INGENIERÍA OCEÁNICA

UNIVERSIDAD DE VALPARAISO

UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO

ESCUELA INGENIERÍA CIVIL OCEANICA

“METODOLOGÍA DE ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINÁMICO PARA EL CÁLCULO DE SISTEMAS DE FONDEO EN BALSAS JAULAS DE 30X30 METROS. IMPLEMENTACIÓN EN ISLA TAHUENAHUEC, REGIÓN DE AYSÉN, CHILE”

ROMINA RIVERA LEMONAO

Abril, 2013

CONTENIDOS

- INTRODUCCIÓN
- OBJETIVOS
- ANÁLISIS SISTEMA DE FONDEO
- ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DE FUERZAS
- CALIDAD Y DIMENSIONAMIENTO ELEMENTOS DE FONDEO
- APLICACIÓN
- FACTIBILIDAD TÉCNICA – ECONÓMICA CASO APLICACIÓN
- CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

Desarrollar una metodología que permita analizar el comportamiento de las líneas de fondeo y dimensionar sus elementos, para balsas jaula de 30x30 [m], de acuerdo a una adecuada caracterización de las condiciones naturales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudio del comportamiento teórico de las líneas de fondeo, de forma manual y con el software AquaSim. Establecer los parámetros y condiciones bajo los cuales trabaja este software.
- Revisión bibliográfica de los procedimientos de análisis de condiciones naturales, para dimensionar sus esfuerzos.
- Análisis calidad materiales utilizados como elementos de fondeo en la instalación de centros de cultivo.
- Modelación numérica de un Módulo de 14 balsas jaula de 30x30 [m] con el software AquaSim.
- Comparar los costos Módulo de 16 balsas jaula de 25x25 [m] y

MARCO TEÓRICO

El propósito principal de una línea de fondeo es:

- Mantener la balsa-jaula en su sitio.
- Prevenir que la balsa-jaula sea sumergida ante las condiciones adversas de corrientes y olas.

Procedimientos de cálculo de sistemas de fondeo:

- ***Cuasi-estático***, tradicionalmente utilizado.
- ***Dinámico***, recientemente explorado.

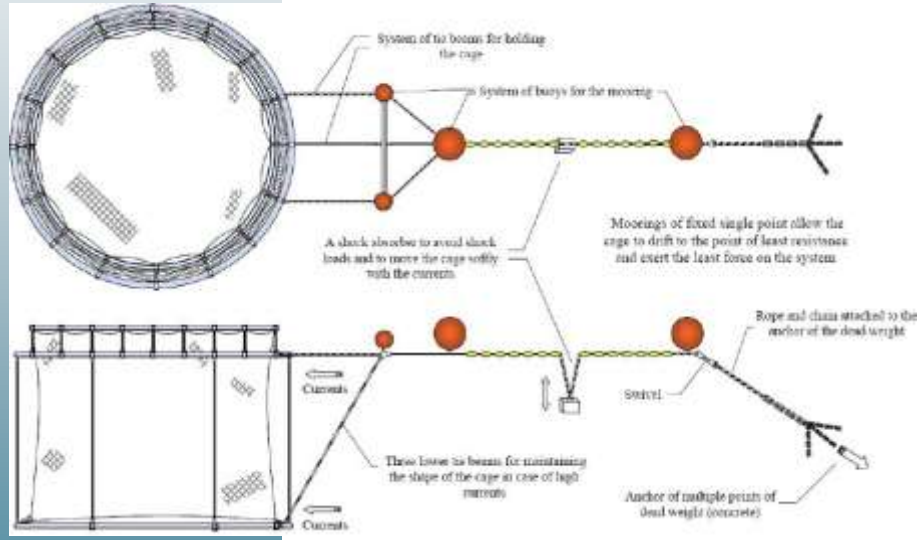
Prerrequisitos que deben tener las líneas de fondeo para desempeñarse como elementos estructurales de un sistema de amarra:

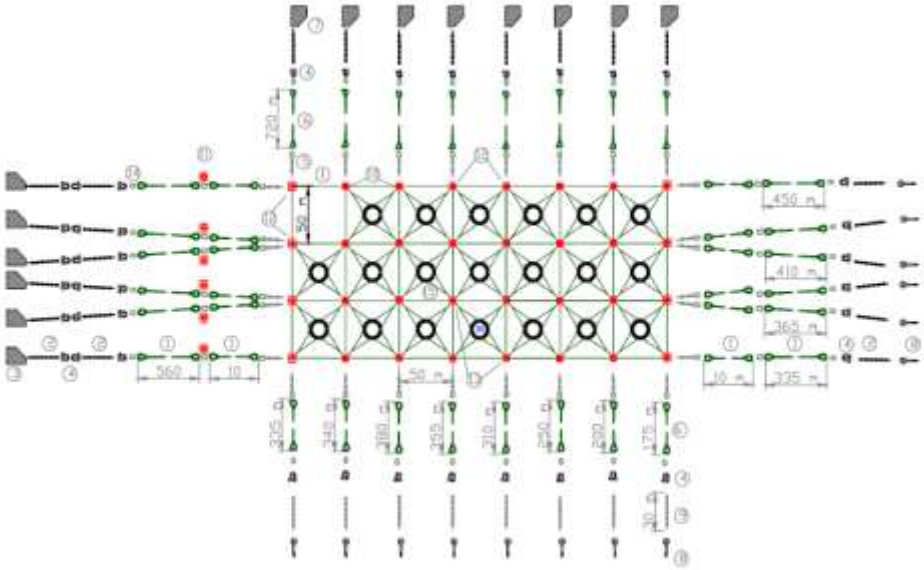
- ✓ Funcionar predecible y confiablemente en el ambiente marino corrosivo.
- ✓ Ser capaces de resistir las condiciones de cargas de fatiga.
- ✓ Redundancia del sistema.
- ✓ Diseñadas previniendo el efecto de la corrosión y su cambio.
- ✓ Fabricarse con los materiales disponibles a costos razonables.
- ✓ Minimizar su tamaño y peso.

CRITERIOS DE CONFIGURACIÓN

a) **Patrón de ataque omnidireccional:** el sistema de fondeo resiste cargas provenientes de cualquier dirección.

b) **Patrón de ataque unidireccional:** el sistema de fondeo resiste cargas fundamentalmente de una dirección característica. Esto implica conocer el patrón direccional de las cargas naturales, viento,





ANÁLISIS LÍNEA DE FONDEO

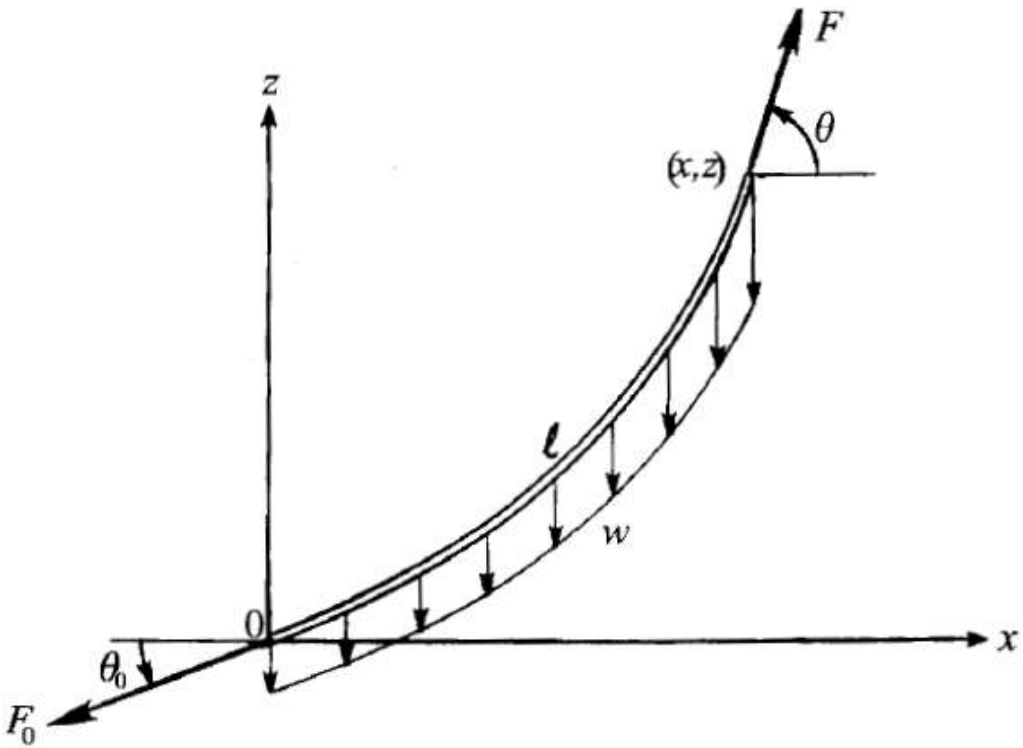
Se inicia con el estudio de la curva que describe una cadena suspendida en sus extremos, la cual se encuentra sometida sólo a los esfuerzos que se generan debido a su propio peso, haciéndose despreciables los efectos de las fuerzas de la corriente. Esta curva es conocida como *catenaria.*

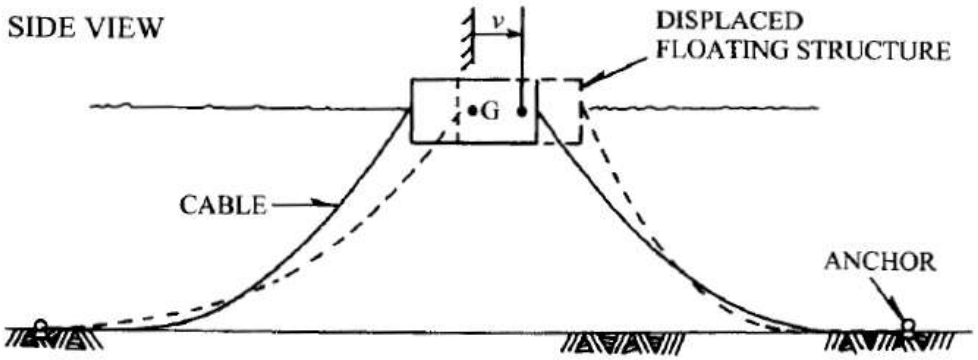
$$\frac{d^2z}{dx^2} = \frac{w}{F_x}\left[1+\left(\frac{dz}{dx}\right)^2\right]^{1/2}$$

$$l = \int_x \left[1+\left(\frac{dz}{dx}\right)^2\right]^{1/2}$$

$$z = \frac{F_x}{w}\cosh\left(\frac{wx}{F_x} + senh^{-1}\, tg\theta_0\right) - \frac{F_x}{w}\cosh senh^{-1}\, tg\theta_0$$

$$x = \frac{F_x}{w} senh^{-1}\left(\frac{wl}{F_x} + tg\theta_0\right) - \frac{F_x}{w} senh^{-1}\, tg\theta_0$$





$$l = \int_x \left[1 + \left(\frac{dz}{dx} \right)^2 \right]^{1/2}$$

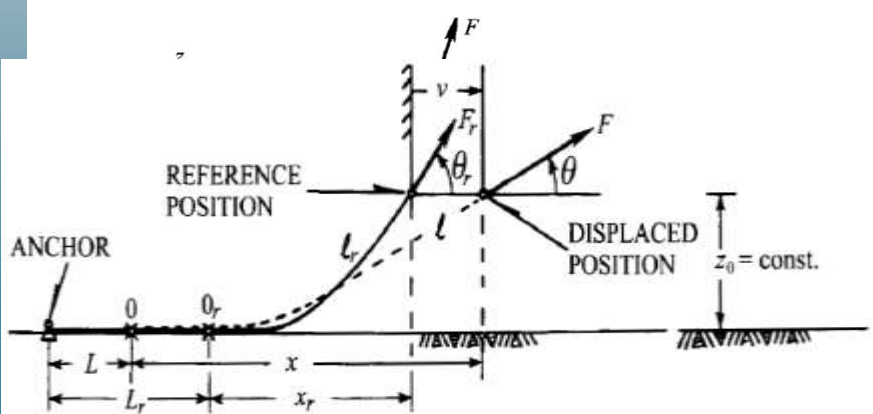
$$l = \frac{F_x}{w} \left[senh\left(\frac{x \cdot F_x}{w} + senh^{-1} tg\beta \right) - tg\beta \right]$$

