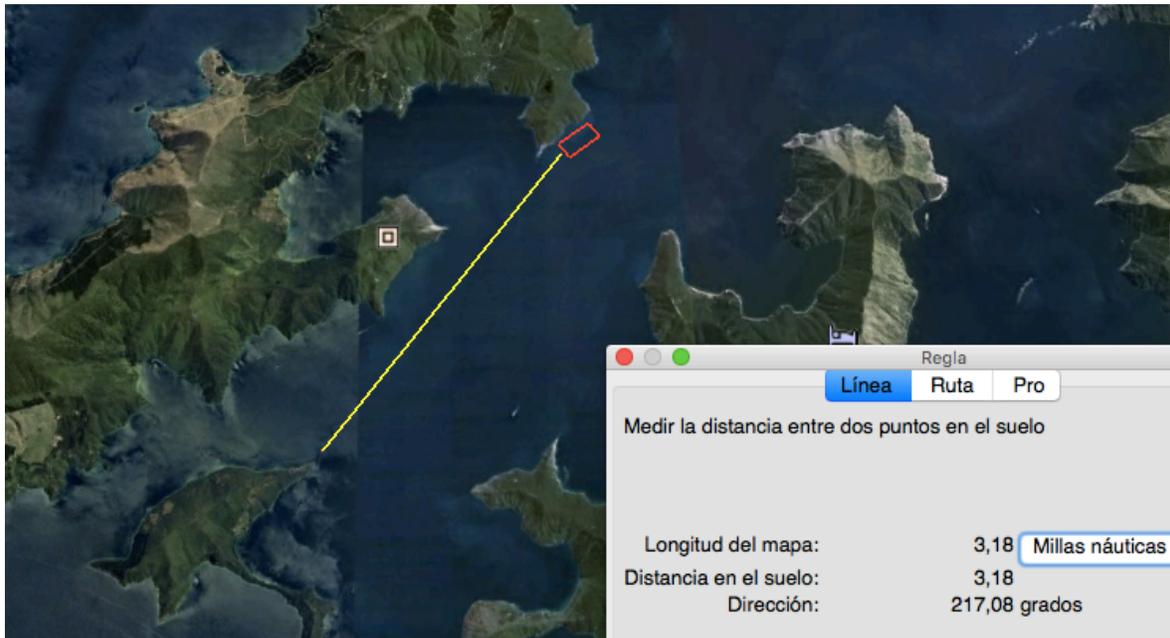
Para la determinación de la altura de ola significativa (H_s , Significant wave height), se utilizó el método de **JONSWAP (Joint North Sea Wave Project)**, considerando todas las direcciones por donde se podría producir una ola al sector, que son las más considerables y se detallan en las condiciones climáticas de cada análisis.

H_s es la altura promedio del tercio de las olas más altas que pasan por un punto dado. H_s o $H_{1/3}$ es de particular interés, ya que éstas son las alturas que mejor se correlacionan con las alturas estimadas por una persona con experiencia que examina la altura de un grupo de olas desde una plataforma o un barco. El período promedio utilizado para calcular la altura significativa de las olas se conoce como el período significativo de la ola y la altura de ola máxima H_{max} es por lo general entre 1.8 a 2.0 veces la altura de ola significativa.

$$H_{\text{máx.}} = (1.8 \text{ a } 2.0) \times H_s$$



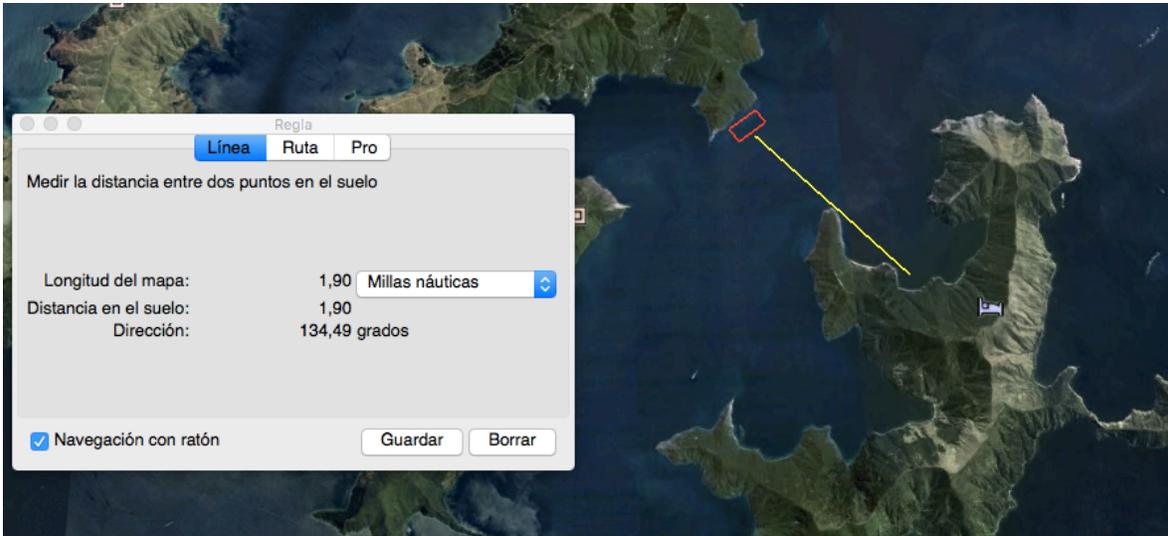
a.- En la Condición de Oleaje proveniente del **Sur Weste**, es posible determinar el fetch promedio y sus alturas de olas dependiendo de la velocidad del viento.



Calculo de Fetch Efectivo Condicion Sur Weste						
FETCH (Millas Nauticas)	Scale Beaufort					
3,18	4	6	8	10	11	12
Velocidad Viento (Kn)	16	27	41	54	62	72
velocidad Viento (km /h)	29	50	76	101	115	133
Velocidad Viento (m/s)	8	14	21	28	32	37
Hs Altura Ola Significativa (m)	0,314	0,549	0,824	1,098	1,255	1,451
Periodo de Ola (s)	2,25	2,72	3,11	3,42	3,58	3,75
Longitud de Ola (m)	7,93	11,51	15,08	18,27	19,97	22,00
Frecuencia de Ola	2,79	2,31	2,02	1,84	1,76	1,67

La altura de ola significativa para efectos de calculo con una velocidad de viento de 101 km/h es de 1.098 metros lo que equivaldría a una ola máxima entre 1.97 y 2.19 metros de altura.

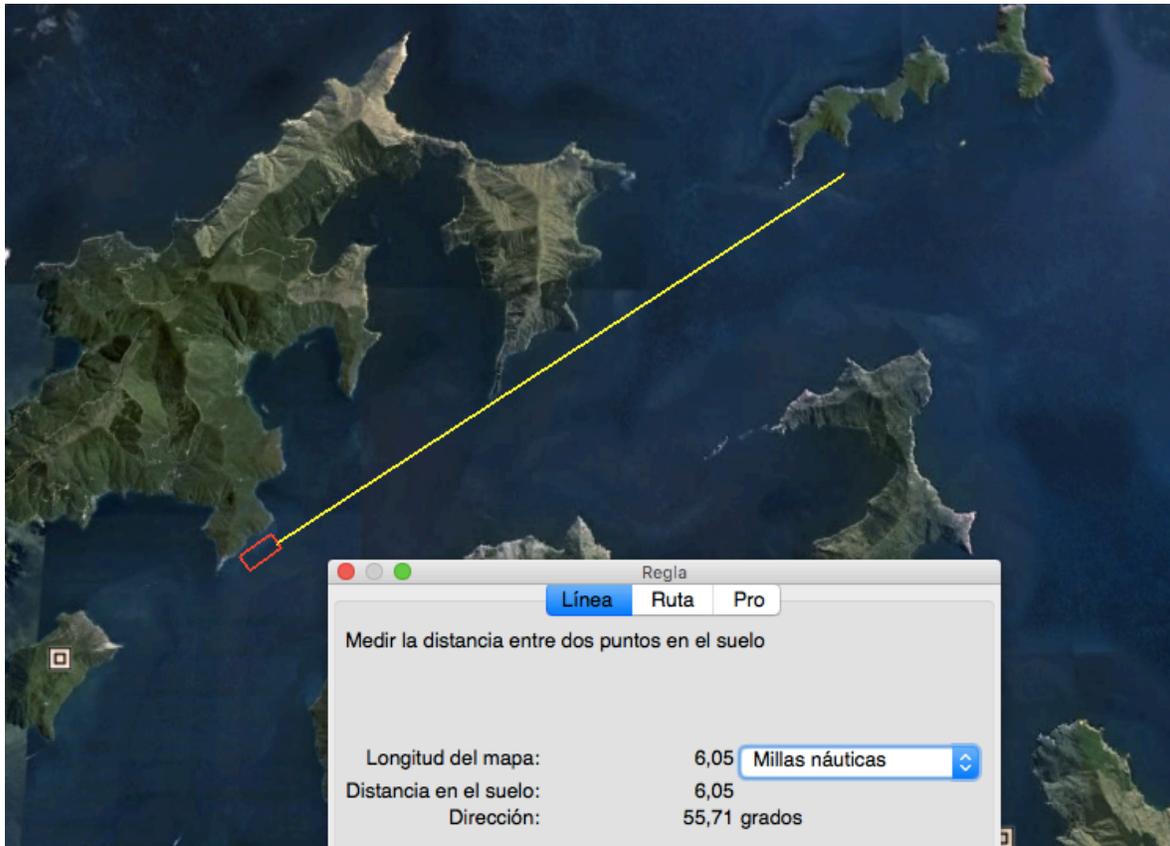
b- En la Condición de Oleaje proveniente del **Sur Este**, es posible determinar el fetch promedio y sus alturas de olas dependiendo de la velocidad del viento.



Calculo de Fetch Efectivo Condicion Sur Este						
FETCH (Millas Nauticas)	Scale Beaufort					
1,99	4	6	8	10	11	12
Velocidad Viento (Kn)	16	27	41	54	62	72
velocidad Viento (km /h)	29	50	76	101	115	133
Velocidad Viento (m/s)	8	14	21	28	32	37
Altura Ola Significativa (m)	0,248	0,434	0,651	0,868	0,992	1,148
Periodo de Ola (s)	1,93	2,32	2,66	2,93	3,06	3,21
Longitud de Ola (m)	5,79	8,42	11,03	13,36	14,60	16,09
Frecuencia de Ola	3,26	2,71	2,36	2,15	2,05	1,96

La altura de ola significativa para efectos de calculo con una velocidad de viento de 76 km/h es de 0,65 metros lo que equivaldría a una ola máxima entre 1.17 y 1.3 metros de altura.

c.- En la Condición de Oleaje proveniente del **Nor Este**, es posible determinar el fetch promedio y sus alturas de olas dependiendo de la velocidad del viento.



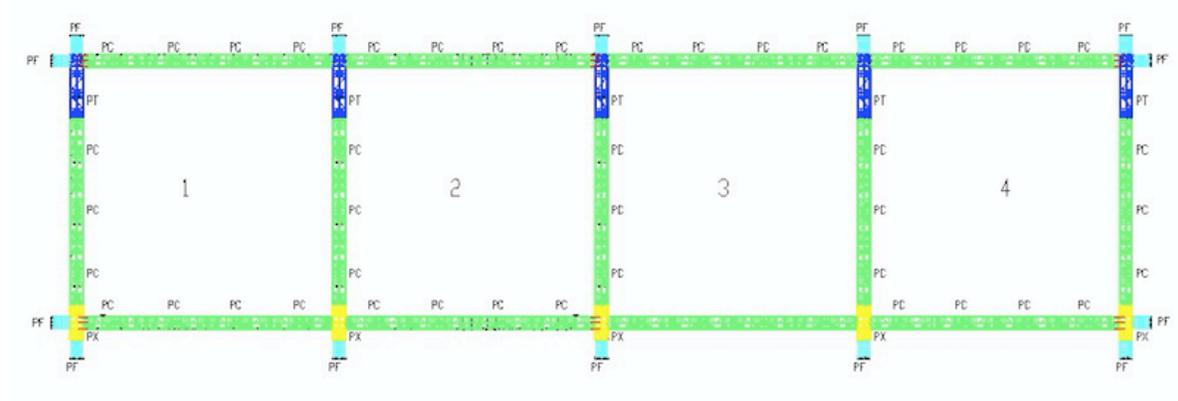
Calculo de Fetch Efectivo Condicion Nor Este						
FETCH (Millas Nauticas)	Scale Beaufort					
6,05	4	6	8	10	11	12
Velocidad Viento (Kn)	16	27	41	54	62	72
velocidad Viento (km /h)	29	50	76	101	115	133
Velocidad Viento (m/s)	8	14	21	28	32	37
Altura Ola Significativa (m)	0,433	0,758	1,137	1,516	1,732	2,003
Periodo de Ola (s)	2,79	3,37	3,85	4,24	4,43	4,65
Longitud de Ola (m)	12,18	17,68	23,17	28,07	30,68	33,80
Frecuencia de Ola	2,25	1,87	1,63	1,48	1,42	1,35

La altura de ola significativa para efectos de calculo con una velocidad de viento de 76 km/h es de 1.13 metros lo que equivaldría a una ola máxima entre 2.03 y 2.26 metros de altura.

3.1.4.-Jaulas, Redes y Fouling

3.1.4.1.- Jaulas

El presente estudio se desarrolló considerando 04 modelos de jaula AKVA de 40x40m con pasillos de 2m, tal como se ilustra a continuación



3.1.4.2.- Redes Peceras y lobera

Para este análisis en particular y en base a la información entregada se consideraron para estas jaulas de 40x40m las siguientes características de redes

Red Pecera

Tamaño de malla : 70mm
 Profundidad : 17m

Red Lobera

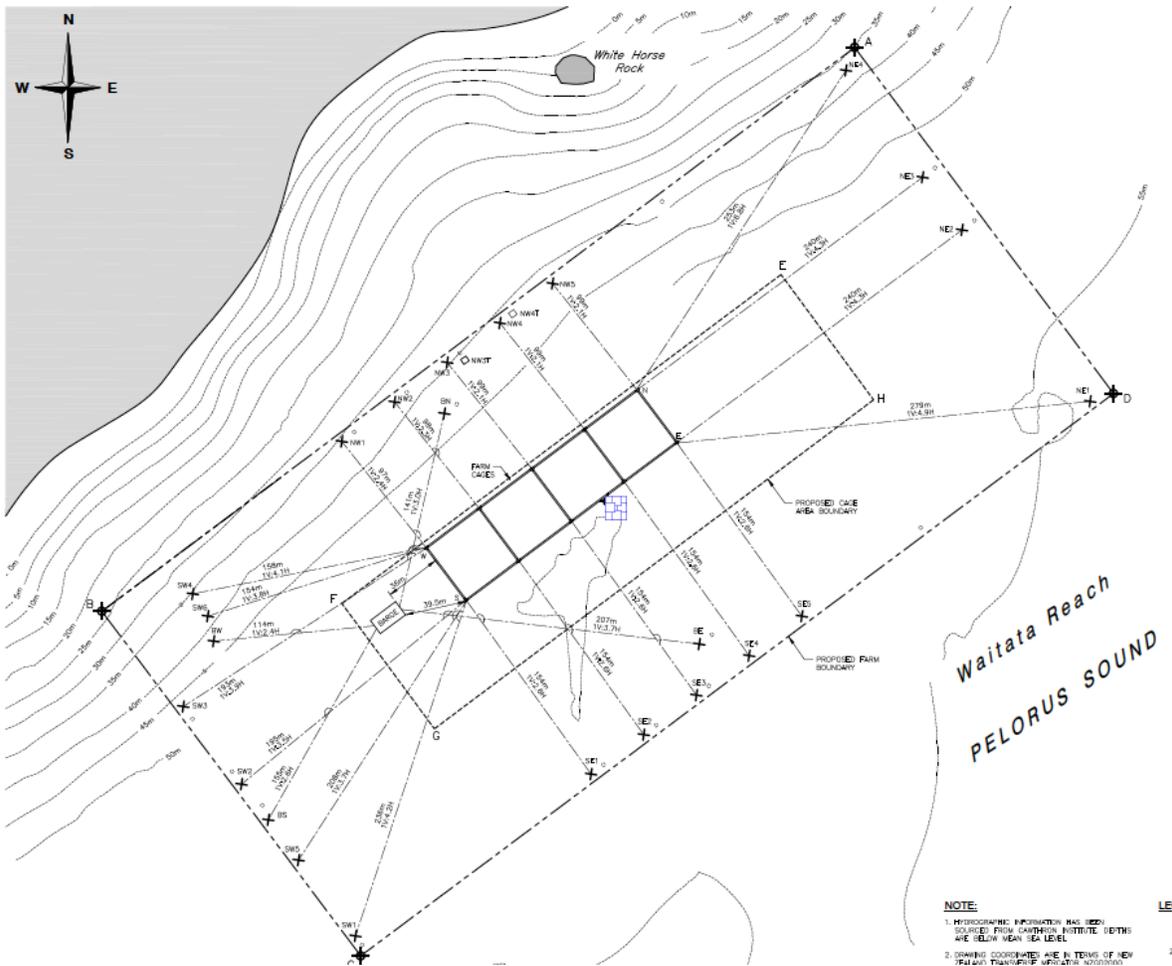
Tamaño de malla : 200mm
 Profundidad : 25m

3.1.4.3.- Fouling

Para las redes de Nylon, tanto peceras como loberas se ha considerado un fouling de un 50% de su área.