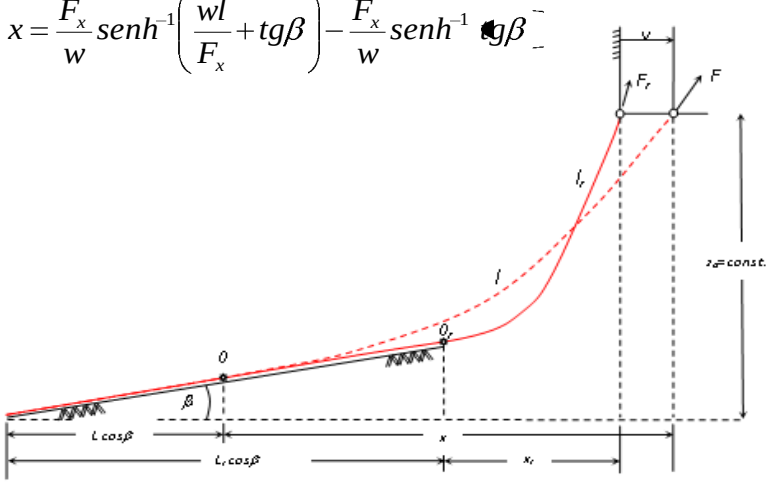
$$z = \frac{F_x}{w} cosh\left(\frac{wx}{F_x} + senh^{-1} tg\theta_0 \right) - \frac{F_x}{w} cosh\, senh^{-1} tg\theta_0$$

$$z = \frac{F_x}{w} cosh\left(\frac{wx}{F_x} + senh^{-1} tg\beta \right) - \frac{F_x}{w} cosh\, senh^{-1} tg\beta$$

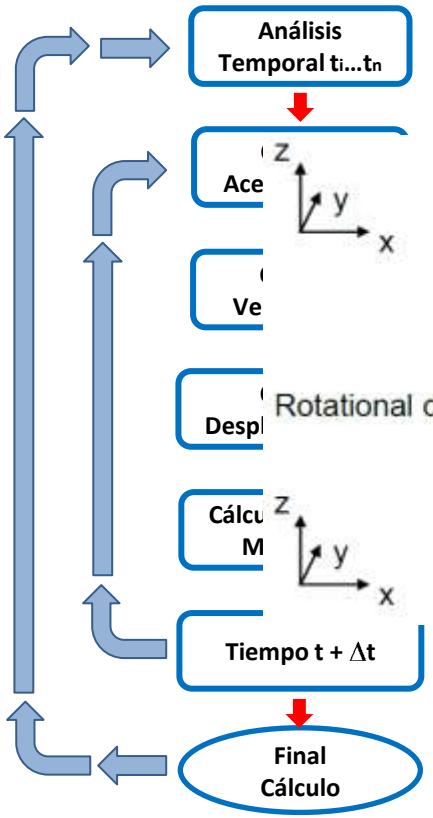
$$x = \frac{F_x}{w} senh^{-1}\left(\frac{wl}{F_x} + tg\theta_0 \right) - \frac{F_x}{w} senh^{-1} tg\theta_0$$

$$x = \frac{F_x}{w} senh^{-1}\left(\frac{wl}{F_x} + tg\beta \right) - \frac{F_x}{w} senh^{-1} tg\beta$$

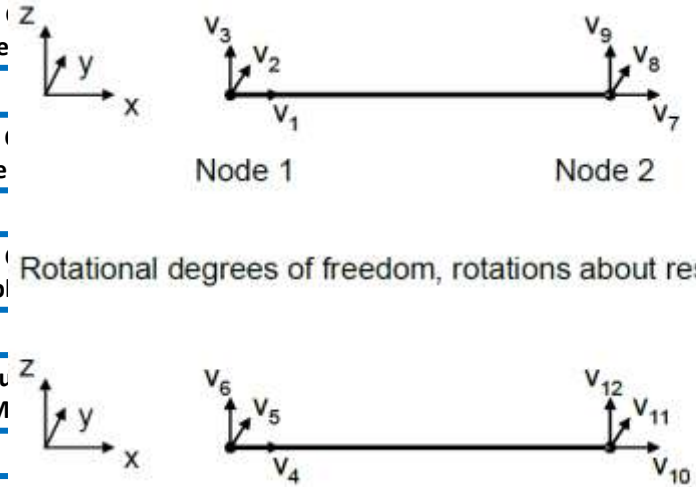




ANÁLISIS SOFTWARE AQUASIM



$$\sum F = R_{Ext} + R_{Int} + R_{mass} + R_{damp} = 0$$



$$= K_t^{i-1}\Delta r$$

$$_s\, r + R_{damp} = 0$$

Rotational degrees of freedom, rotations about respective axes

$$k_{mat} = \frac{EA}{l_0}\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$k_{mat} = \frac{PG_s}{l_0}\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DE FUERZAS

AGENTES OCEANOGRÁFICOS

Los agentes oceanográficos bajo los cuales están sometidas las estructuras acuícolas, y por ende, de los sistemas de fondeo son:

- ***Corriente de marea.***
- ***Viento.***
- ***Oleaje*.***
- ***Fouling*.***
- ***Batimetría**.***
- ***Marea**.***

Pub. 3201 SHOA. Instrucciones Oceanográficas Nº1: *"Especificaciones Técnicas para mediciones y Análisis Oceanográficos"*

* Debido a la variabilidad espacial y/o temporal de los datos es necesario recurrir a bibliografía especializa que permita determinar los valores característicos.

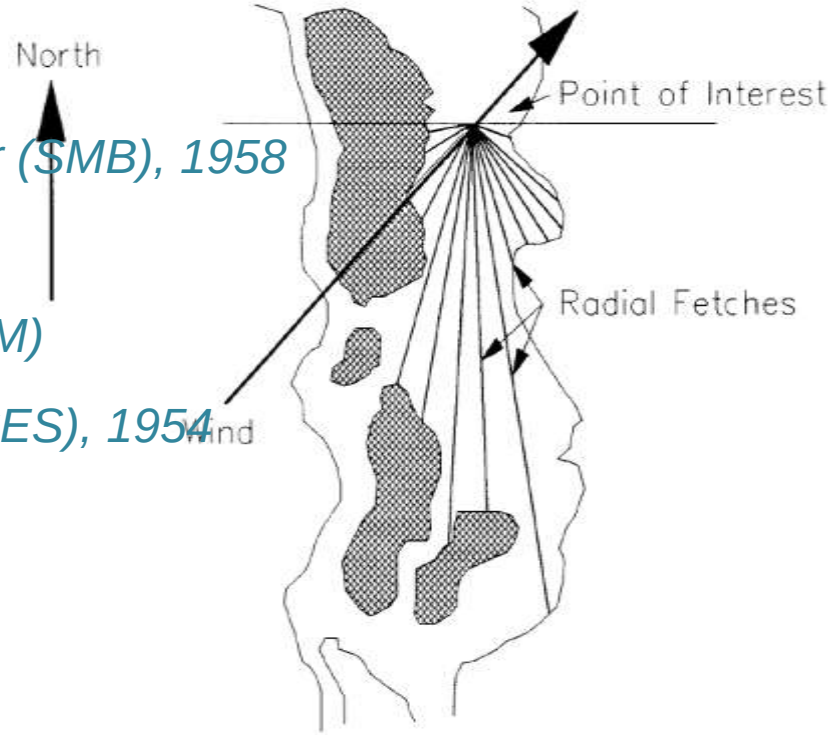
ESTIMACIÓN PARÁMETROS OLEAJE

"El estudio de oleaje en aguas interiores se define como el cálculo de olas en el borde costero que no está sujeto a la influencia de zonas oceánicas".

- ***Análisis estadístico***
- ***Determinación Fetch efectivo. Método de Seville (1954)***

Métodos de Estimación

- *Sverdrup – Munk – Bretschneider (SMB), 1958*
- *T∅rum, 1988*
- *Coastal Engineering Manual (CEM)*
- *Bretschneider y Reid (Manual ACES), 1954*
- *Britnish Standar (BS)*
- *Shore Protection Manual (SPM)*
- *Método Paramétrico JONSWAP*



CÁLCULO DE FUERZAS

Viento

Estático

$$F_v = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot C_s \cdot C_h \cdot A \cdot V^2$$