3.1.4.- Esquema de FONDEO en la actualidad

Se proporciona un plano de arreglo general desarrollado por la empresa Ocel's consultores NZ Ltda, donde se indican la posición GSP donde fueron instalados los fondeos con el sistema screw anchor que consiste básicamente en un perno giratorio enterrado en el fondo del mar y el posicionamiento de las jaulas en la concesión marítima y de fondeo, y el sistema seaflex de fondeo elástico, tal como se ilustra a continuación



4.- Factores de Seguridad de Materiales Ns9415 V.2009

De la referencia NS9415, la relación entre tensión máxima y resistencia del material se da utilizando los parámetros de las siguientes tablas:

Tabla 4 Factores para líneas de Fondeo (pag.30 Ns9415)

Tipo de Análisis	Factor de Carga
Estático	1.6
Cuasi Estático	1.15x DAF
Dinámico	1.15
Límite de Accidente (fondeo cortado)	1.0
Hundimiento piso	1.0

Tabla 13 Factores de Materiales de las Líneas de Fondeo (pag. 70 Ns9415)

Tipo	Factor del Material
Cabo Sintético	3.0
Cabo Sintético con nudo	5.0
Cadena y sus componentes	2.0
Cadena Usada	5.0
Anillos, platos y discos de distribución	1.5
Grilletes	2.0
Pernos a Roca	3.0

En base a estos antecedentes, se ha calculado las tensiones para las siguientes dos condiciones del sistema y con sus respectivos factores de seguridad en base a este análisis dinámico, los que deben ser mayores que:

Tipo	Sist. Intacto	Sist. Cortado
Cabo Sintético	3.45	2.0
Cadena y sus componentes	2.3	1.33
Anillos, platos y discos de distribución	1.725	1.33
Grilletes	2.3	1.33
Pernos a Roca	3.45	2.0
Anclas	1.15	1.0
*Muertos	2.3	1.0

*La Norma Noruega Ns9415 versión 2009 estima en su punto 11.3.6.4 que los muertos de concreto deben estar dimensionado para el doble de la carga de la línea de fondeo. Sin embargo en Noruega no se utiliza muertos de concreto para el diseño de fondeos y se ha solicitado su revisión para tener un factor de 1.15 al igual que las anclas, debido a que es imposible de cumplir en la práctica este requerimiento y no existen motivos que sustenten el factor de 2.3

5 Respecto a las cargas de Diseño y Condiciones Climáticas

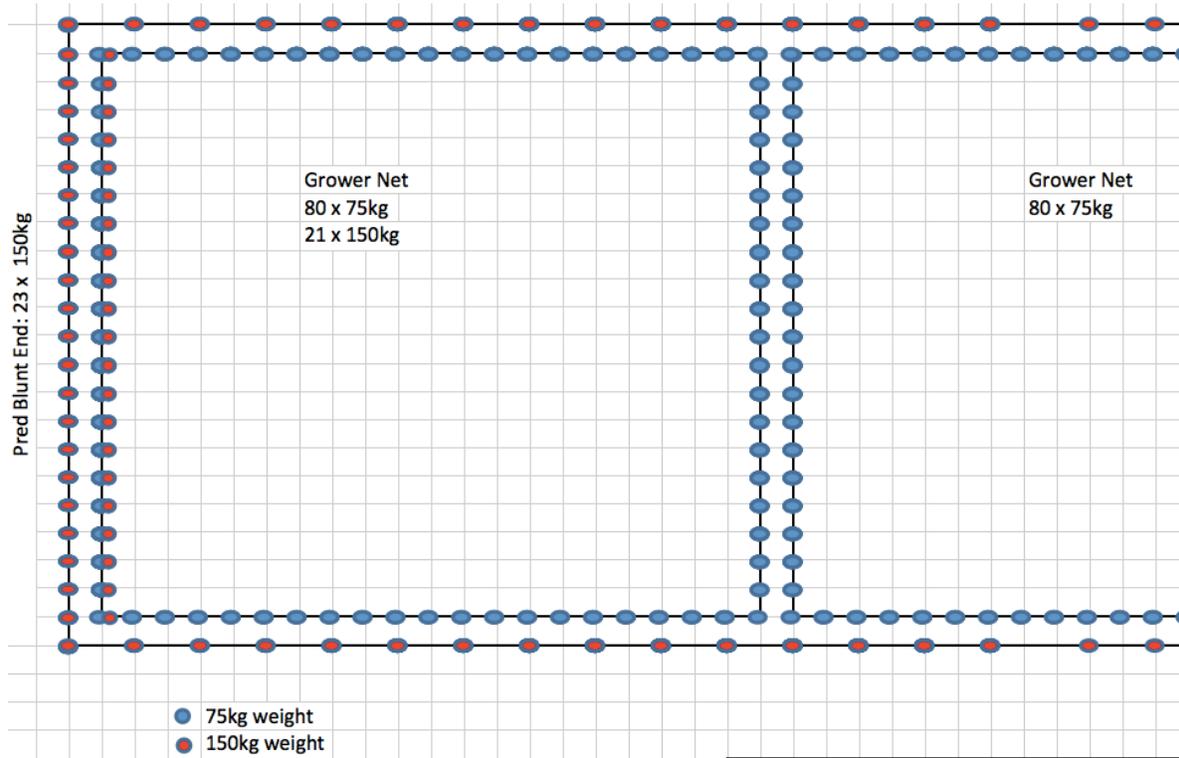
Para el presente estudio, se han considerado 04 condiciones climáticas que pueden afectar al set de jaulas propuesto, estas condiciones tienen las siguientes características registradas de velocidades de corriente (según gráficos del estudio de Corrientes) y las siguientes condiciones de alturas de olas, según el método de **JONSWAP (Joint North Sea Wave Project)** que considera la altura de olas, de acuerdo al Fetch

Factor Akva (Estructura)	SW	NW	NE	SE
1,15	cabecera	costa	cabecera	medio
Altura de Ola Significativa (Hs)	1.098	0.24	1.13	0.65
Direccion de ataque (grados)	234	324	54	144
Periodo de la Ola (seg)	3.42	1.93	3.85	2.66
Vel. de Corriente max registrada (m/s)	1,05	0,15	1,05	0,15
Vel. de Corriente de calculo (m/s)	1,21	0,17	1,21	0,17
Vel. de Corriente de calculo (nudos)	2,35	0,34	2,35	0,34
direccion de ataque (grados)	234	324	54	144
direccion de salida (grados)	54	144	234	324
velocidad del viento (km/h)	101	76	76	76

Factor NS9414 (Fondeos)	SW	NW	NE	SE
1,85	cabecera	costa	cabecera	medio
Altura de Ola Significativa (Hs)	1.098	0.24	1.13	0.65
Direccion de ataque (grados)	234	324	54	144
Periodo de la Ola (seg)	3.42	1.93	3.85	2.66
Vel. de Corriente max registrada (m/s)	1,05	0,15	1,05	0,15
Vel. de Corriente de calculo (m/s)	1,94	0,28	1,94	0,28
Vel. de Corriente de calculo (nudos)	3,78	0,54	3,78	0,54
direccion de ataque (grados)	234	324	54	144
direccion de salida (grados)	54	144	234	324
velocidad del viento (km/h)	101	76	76	76

6.- Memoria de Calculo (Situación Actual)

Se realiza el análisis de la estructura de la jaula y sistema de fondeo tal como esta instalado actualmente en el sector de bahía Waitata, considerando la velocidad registrada en el estudio de corrientes de 2.04 nudos y con los contrapesos en las redes loberas y peceras señalados a continuación



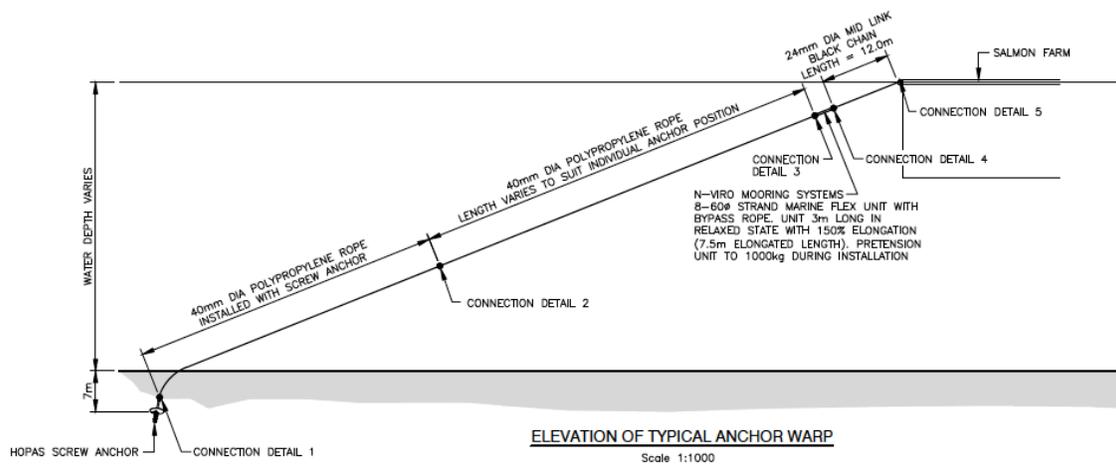
6.1 Condición Ambiental Sur Weste (Situación del siniestro)

A continuación se describen las condiciones ambientales consideradas para el cálculo de la condición Sur Weste, que afecta la cabecera del modulo.

Condiciones Ambientales	Magnitud	Dirección Proveniente
Altura de Ola (Hs)	1.098 m	Desde SW (234°)
Periodo Ola	3.42 s	
Vel. Viento	101 km/h	Desde SW (234°)
Vel. corriente maxima registrada	1.055 m/s	Desde SW (234°)
Vel. corriente de calculo	1.21 m/s (2.35 nudos)	Desde SW (234°)

6.1.1.- Elementos de la Línea de Fondeo de Cabeceras

Tal como se puede apreciar en la siguiente imagen, las líneas de fondeo de cabecera sur están compuestas por pernos screw anchor, cabo de 40mm, grilletes de 8.5 ton, cadena de 24mm U2 conectada a la jaula.



6.1.2.- Esfuerzos estructurales en los elementos de las jaulas

Para determinar la tensión y el criterio de fallo elástico que sufre un material, en este caso el acero, cuando la energía de distorsión elástica rebasa cierto valor se utiliza el esfuerzo de Von Mises.

En este caso, el acero tiene su punto de fluencia (limite de elasticidad del elemento que pasa a un comportamiento plástico) entre los 170 y 260 Mpa (N/mm²), dependiendo de las calidades del acero. Es así como el acero utilizado en la construcción de las jaulas tiene un limite elástico a los 250 Mpa y de rotura sobre los 410 Mpa. Este dato del limite elástico es de suma importancia para el diseño, ya que el rebasar este valor conduciría a una deformación plástica, con pérdida de tolerancia y otros problemas.

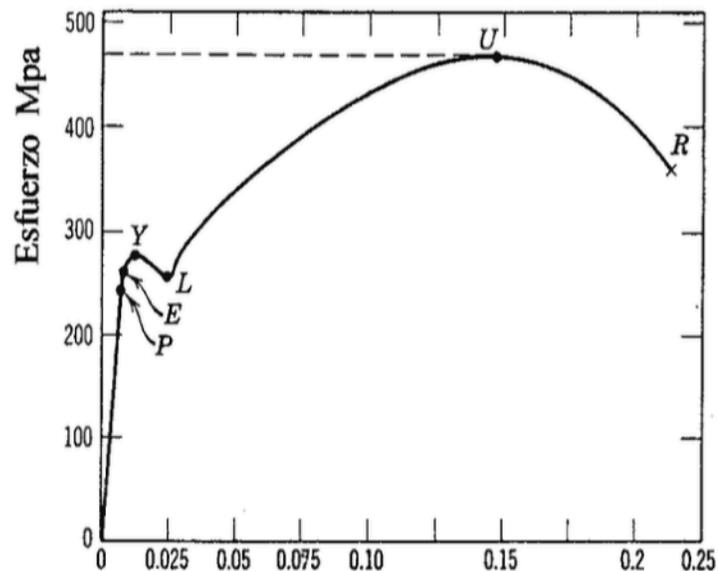
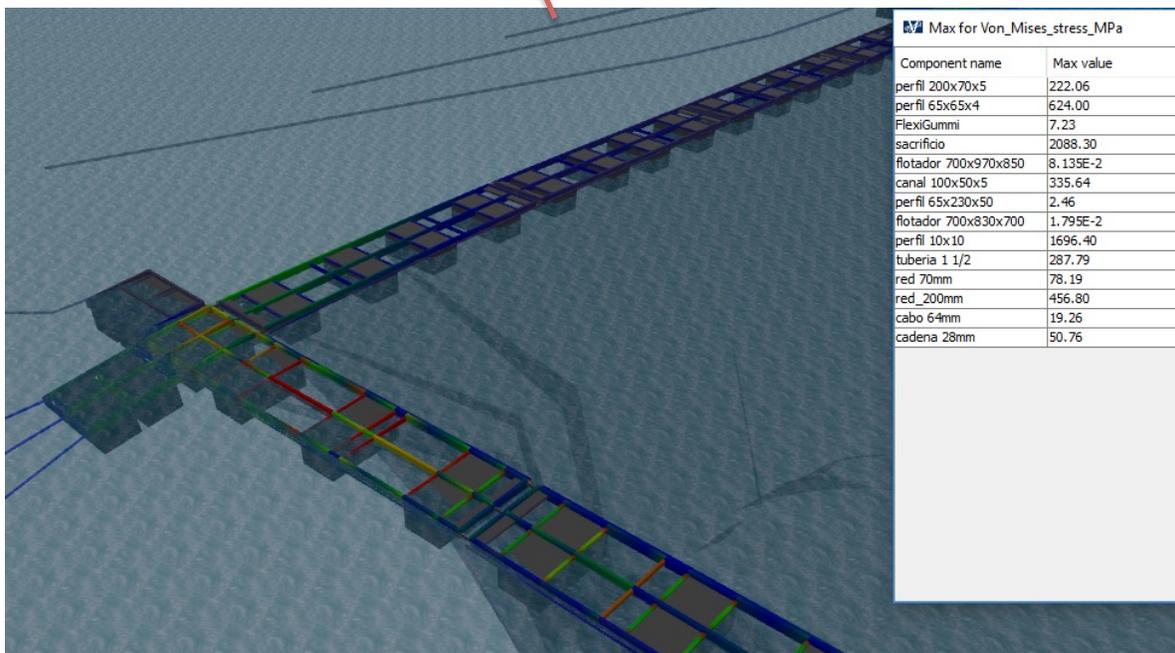
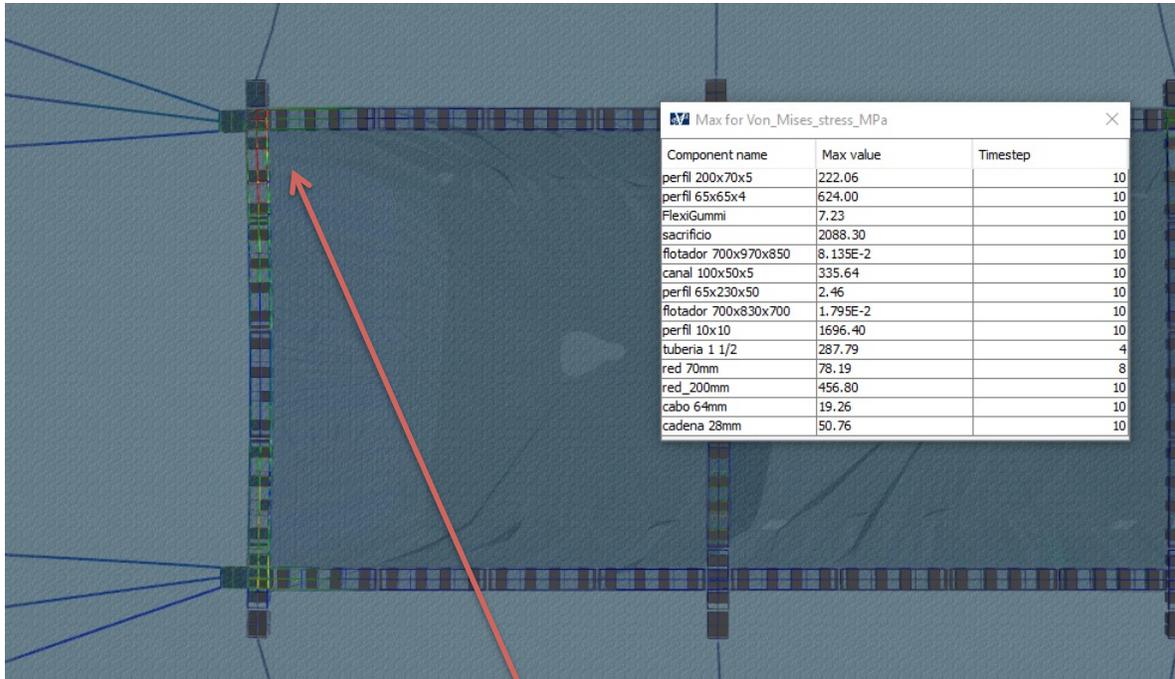


Diagrama de esfuerzo del acero en bajo contenido de carbono donde P es el limite de proporcionalidad, E limite elástico, Y punto de Fluencia superior, L punto de Fluencia Inferior, U Resistencia máxima y R resistencia a la fractura o rotura.

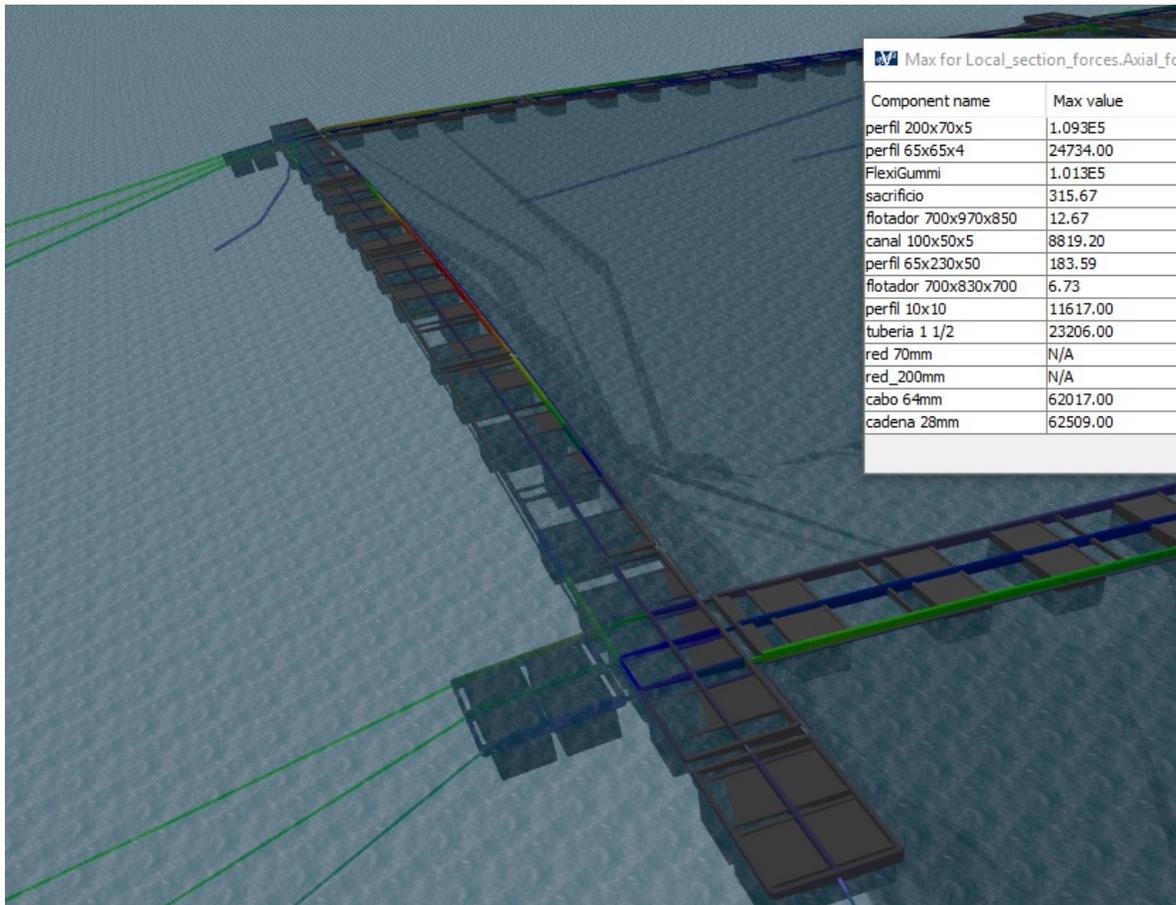
En la siguiente imagen es posible ver los esfuerzos de Von Mises sobre el acero, de las jaulas utilizando las condiciones ambientales, esquemas de fondeo y contrapesos mencionados anteriormente.