$$F_v = 0.0965 \cdot A \cdot V^2$$

$$q = \frac{u^2}{16}$$

$$F_v = 0.01$$

$$F_v = \frac{1}{2} \cdot \rho$$

$$n = 1.15 -$$

$$n = 1.15 - \sqrt[4]{\frac{h}{a}}$$

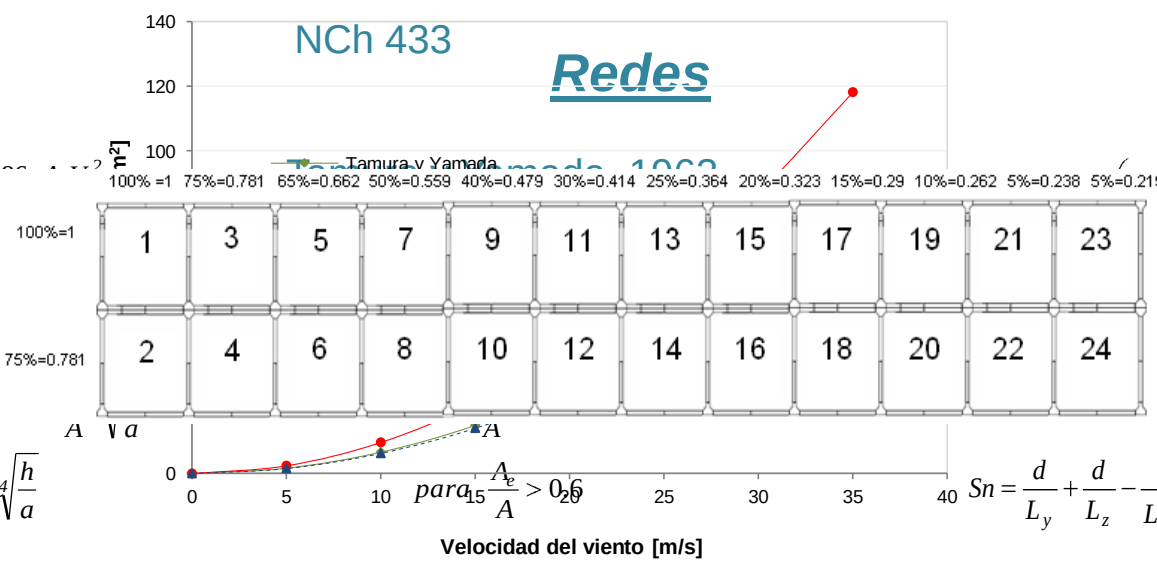
Elementos Planos

Tamura y Yamada, 1963

van Boven, 1968

NCh 433

Redes



$$para \frac{A_e}{A} > 0.6$$

AquaSim

$$F_D = \frac{\rho_{air} \cdot C_D}{2} \cdot AU^2$$

$$+ \cdot \frac{d}{L_z} \Big) \cdot A \cdot v^2$$

$$Sn = \frac{d}{L_y} + \frac{d}{L_z} - \frac{2d^2}{L_y^2 + L_z^2}$$

CÁLCULO DE FUERZAS

Corriente

Estático

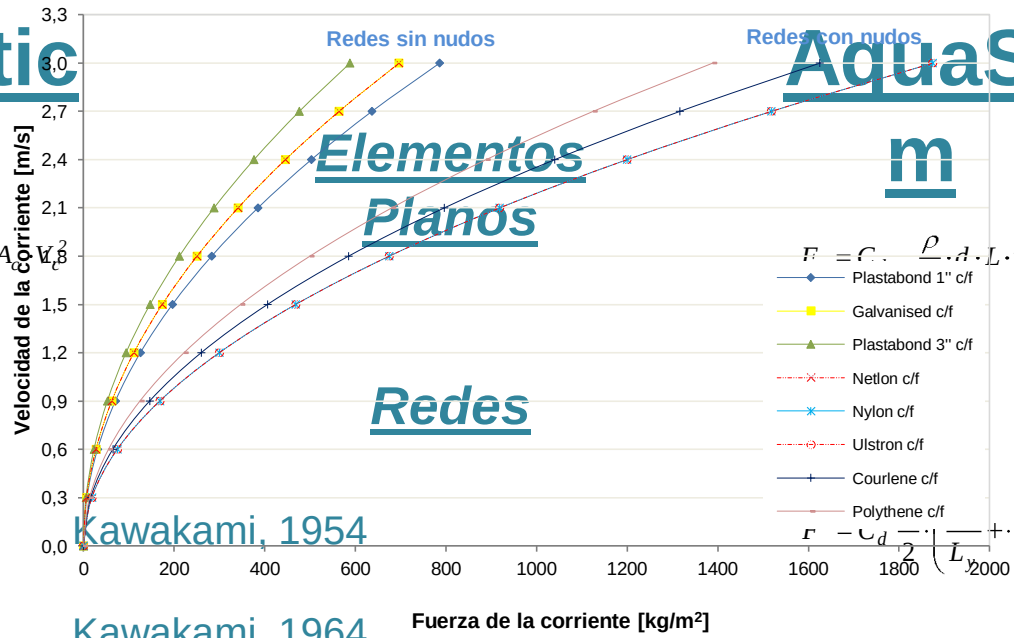
$$F_c = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_d \cdot A \cdot v_c^2$$

AquaSim

$$F_c = C_d \cdot \frac{\rho}{2} \cdot d \cdot L \cdot v^2$$

Elementos Planos

Redes



$$F_c = C_d \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \left(\frac{d}{L_y} + \frac{d}{L_z} \right) \cdot A \cdot v^2$$

$$R = k \cdot S \cdot U^2$$

Kawakami, 1954

$$R = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho_w \cdot v^2 \cdot S$$

Kawakami, 1964

$$Sn_{2d} = \frac{d}{L_y} + \frac{d}{L_z}$$

$$C_d = 1 + 3.77 \cdot \frac{d}{a} + 9.37 \cdot \left(\frac{d}{a} \right)^2$$

Con Nudos

$$C_d = 1 + 2.73 \cdot \frac{d}{a} + 3.12 \cdot \left(\frac{d}{a} \right)^2$$

Sin Nudos

$$Sn = \frac{d}{L_y} + \frac{d}{L_z} - \frac{2d^2}{L_y^2 + L_z^2}$$

CÁLCULO DE FUERZAS

Oleaje

Estático

$$F_D = \frac{1}{2}\rho_w \cdot D \cdot C_D \cdot u_n \cdot |u_n| + \rho_w \cdot A \cdot C_M \cdot a_n$$

$$F_U = C_U \cdot A_z \cdot \gamma_w \cdot \left(\frac{w^2}{2g}\right)$$

Miller, 1987

Elementos Planos

AquaSim

$$\phi_1 = \frac{g\zeta_a}{\varpi_0}\cos(\varpi t - k_x \cos\beta - k_y \sin\beta) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Redes

$$F_h = 2.15 \cdot u_{máx} \qquad F_v = 1.80 \cdot v_{máx}$$

Tamura y Yamada, 1963

$$F_2 = \frac{\rho_w \cdot C_{dy} \cdot Diam_N \cdot L_0}{2} \cdot (a_2 - \dot{v}_{2m}) \cdot \sqrt{(a_2 - \dot{v}_{2m})^2 + (a_3 - \dot{v}_{3m})^2} + \frac{\rho_w \cdot C_{my} \cdot Diam_y^2 \cdot L_0 \cdot \pi}{4} \cdot a_2 - \frac{\rho (C_{my} - 1) \cdot Diam_y \cdot L_0^2 \cdot \pi}{4} \cdot \ddot{v}_{2m}$$

$$F_3 = \frac{\rho_w \cdot C_{dz} \cdot Diam_N \cdot L_0}{2} \cdot (a_3 - \dot{v}_{3m}) \cdot \sqrt{(a_2 - \dot{v}_{2m})^2 + (a_3 - \dot{v}_{3m})^2} + \frac{\rho_w \cdot C_{mz} \cdot Diam_z^2 \cdot L_0 \cdot \pi}{4} \cdot a_3 - \frac{\rho (C_{mz} - 1) \cdot Diam_z \cdot L_0^2 \cdot \pi}{4} \cdot \ddot{v}_{3m}$$

CALIDAD Y DIMENSIONAMIENTO

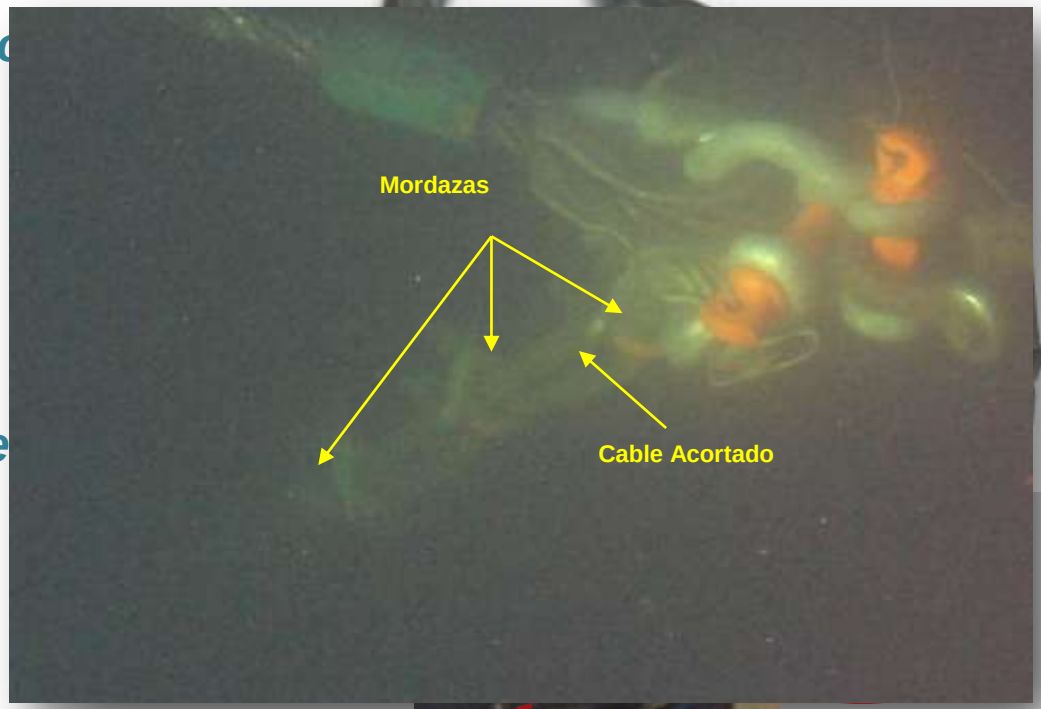
Los elementos que componen las líneas de fondeo son de suma importancia en la instalación de un centro de cultivo, su calidad influye directamente en el tiempo de operatividad de los artefactos flotantes.

Requisitos de los elementos de fondeo:

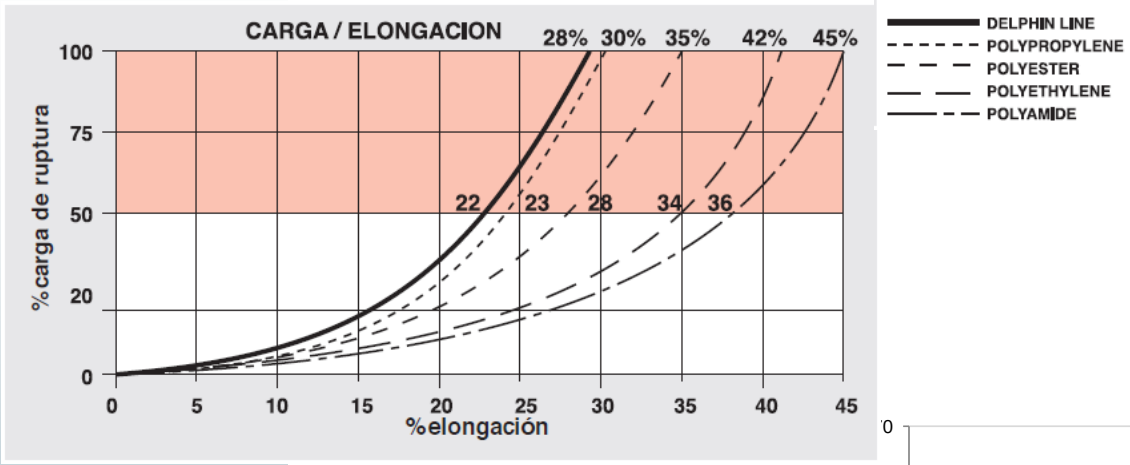
- ***Esfuerzos de diseño***
- ***Corrosión***