Como se puede apreciar en la imagen, los esfuerzos de color rojo son elementos que sobrepasan el limite de elasticidad o punto de fluencia del material, que se encuentran en:

Perfil 200x70x5 = 222 Mpa
 Perfil 65x65x4 = 624 Mpa
 Canal 100x50x5 = 335 Mpa
 Por mencionar solo algunos.

Así también, es posible apreciar un esfuerzo a la tracción de 11.11 ton en el perfil interno del pasillo central (tubular 200x70x5) y 10.32 ton en el pasador externo del mismo pasillo, . A su vez, es posible ver el pasillo semi sumergido hacia el lado exterior y el pasillo corto de fondeo completamente sumergido.



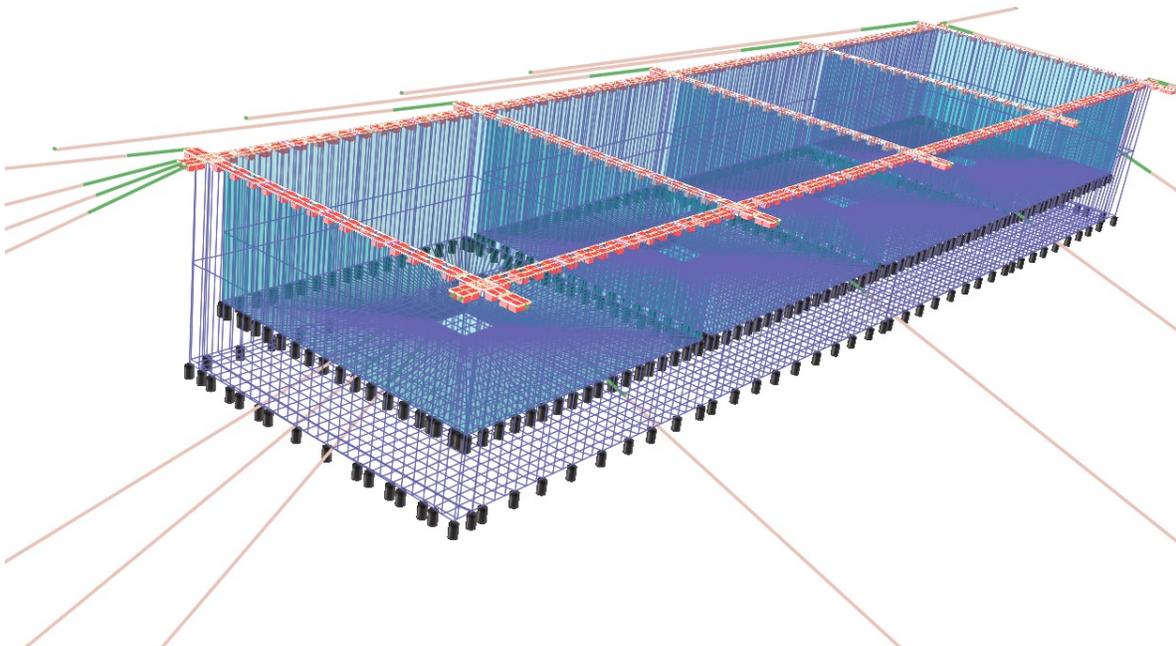
6.2.- Propuesta de Mejoramiento de Esfuerzos Estructurales (preliminar para la marea del 08 de Mayo)

A raíz del análisis anterior se recomienda implementar las siguientes 02 medidas de mitigación de esfuerzos en los componentes de las jaulas

a.- Disminuir la cantidad de contrapesos existentes en la red lobera y pecera.

Red pecera con contrapesos de 75 kgr

Red lobera con contrapesos de 150 kgr

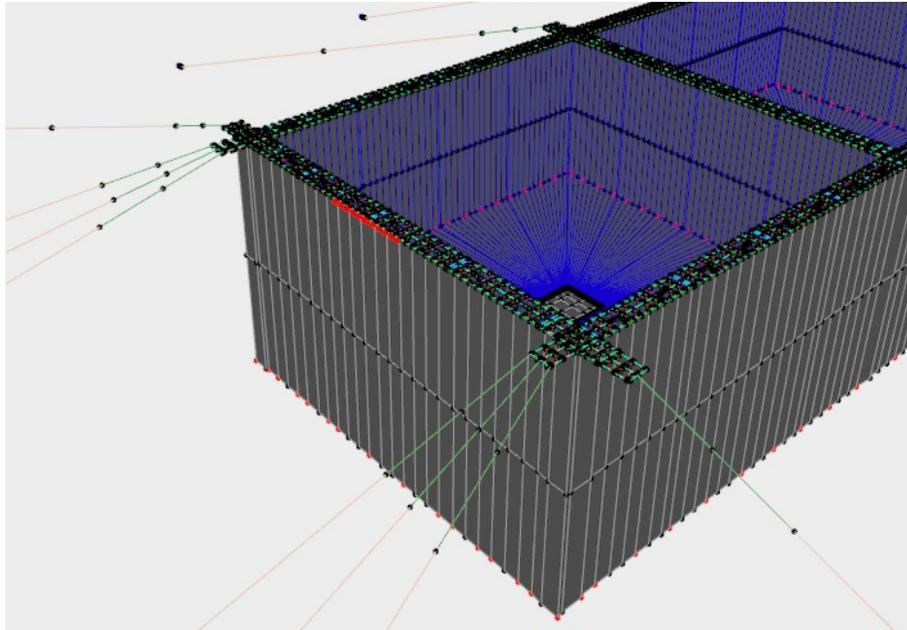


b.- **Instalar boyas de cultivo de choritos en el pasillo de cabeceras.**

La instalación PROVISORIA de boyas de cultivo de choritos es una manera rápida y efectiva de aumentar la flotabilidad de los pasillos de cabeceras sin colocar en riesgo la estructura de la jaula y sus componente.

Estas boyas pueden ser instaladas en el lado exterior del pasillo central.

Para las siguientes modelaciones se han considerado 12 boyas de 350 litros cada una amarradas al pasillo central de cabecera, tal como se ilustra en la siguiente imagen.



6.3.- Condición Ambiental Sur Weste (preliminar)

Considerando las dos mejoras antes señaladas (reducir los contrapesos e instalar boyas de choritos en el pasillo de la jaula de cabecera) y a solicitud del cliente se realizarán 03 análisis de en la cabecera Sur Weste considerando los siguientes parámetros ambientales.

Peticion del Cliente	SW	SW	SW
condicion	1	2	3
Altura de Ola Significativa (Hs)	1.516	1.516	1.516
Altura de Ola Maxima (Hmax)	3.0	3.0	3.0
Direccion de ataque (grados)	234	234	234
Periodo de la Ola (seg)	4.2	4.2	4.2
Vel. de Corriente max registrada (m/s)	1,05	1,05	1,05
Vel. de Corriente de calculo (m/s)	1.02	1.28	1.54
Vel. de Corriente de calculo (nudos)	2,00	2.5	3,00
direccion de ataque (grados)	234	234	234
direccion de salida (grados)	54	54	54
velocidad del viento (km/h)	101	101	101

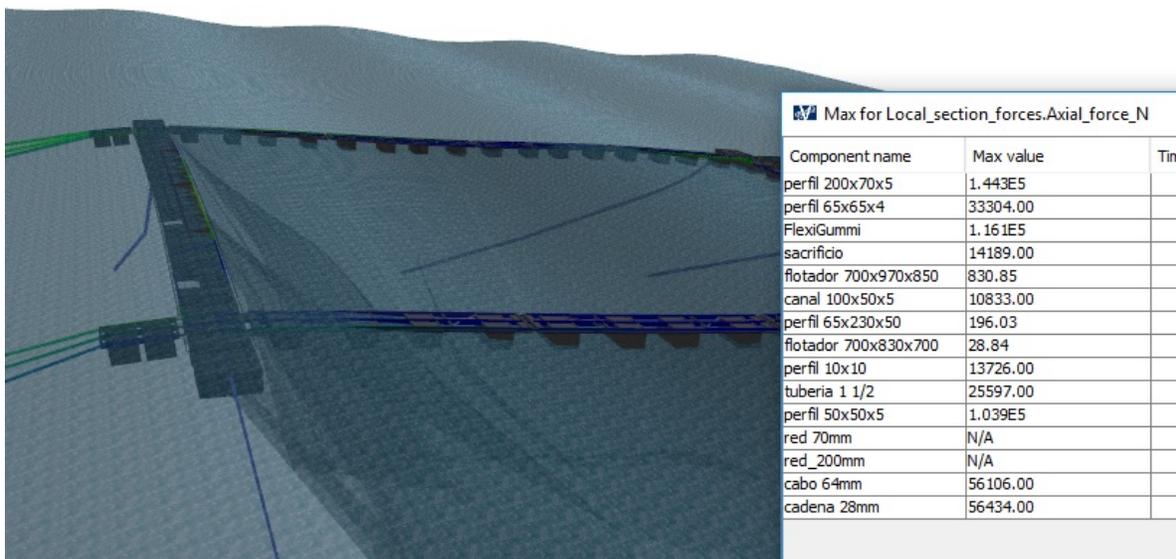
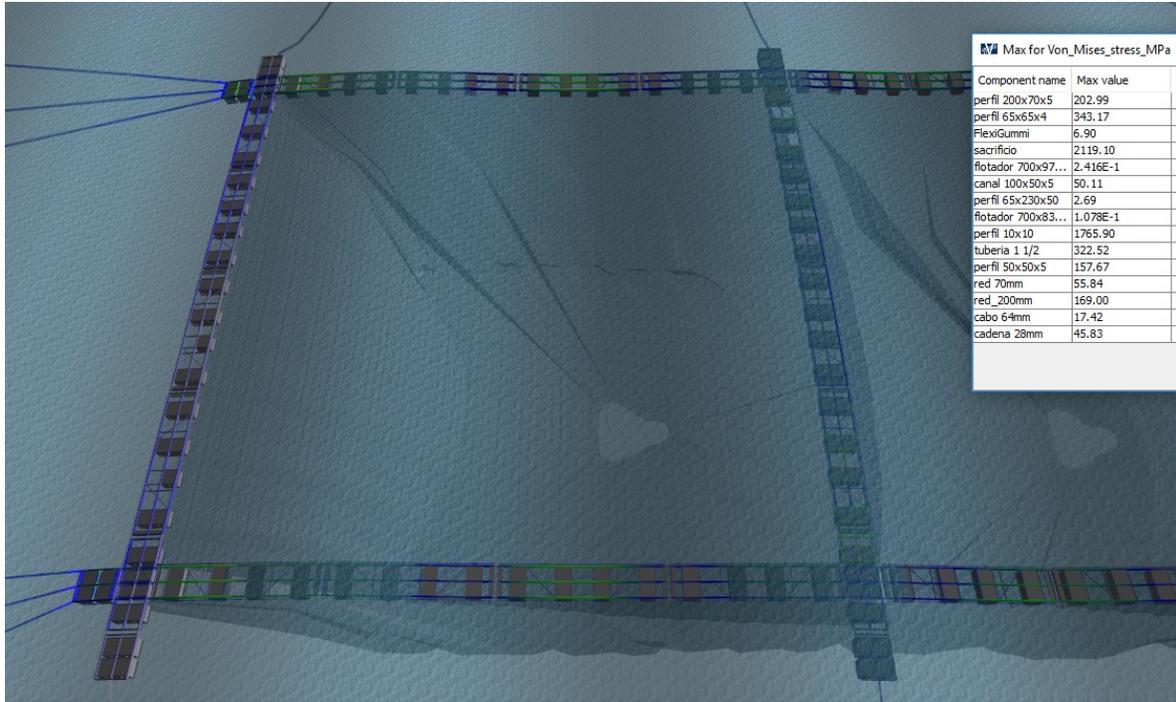
6.3.1.- Elementos de la Línea de Fondeo de Cabeceras

Para estas 03 modelaciones se utilizan los elementos de fondeo ya instalados; pernos screw anchor, cabo de 40mm, grilletes de 8.5 ton, cadena de 24mm U2 conectada a la jaula en la distribución entrega en plano de fondeo realizado por la empresa Ocel.

6.3.1.1.- Resultados con 2 nudos de corriente

Con esta velocidad de corriente tenemos 200 MPa en la tubería principal 200x70x5 y en una parte (producto de la ola) 343 Mpa en un perfil de 65x65x4. Por lo que la estructura de la jaula con boyas de cultivos de choritos en la cabecera .

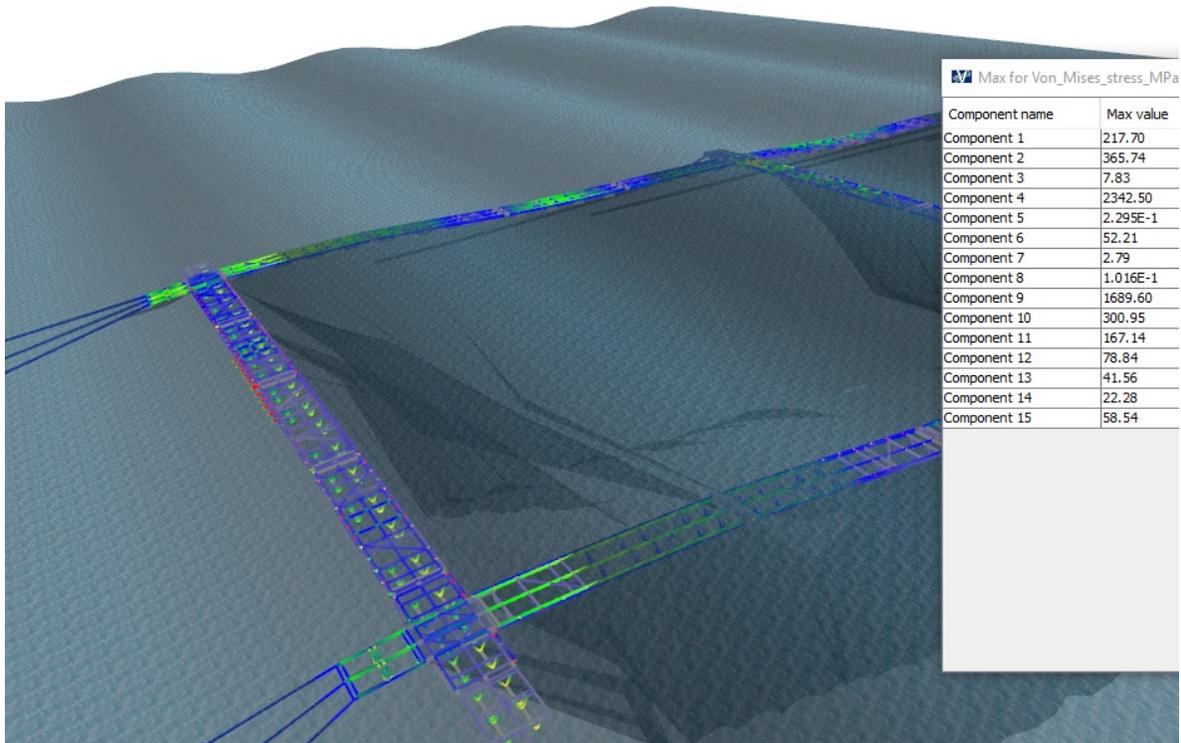
Con respecto a la fuerza de tracción tenemos en el perfil de 200x705 una carga de 14.67 ton



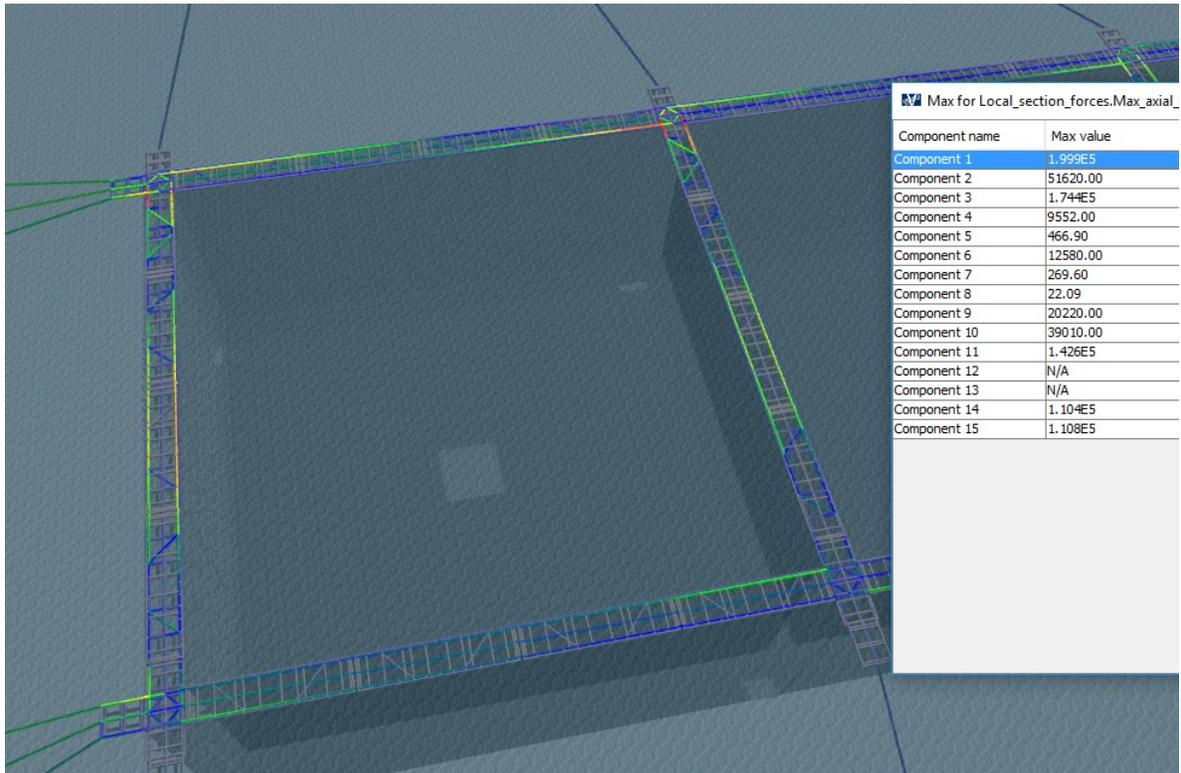
6.3.1.2.- Resultados con 2.5 nudos de corriente