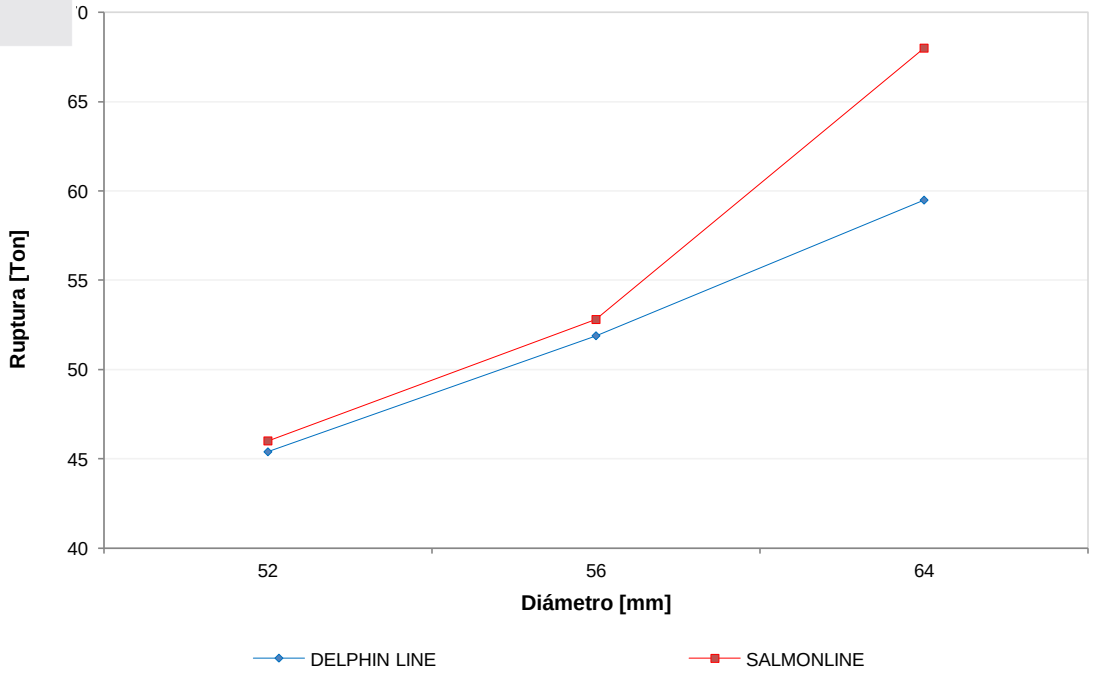
Materiales de fondeo:

- ***Cadena de eslabón***
- ***Cadena con mallete***
- ***Herraje***

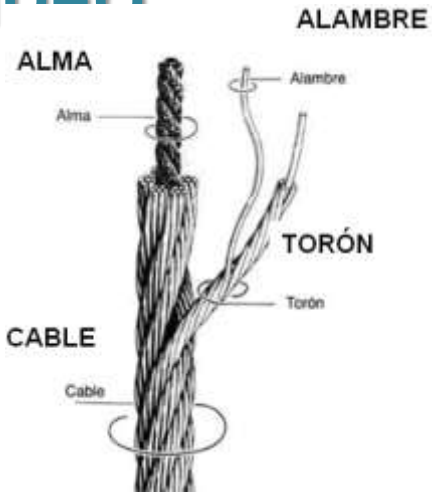


CABO DE FONDEO

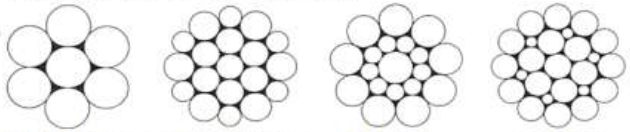




CABLE DE FONDEO

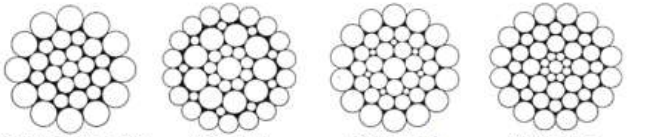


CONSTRUCCIONES BÁSICAS:



7 ALAMBRES | 19 WARRINGTON | 19 SEALE | 25 FILLER

CONSTRUCCIONES COMBINADAS:



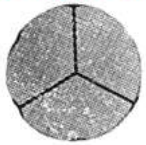
31 WARRINGTON SEALE | 46 SEALE FILLER | 43 FILLER SEALE | 49 SEALE WARRINGTON SEALE

TORONES COMPACTADOS:

8 x 43 (14/14/7F/7/1)

ALMA DE ACERO
ALAMBRE DE ACERO

ALMA DE FIBRA
FIBRA VEGETAL (SISAL, MANILA)
FIBRA SINTÉTICA (POLIPROPILENO)



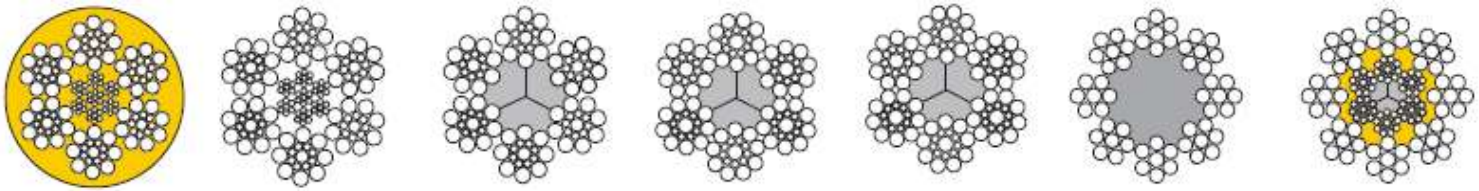
ALMA MIXTA
ALAMBRE DE ACERO Y FIBRA

ALMA DE ACERO PLASTIFICADA
ALAMBRES DE ACERO IMPREGNADOS DE POLIPROPILENO

CABLE DE FONDEO

IGUAL DIAMETRO
MAYOR ESTABILIDAD

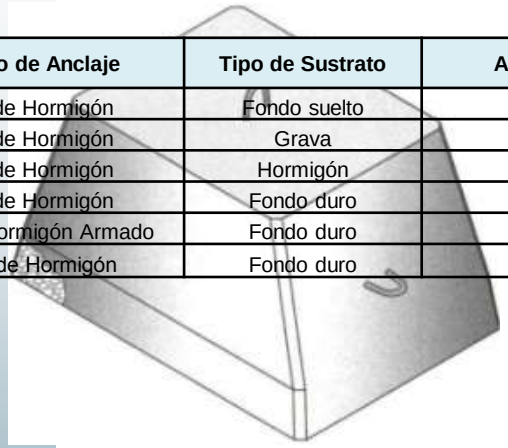
DIAMETRO
ADELGAZAMIENTO CRITICO



6x17 AA□	6x17AA□	6x17AF□	6x12AF□	6x19AF□	8x7AF□	8x7 Alma Mixta

ANCLAJES

Pesos Muertos



Elemento de Anclaje	Tipo de Sustrato	Adhesión (*Ca*)
Bloque de Hormigón	Fondo suelto	0.6
Bloque de Hormigón	Grava	0.6
Bloque de Hormigón	Hormigón	0.5
Bloque de Hormigón	Fondo duro	0.5
Bloque de Hormigón Armado	Fondo duro	0.8
"Coulis" de Hormigón	Fondo duro	0.8

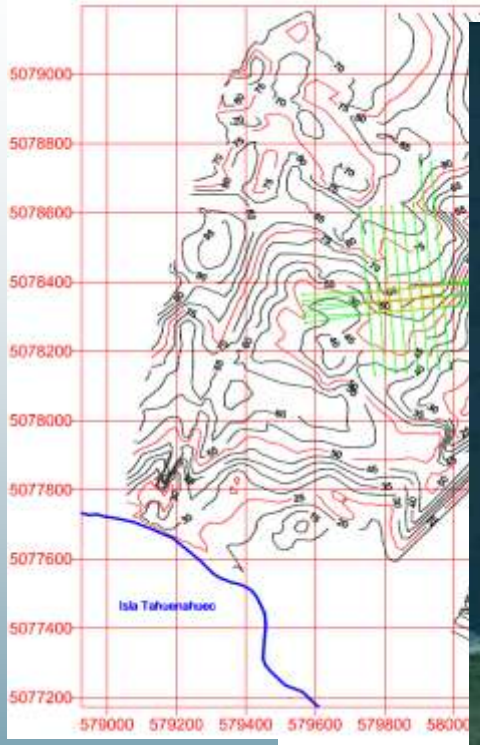
	TIPO DE SUSTRATO O FONDO MARINO	
MODELO DE ANCLA	Arena	Fango
STOCKLESS	1) 4.7 - 7.1 2) 6.0 6) 4.4 7) 6.0 9) 5.8 - 16.0	10) 2.5 2) 2.0 - 3.0 6) 2.3 7) 2.0 9) 2.8 - 7.5
EELLS	6) 6.5	6) 6.9
MUSHROOM	3) 2.0 - 2.5	7) 5.0
LWT	3) 16.0 - 36.0 6) 12.9 7) 16.0 8) 20.0 - 48.0 (m.v. 20)	2) 9.0 - 17.5 6) 3.2 7) 9.0 10) 8.5
DANFORTH	3) 16.0 - 21.0 6) 14.6	10) 8.5 6) 7.1

Perno de Anclaje

	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5	Probeta 6	Probeta 7	Probeta 8	Probeta 9	Probeta 10	promedios
% alargamiento	22	23	23	23	20	23	21.4	23	24	23	**22.54**
Esfuerzo de Fluencia (Mpa)	**537**	**473**	**545**	**528**	**473**	**434**	-----	------	**453**	**432**	**484.375**
Esfuerzo Máximo (Mpa)	781	750	794	769	750	742	720	724	695	713	**743.8**