Aplicando 2.5 nudos de velocidad de corriente, tenemos una carga de von mises de 217.70 Mpa en el tubular 200x70x5 y 365.74 en el perfil 65x65x4, respecto a la fuerza de tracción esta llega a 20.28 ton en el tubular 200x70x5 y 17.73 en el pasador interno del pasillo central.

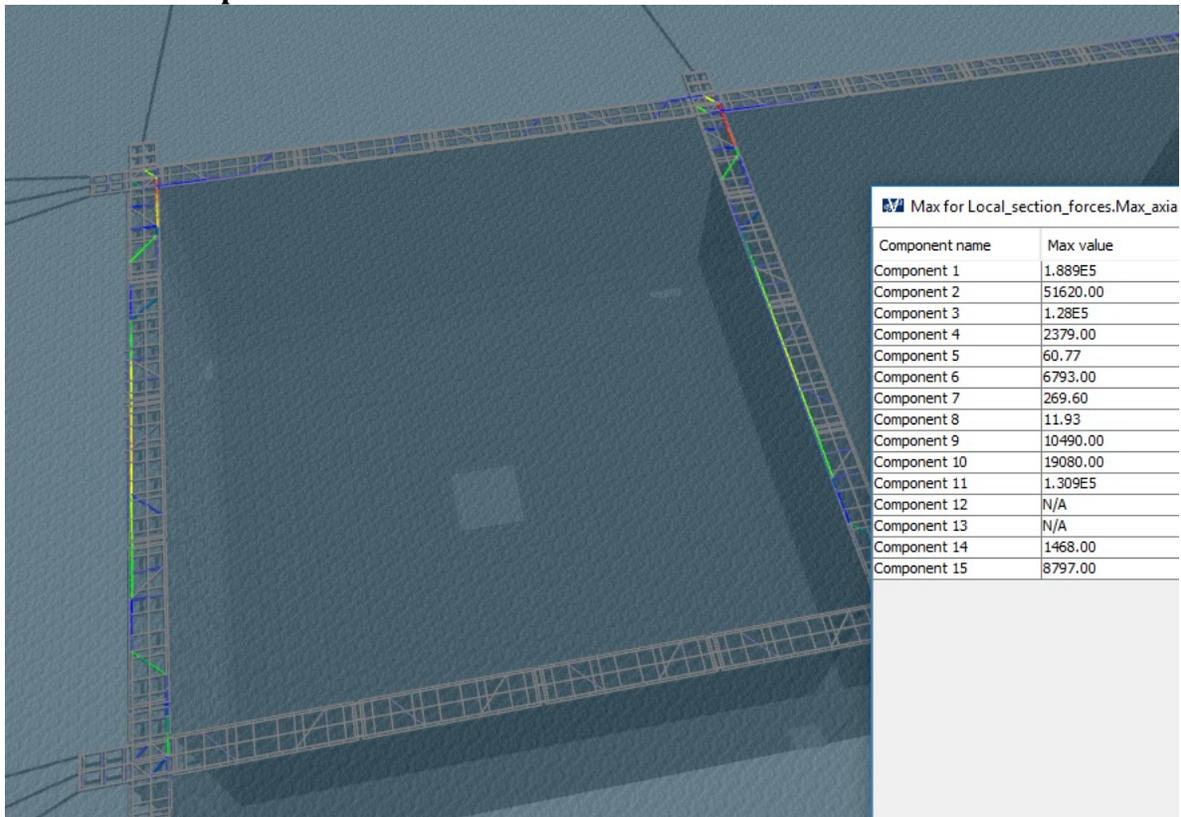
Por otra parte tenemos una fuerza de compresión de 19.25 en el tubular 200x70x5 y 13.04 ton en el pasador



Fuerza de Tracción



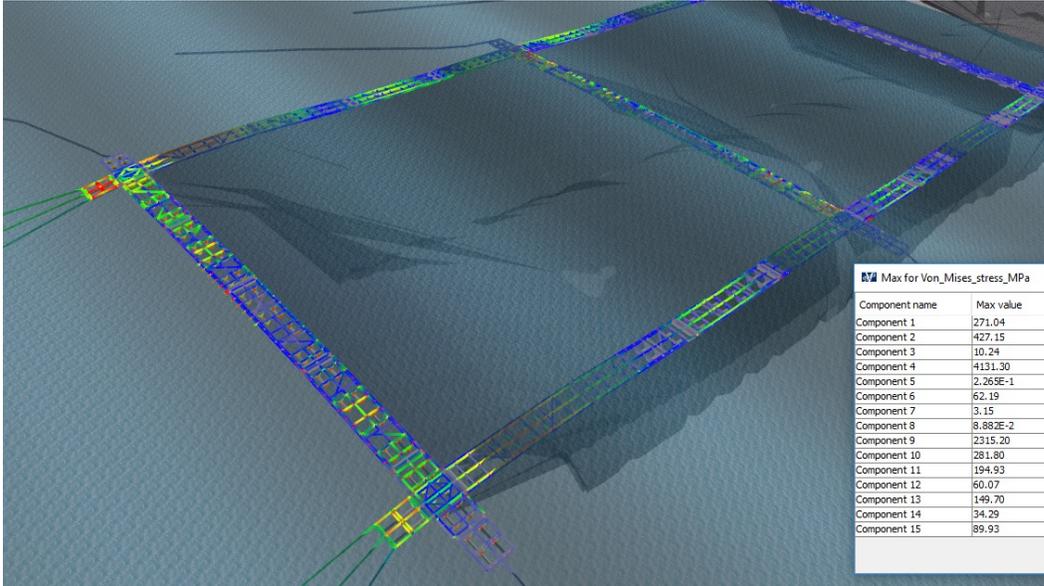
Fuerza de Compresión



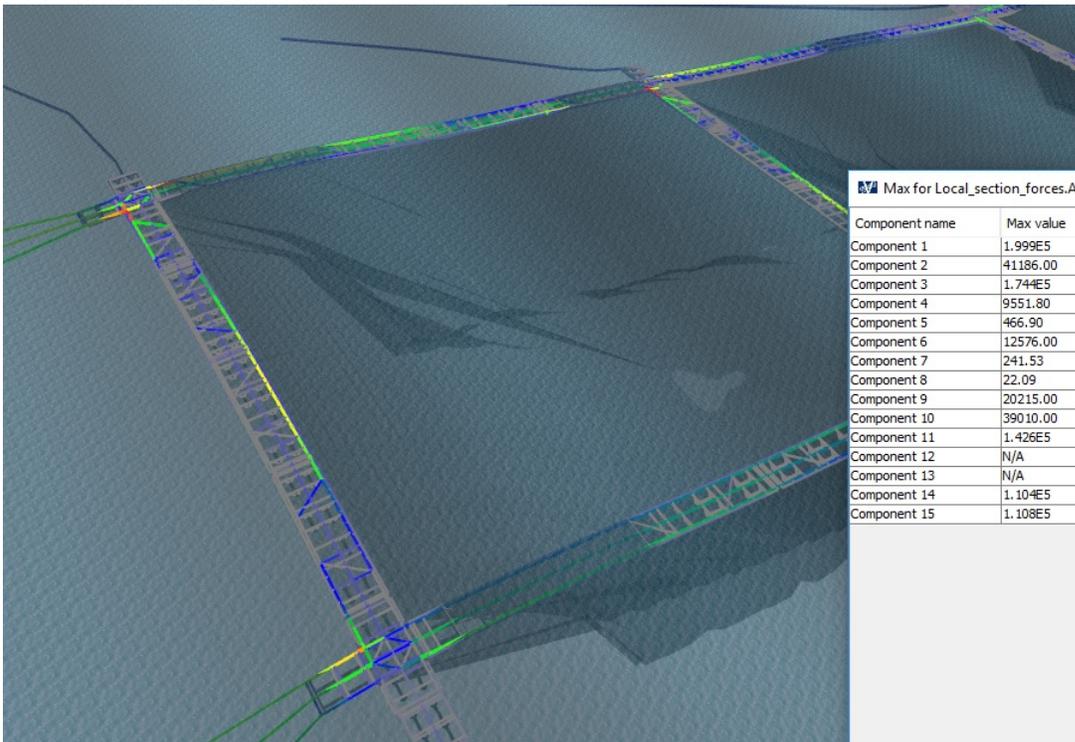
6.3.1.3.- Resultados con 3 nudos de corriente