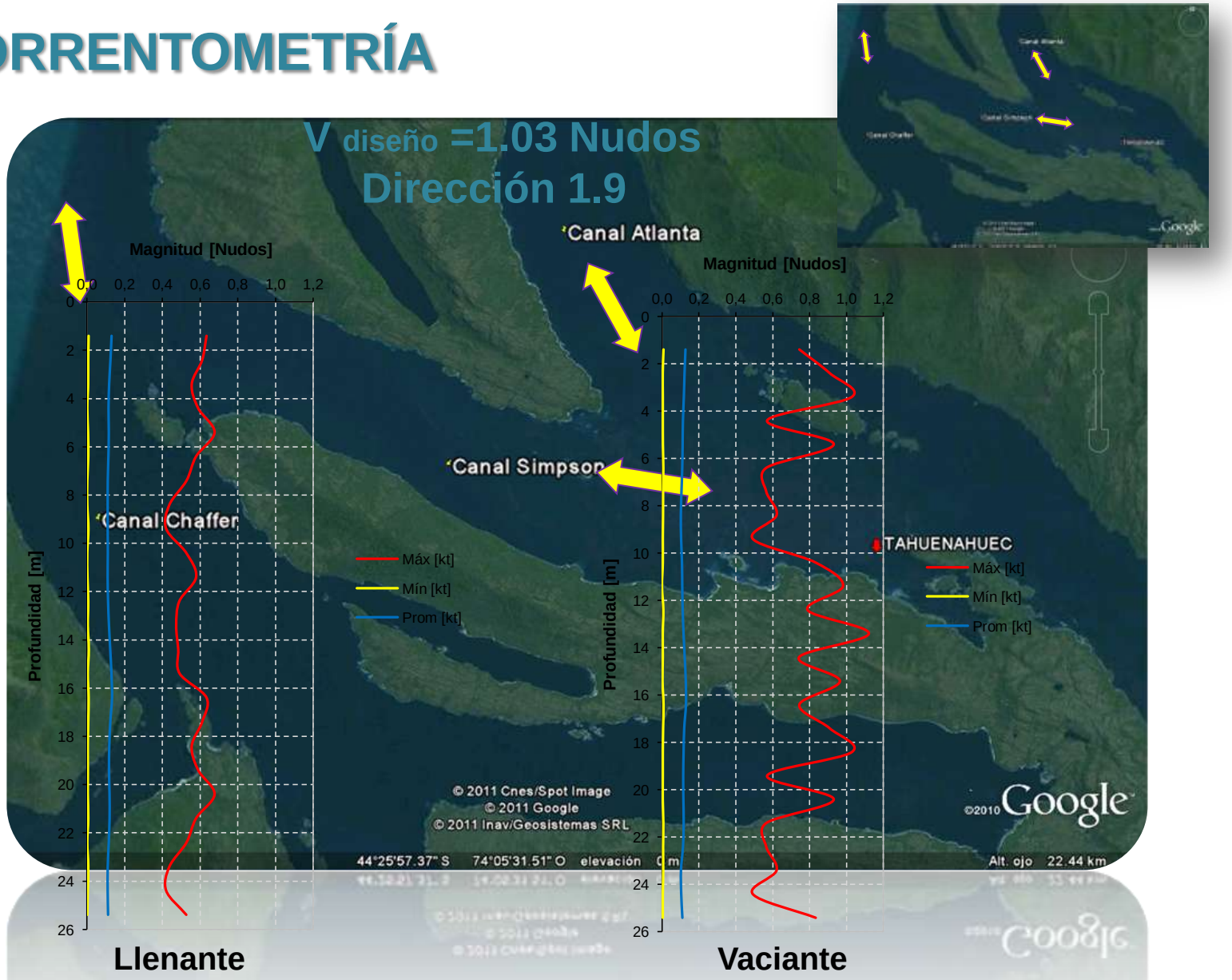
VALIDACIÓN EN ISLA TAHUENAHUEC

BATIMETRÍA

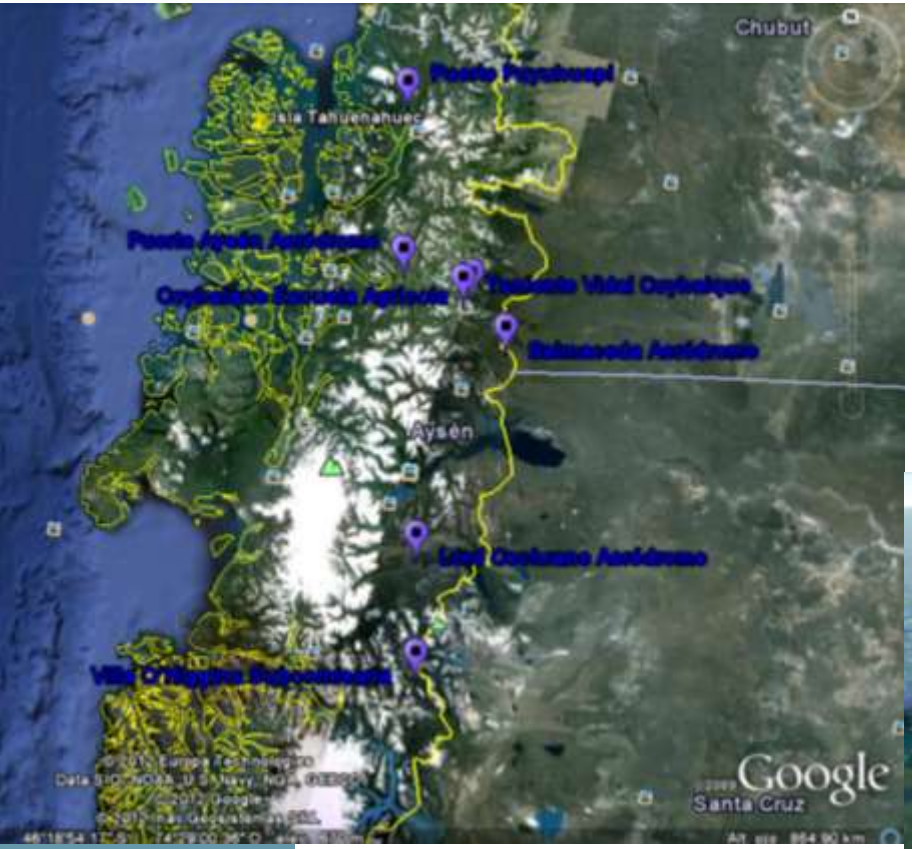

5079000
5078800
5078600
5078400
5078200
5078000
5077800
5077600
5077400
5077200
579000
579200
579400
579600
579800
Isla Tahuenahuec

TAHUENAHUEC
A1
A2
1
2
3
4
© 2011 Cnes/Spot Image
© 2011 Inav/Geosistemas SRL
© 2011 Google
18 G 581676.91 m E 5077523.28 m S elevación 53 m
Alt. ojo 4.02 km
©2010 Google

CORRENTOMETRÍA



VIENTO



60 nudos → 120 [km/hr]

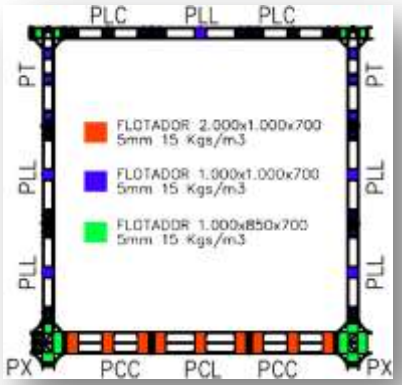
$V_{diseño}$ = 30.86 [m/s]

OLEAJE

Referencia	CASO 1	
	H [m]	*T [s]*
ACES	1,67	4,57
Norma Noruega	1,78	4,38
CEM	2,02	3,70
Jonswap	1,79	4,58
SBM	2,66	6,06
SPM	1,75	4,50
BS	2,5 - 3,0	5,5 - 6,0

Referencia	CASO 2	
	H [m]	*T [s]*
ACES	1,47	4,25
Norma Noruega	1,56	4,02
CEM	1,74	3,30
Jonswap	1,56	4,19
SBM	2,38	5,69
SPM	1,5	4,3
BS	2,0 - 2,5	5,5 - 6,0

MODELACIÓN NUMÉRICA

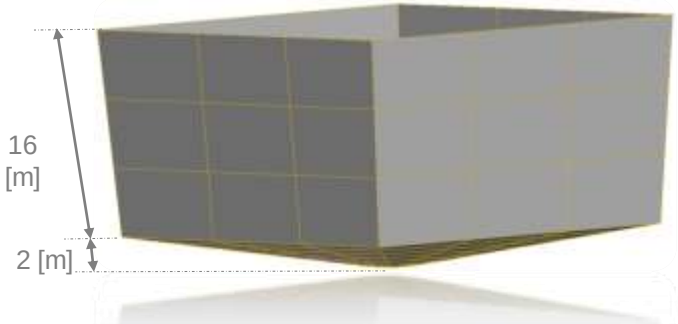


ANTECEDENTES ESTRUCTURALES

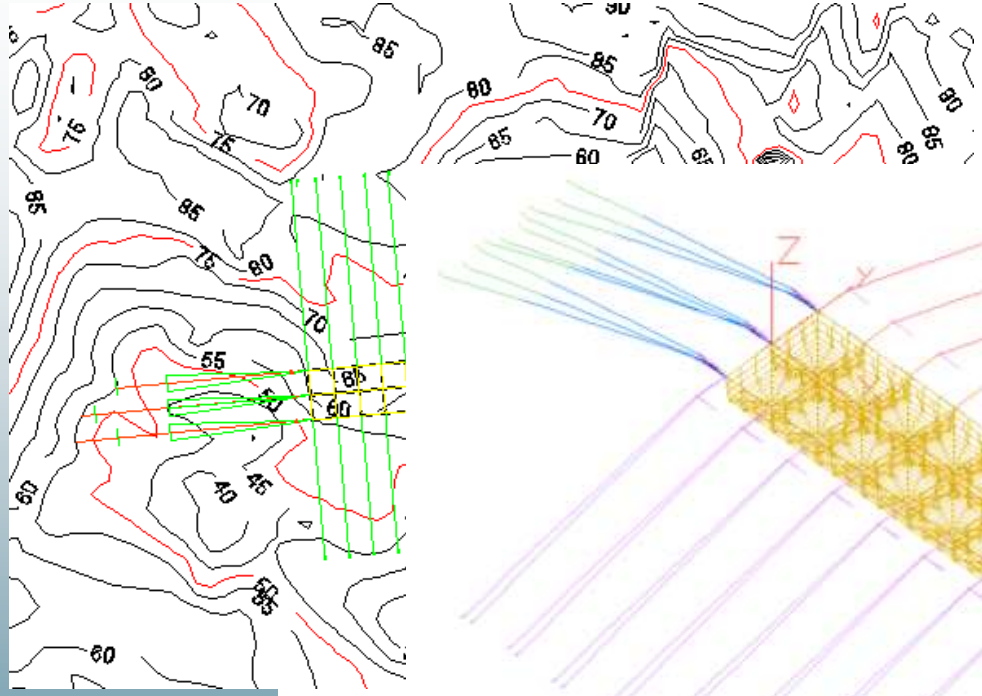
- Número Total de Jaulas : 14 (2 x 7)
- Dimensión de la Jaula : 30 x 30 [m].
- Número de Flotadores por balsa : 16 Unidades
- Dimensión Flotador : 0.7 [m] Alto x 1.0 [m] Ancho x 1.0 [m] Largo

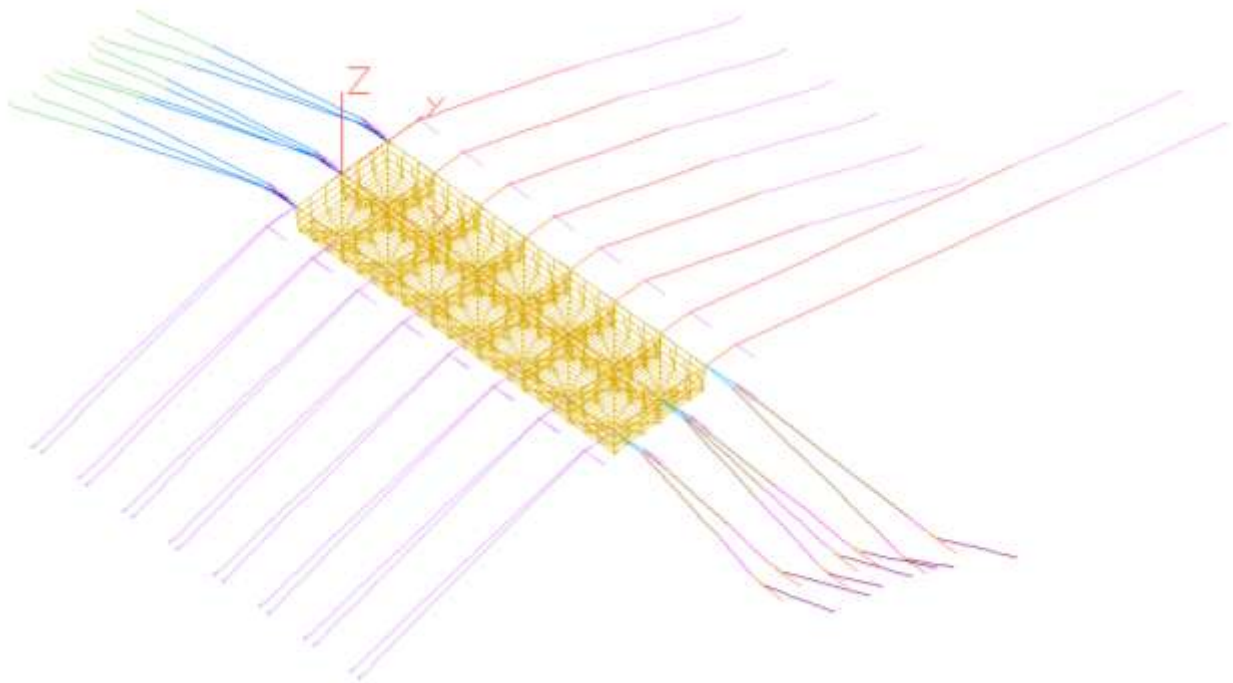
ANTECEDENTES RED PECERA

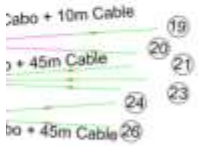
- Denominación : 210/96
- Profundidad de Red : 16 [m] pared más 2 [m] copo.
- Ancho de Red : 30 [m].
- Mesh o tamaño cuadro : 2 “

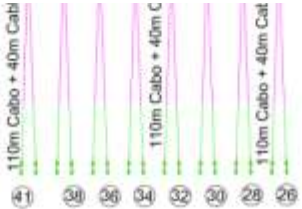


CARACTERÍSTICA DEL MODELO







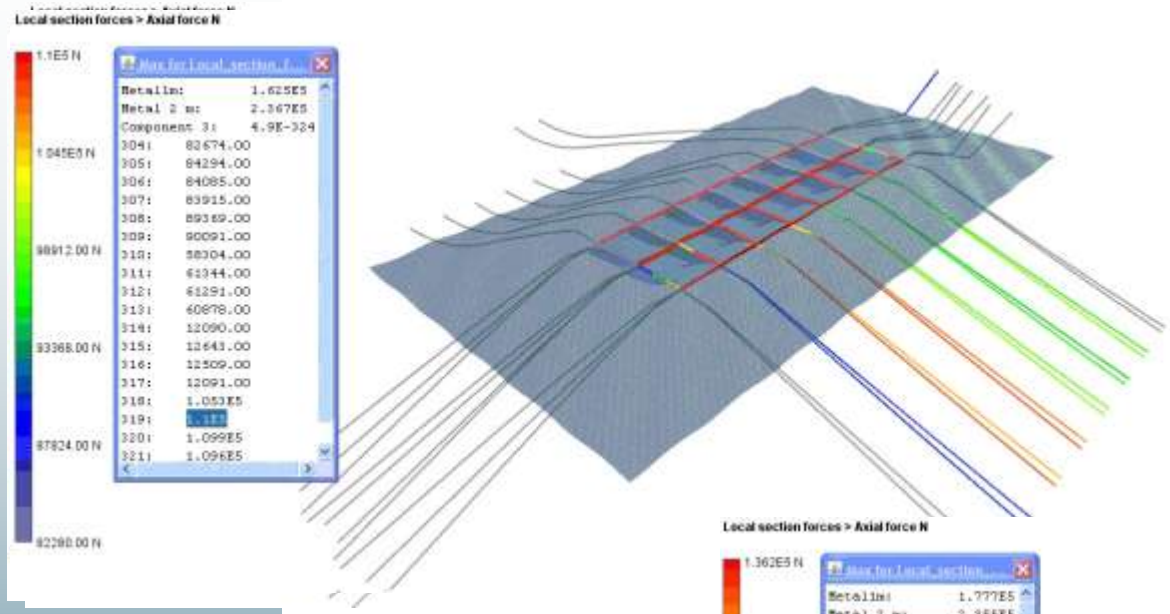


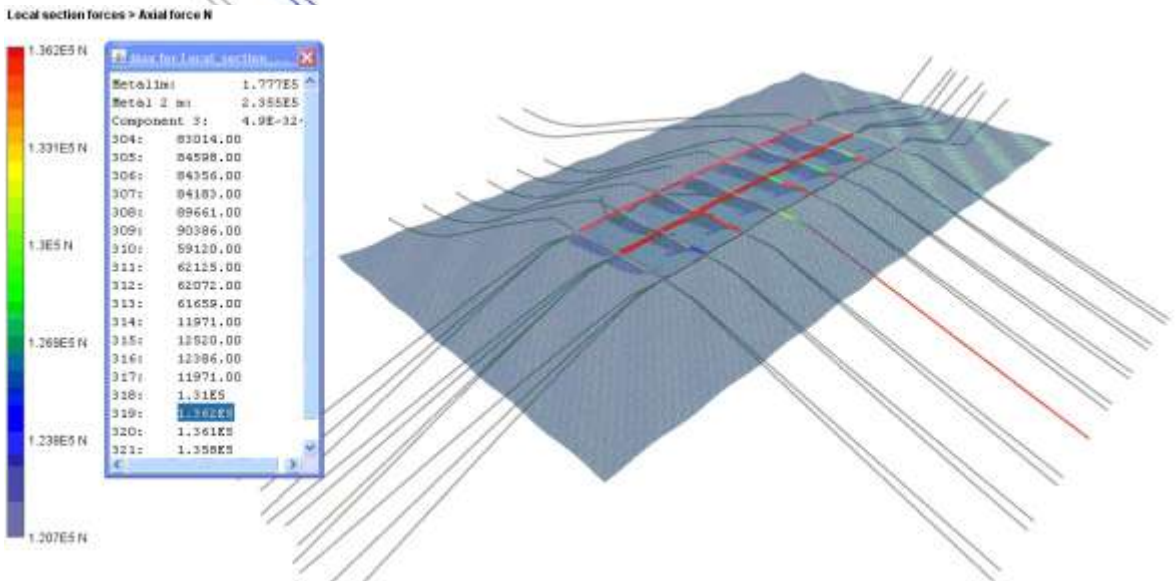
CASOS

CASOS	Dirección incidencia	
	Oleaje	*Corriente*
CASO 1	WNW	E
CASO 2	WNW	NW
CASO 3	NW	E
CASO 4	NW	SE
CASO 5	NW	N

CASOS

CASOS	Dirección incidencia	
	Oleaje	*Corriente*
CASO 1	WNW	E
CASO 2	WNW	NW
CASO 3	NW	E
CASO 4	NW	SE
CASO 5	NW	N





DIMENSIONAMIENTO

ELEMENTOS DE FONDEO

Sección del Módulo	Sección de la línea de fondeo	$F_{máx.}$ Sist. Intacto [Ton]	$F_{máx.}$ Sist. Cortada [Ton]
Cab. W	Tramo boya-pasillo Cab W	16,71	19,08
	Cadena de fondeo Cab W	17,38	19,84
	Cabecera Weste cabo	17,43	19,89
	Cabecera Weste cable	17,42	19,89
Lat. N	Tramo boya-pasillo Lat N	13,35	16,49
	Cadena de fondeo Lat N	14,36	17,65
	Lateral Norte cabo	14,36	17,65
	Lateral Norte cable	14,35	17,62
Cab. E	Tramo boya-pasillo Cab E	13,69	16,86
	Cadena de fondeo Cab E	14,14	17,18
	Cabecera Este cabo	13,84	16,87
	Cabecera Este cable	13,83	16,86
	Cabecera Este Retenida	14,18	17,21
Lat. S	Tramo boya-pasillo Lat S	10,73	13,35
	Cadena de fondeo Lat S	11,17	13,84
	Lateral Sur cabo	11,21	13,88
	Lateral Sur cable	11,20	13,87

Elemento Tipo	Material	Carga de Ruptura	Fuerza máxima	Fact. Seg. Calculado	Fact. Seg. Requerido	Estado
Línea de fondeo Cabecera Weste	3 Pesos muertos de 20 [Ton].	20.6	17.42	1.18	1.0	CUMPLE
	Grillete lira de 1" A.R.	51.0	17.42	3.00	3.0	CUMPLE
	Cadena Galv. 20 [mm]	50.4	16.71	3.02	3.0	CUMPLE
	Cadena c/ mallete 32 [mm]	58.6	17.38	3.37	3.0	CUMPLE
	Cable AF 6x17 1.1/4"	61.0	17.42	3.50	3.0	CUMPLE
	Cabo Polipropileno 56 [mm]	52.8	17.42	3.03	3.0	CUMPLE

Elemento Tipo	Material	Carga de Ruptura	Fuerza máxima	Fact. Seg. Calculado	Fact. Seg. Requerido	Estado
Línea de fondeo Lateral Norte	2 Pesos muerto de 20 [Ton].+ 1 peso muerto de 10 [Ton]	17.19	14.36	1.19	1.0	CUMPLE
	Grillete lira de 1" A.R.	51.0	14.36	3.55	3.0	CUMPLE
	Cadena Galv. 20 [mm]	50.4	13.35	3.78	3.0	CUMPLE
	Cadena c/ mallete 28 [mm]	47.7	14.36	3.32	3.0	CUMPLE
	Cable AF 6x17 1.1/8"	49.6	14.35	3.46	3.0	CUMPLE
	Cabo Polipropileno 52 [mm]	45.39	14.36	3.16	3.0	CUMPLE

Elemento Tipo	Material	Carga de Ruptura	Fuerza máxima	Fact. Seg. Calculado	Fact. Seg. Requerido	Estado
Línea de fondeo Cabecera Este	2 Pernos de Anclaje 32 [mm]	16.5	14.18	1.16	1.0	CUMPLE
	1 Peso muerto de 5 [Ton]	1.71	N/A	1.00	1.0	CUMPLE
	Grillete lira de 1" A.R.	51.0	14.18	3.59	3.0	CUMPLE
	Cadena Galv. 20 [mm]	50.4	13.69	3.68	3.0	CUMPLE
	Cadena c/ mallete 28 [mm]	47.7	14.14	3.37	3.0	CUMPLE
	Cable AF 6x17 1.1/8"	49.6	13.83	3.59	3.0	CUMPLE
	Cabo Polipropileno 52 [mm]	45.39	13.84	3.27	3.0	CUMPLE

Elemento Tipo	Material	Carga de Ruptura	Fuerza máxima	Fact. Seg. Calculado	Fact. Seg. Requerido	Estado
Línea de fondeo Lateral Sur	2 Peso muerto de 20 [Ton]	13.75	11.21	1.23	1.0	CUMPLE
	Grillete lira de 1" A.R.	51.0	11.21	4.55	3.0	CUMPLE
	Cadena Galv. 20 [mm]	50.4	10.73	4.69	3.0	CUMPLE
	Cadena c/ mallete 28 [mm]	47.7	11.17	4.27	3.0	CUMPLE
	Cable AF 6x17 1"	35.6	11.20	3.18	3.0	CUMPLE
	Cabo Polipropileno 52 [mm]	45.39	11.21	4.05	3.0	CUMPLE

DIMENSIONAMIENTO

BOYAS

CABECERAS WESTE Y ESTE
LATERALES NORTE Y SUR

Ángulo fondeo: 4.0:1 cabecera
Ángulo fondeo: 3.8:1 Lateral Sur

Fuerza Máxima generada en cada Cabecera Weste 317.130 [kg].
Fuerza Máxima generada en cada Lateral Norte 214.350 [kg].
Fuerza Máxima generada en cada Cabecera Este 173.840 [kg].
Fuerza Máxima generada en cada Lateral Sur 147.200 [kg].