Asumiendo una velocidad de 3 nudos, tenemos una fuerza de von mises de 271 mpa en el tubular 200x7x5 y de 427 en el perfil de 65x65x4

Además la fuerza de tracción máxima en el tubular 200x70x5 es de 20.28 ton y en el pasador de 17.77 ton

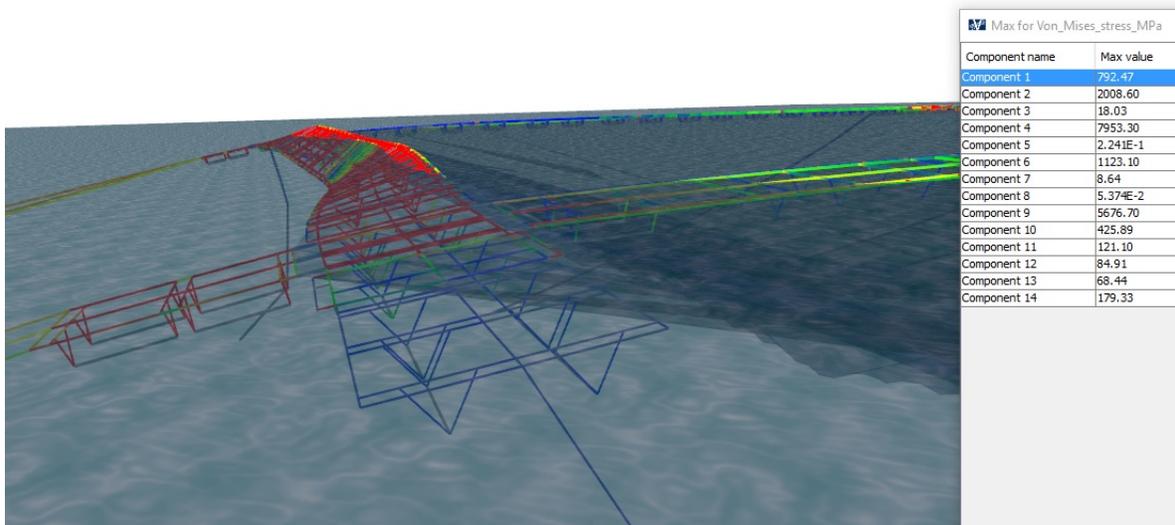
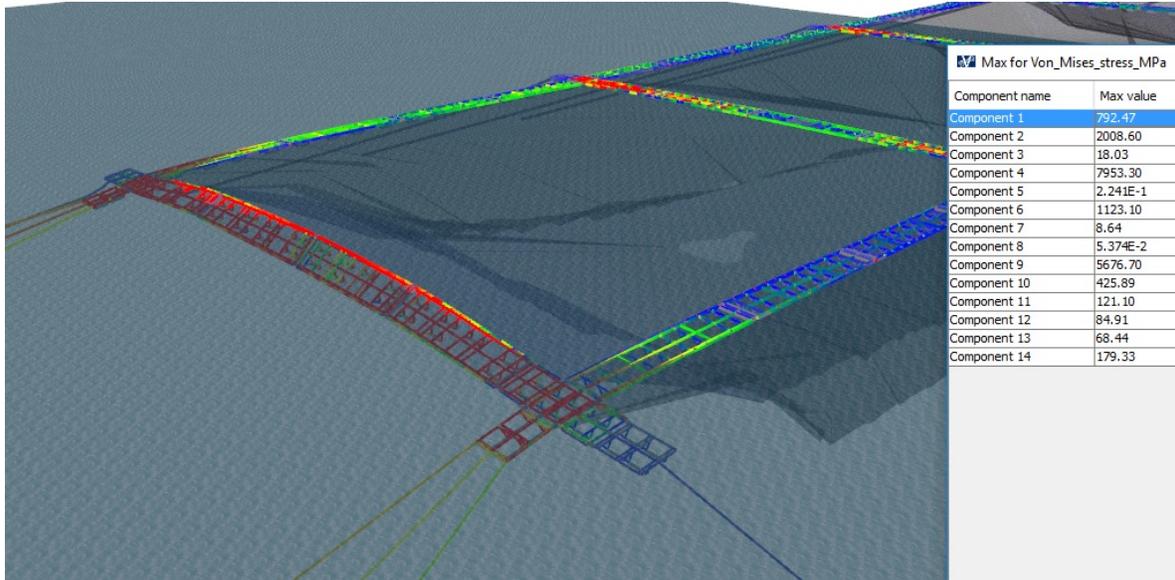


Fuerza de Tracción



Un breve análisis de esta condición (3 nudos) sin boyas de choritos en el pasillo de cabecera, demuestra que los esfuerzos de Von mises son de 792 mpa en el tubular 200x70x5.

Se observa además que el pasillo se gira y hunde casi completamente



6.4.- Propuesta de FONDEO

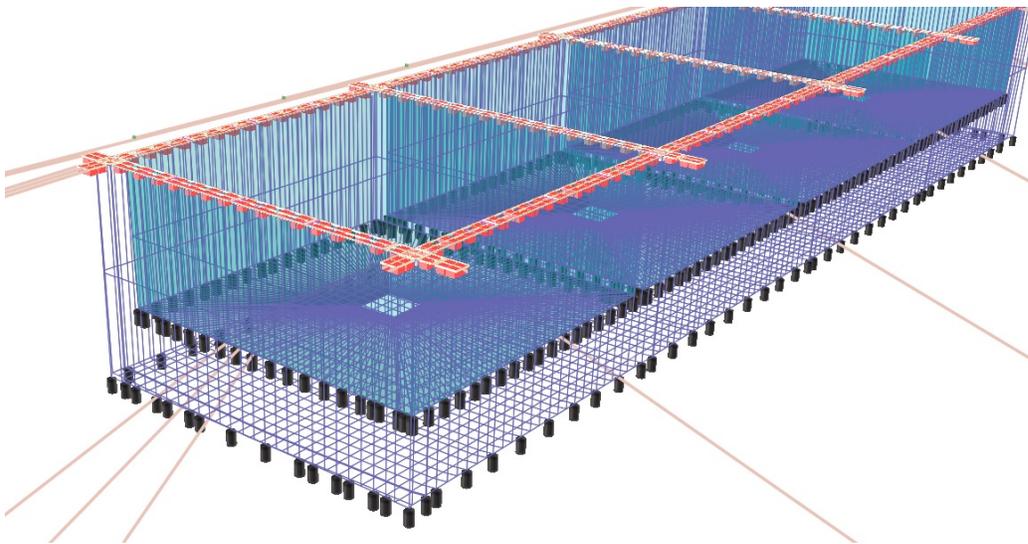
Como se ha demostrado en estos breves análisis, el tener boyas en las cabeceras minimiza los esfuerzos en los elementos de las jaulas; por ello se propone la instalación de un fondeo tradicional para estas jaulas, lo cual consiste en ancla o muerto que resista el esfuerzo del calculo (pudiendo ser screw anchor si cumple con los requerimientos), cadena 32mm, boya incompresible de 8 litros (para evitar roce del cabo con el fondo marino), cabo 64mm, boyas (3600 y 1500 litros) y cadena de 22mm en la unión jaula línea de fondeo.

Esto considerando además utilizar las siguientes medidas de mitigación de esfuerzos.

a.- Disminuir la cantidad de contrapesos existentes en la red lobera y pecera.

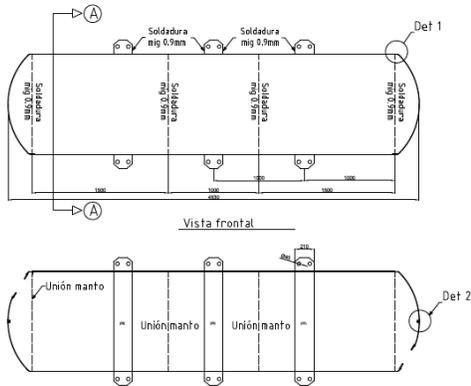
Red pecera con contrapesos de 75 kgr

Red lobera con contrapesos de 150 kgr



b.- Instalar boyas en las líneas de cabeceras.

Al colocar una boya metálica de 3600 litros galvanizadas en la cabecera de la jaula, podemos disminuir el esfuerzo vertical de las líneas de fondeo sobre ellas, distribuyendo esta fuerza en forma horizontal e impidiendo el hundimiento de los pasillos. Si la velocidad de corriente es elevada, se pueden instalar dos o tres boyas en línea para impedir el hundimiento de los pasillo



c.- Cambiar cadena de 24mm negra grado U2 en la línea de fondeo, que esta en la conexión cáncamo de fondeo de la jaula y línea de fondeo, por cadena de 22mm galvanizada de alta resistencia. Con ello disminuimos el peso en los pasillos y aumentamos la resistencia de rotura del elemento.

	Actual	Recomendada
característica	cadena 24mm negra U2	cadena 22mm galvanizada alta resist.
carga de rotura	45.76 ton	51.98 ton
peso x m	18 kgr	8.5 kgr
peso en 12m	216 kgr	102 kgr
peso pasillo cab.	648 kgr	306 kgr
conexión grillete	1" (8.5 ton)	1 1/8" (9.5 ton)