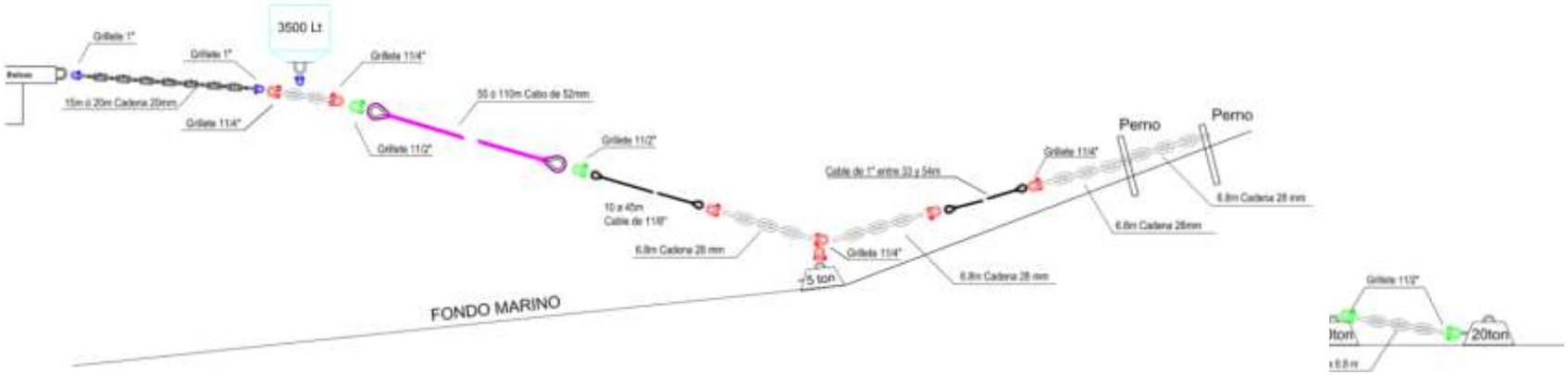
Valor componente de Fuerza vertical en Cabeceras Weste : 5.447 [kg].
Valor componente de Fuerza vertical en Laterales Norte : 5.316 [kg].
Valor componente de Fuerza vertical en Cabeceras Este : 3.461 [kg].
Valor componente de Fuerza vertical en Laterales Sur : 2.948 [kg].

¼ de paño de cadena de 32 [mm] en la línea de fondeo implica un peso adicional de 153.5 [kg].
¼ de paño de cadena de 28 [mm] en la línea de fondeo implica un peso adicional de 122.8 [kg].

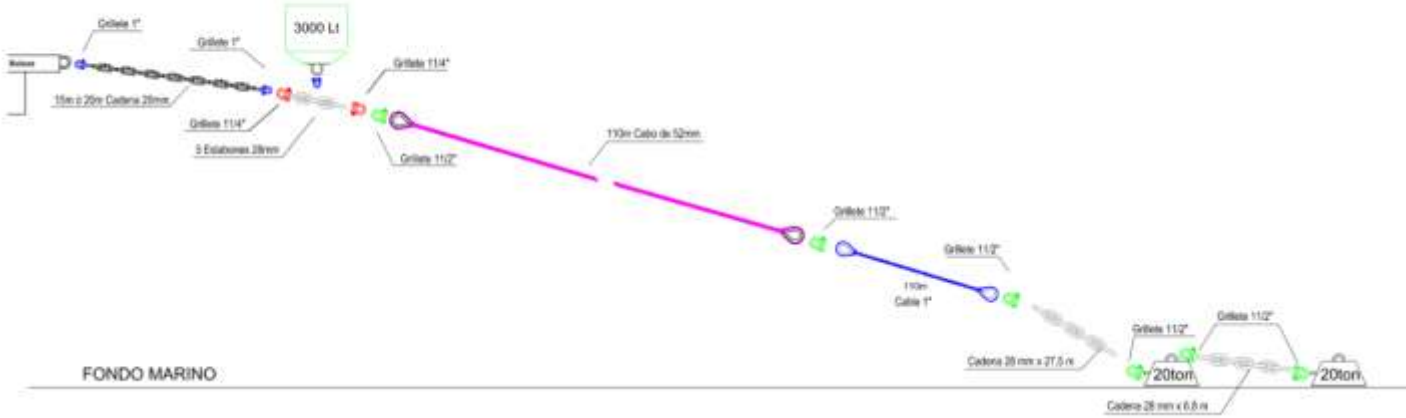
Flotabilidad requerida por Cabecera Weste : 5.601 [L].
Flotabilidad requerida por Lateral Norte : 5.439 [L].
Recomendación para la boya de cabecera : 2 Boyas de 3.000 [L] en cada línea.
Recomendación para la boya de lateral : 2 Boyas. 1 de 3.000 [L] y 1 de 2.500 [L] en cada línea.
Flotabilidad requerida por Cabecera Este : 3.461 [L].
Recomendación para la boya de cabecera : 1 Boya de 3.500 [L] en cada línea.
Flotabilidad requerida por Lateral Sur : 3.071 [L].
Recomendación para la boya de lateral : 1 Boya de 3.100 [L] en cada línea.

ESQUEMA LÍNEAS DE FONDEO

LATERAL NORTE N° 19- 20 - 21 - 22 - 23 - 24 - 25



LATERAL SUR N° 26 - 27 - 28 - 29 - 30 - 31 - 32 - 33 - 34
35 - 36 - 37 - 38 - 39 - 40 - 41

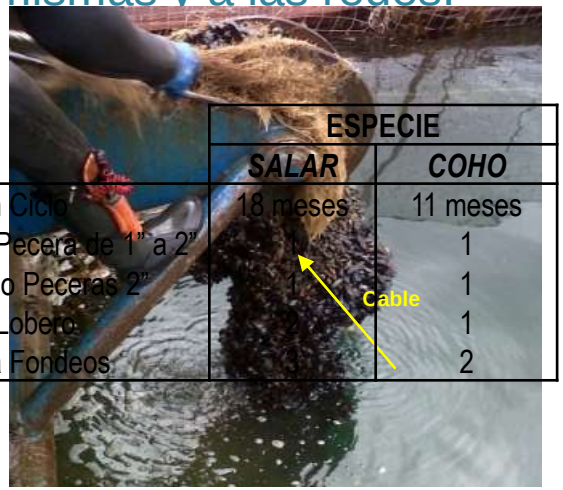


FACTIBILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA

Comparación entre Módulo de 16 jaulas de 25x25[m] analizado de forma cuasi-estática, y Módulo estudiado en el caso de aplicación.

ASPECTOS TÉCNICOS

Estándar de seguridad óptimo, se deben establecer periodos de mantención de las líneas de fondeo en lo que respecta a su tensión y/o alineación, y en particular en lo que se refiere a la adherencia de fouling en las mismas y a las redes.

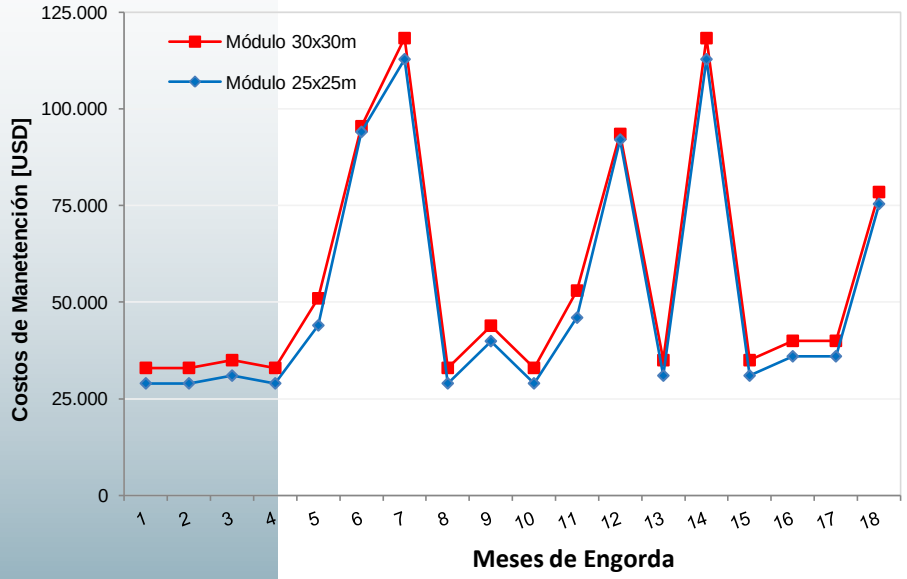


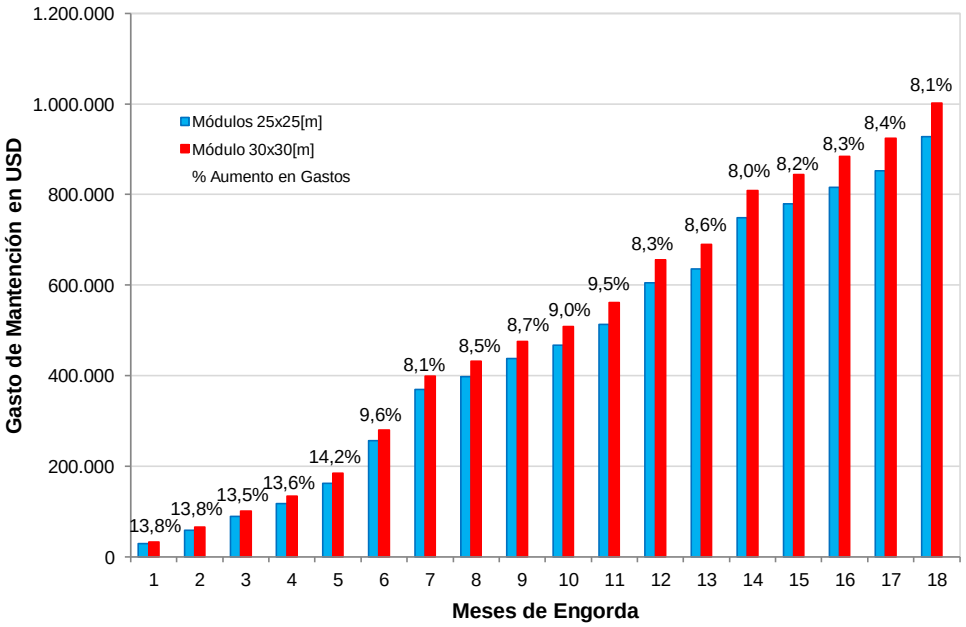
	ESPECIE	
	SALAR	COHO
Duración Ciclo	18 meses	11 meses
Cambio Pecera de 1" a 2"	1	1
Recambio Peceras 2"	1	1
Cambio Lobero	2	1
Limpieza Fondeos	3	2

	ERA -VERANO
	SIN IMPREGNAR
RED SM T# : 1"	10-20 dias
RED EN T# : 11/	15-20 dias

ASPECTOS ECONÓMICOS

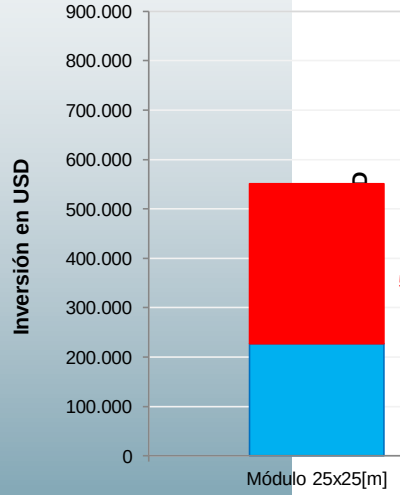
MANTENCIÓN

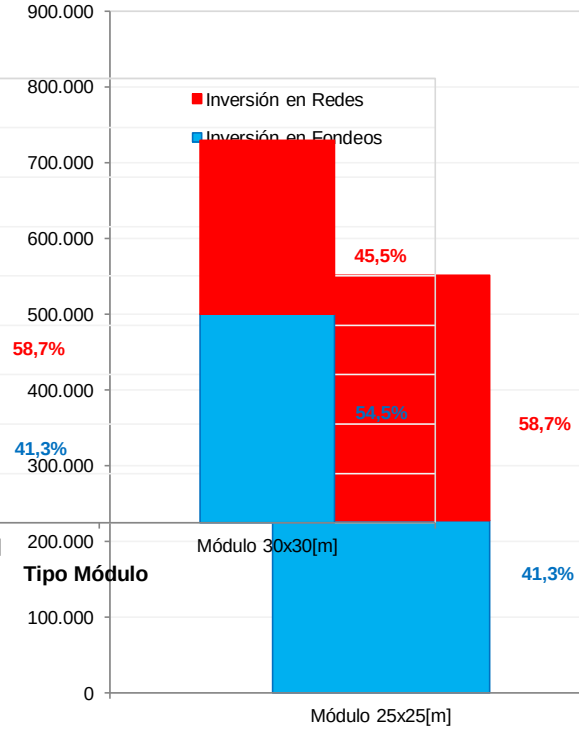


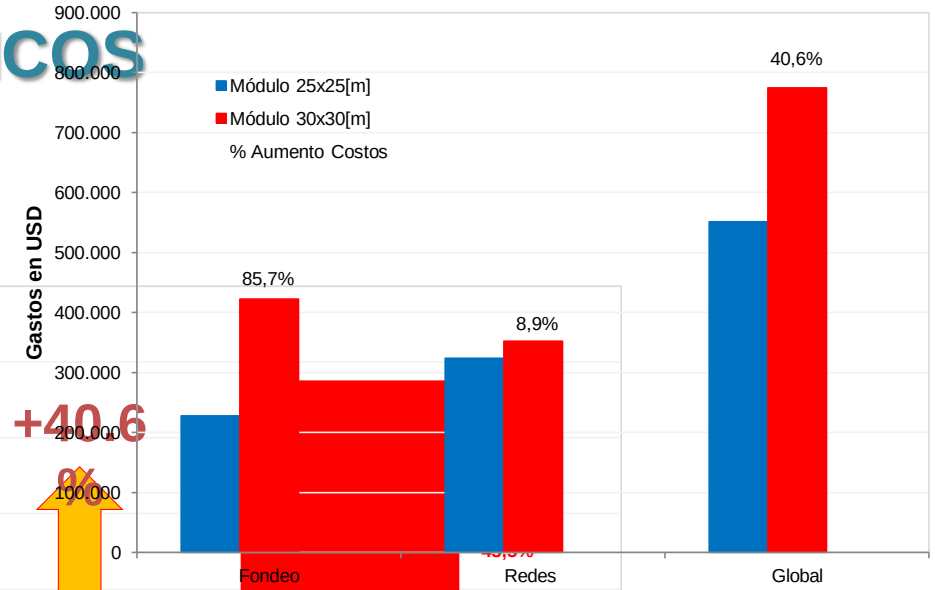


ASPECTOS ECONÓMICOS

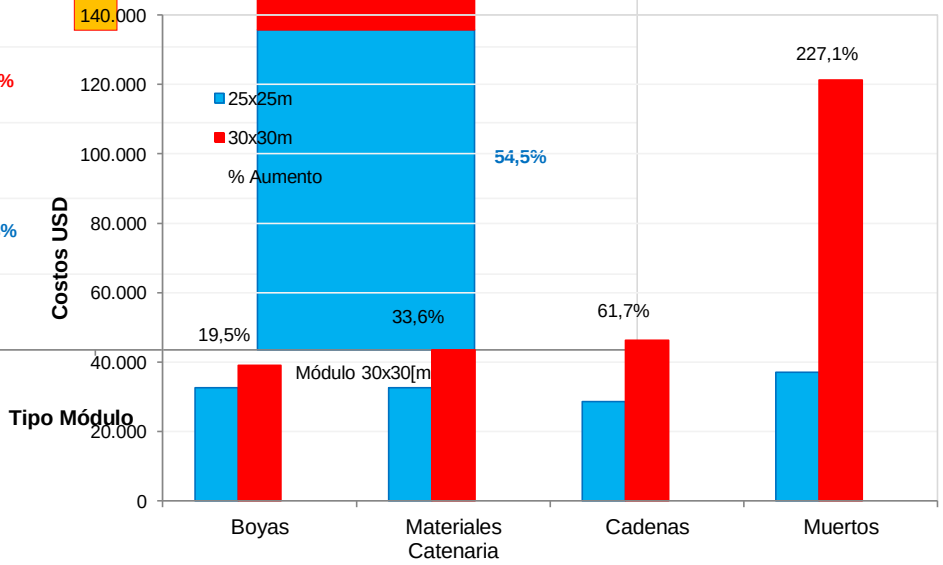
INVERSIÓN







+40,6 %



RENTABILIDAD

Utilidad de 934.182 USD

- *Número de pec* *Módulo:* 545 mil smolt.
- *Peso Prom* 4.5 [kg].
- *Tasas* mensual (tasa

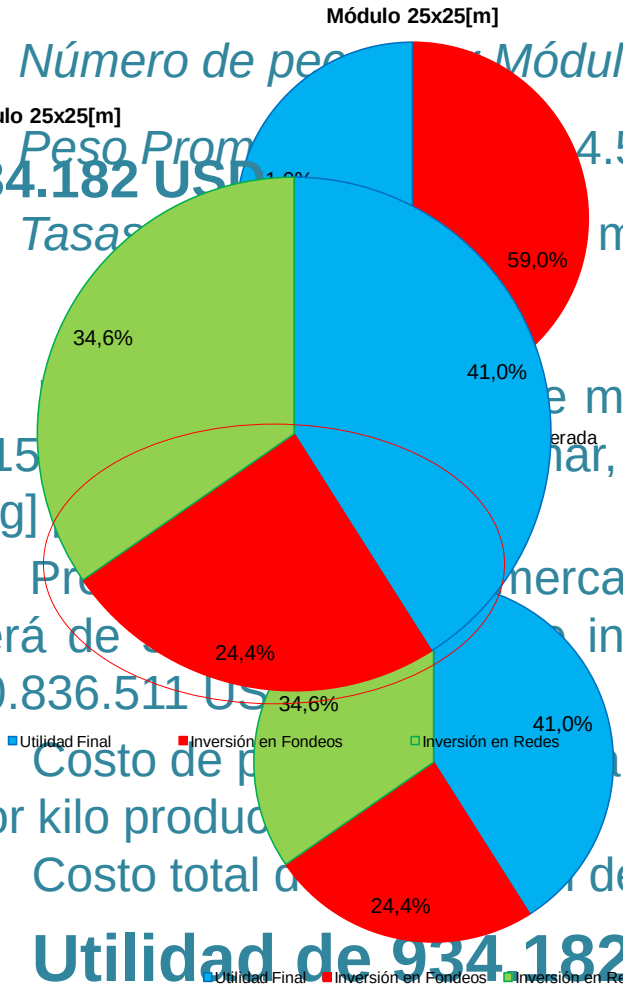
e mortalidad proy al de 415 ar, lo que indica .364 [kg]

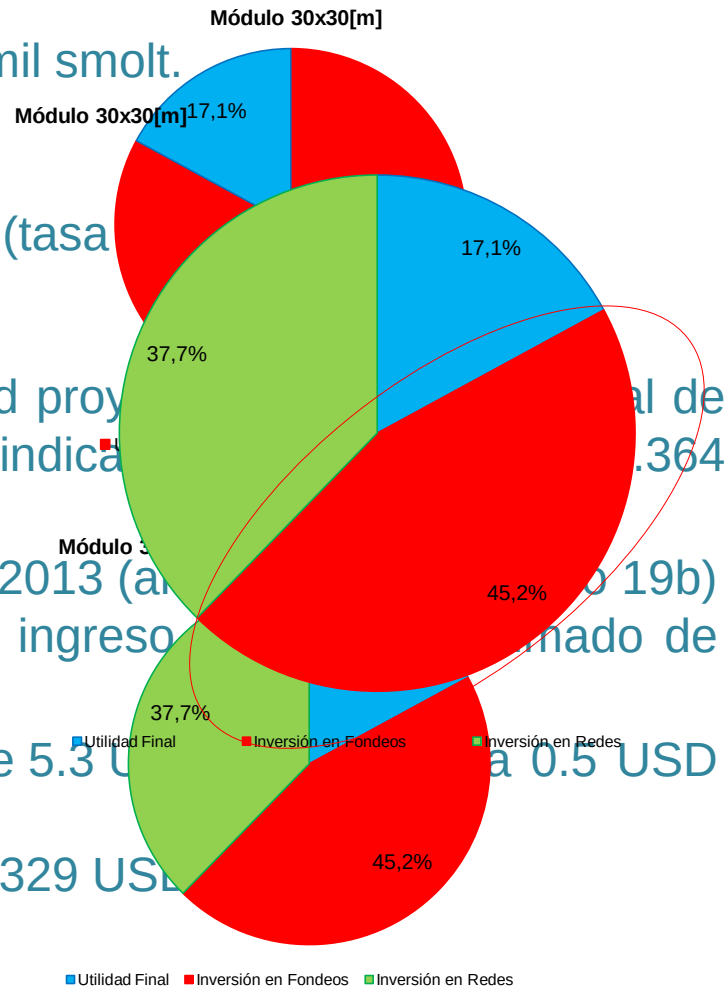
Pr mercado año 2013 (a 19b) será de indica un ingreso nado de 10.836.511 US

Costo de p lar es de 5.3 U a 0.5 USD por kilo produc

Costo total d de 9.902.329 US

Utilidad de 934.182 USD





CONCLUSIONES

ANÁLISIS LÍNEAS DE FONDEO

- ✓ Analizar una línea de fondeo de forma estática es relativamente abordable de comprender, y se logran plantear formulaciones que permitan describir los esfuerzos que en ella ocurren. Pero al involucrar un número mayor de líneas de fondeo el planteamiento de ecuaciones se hace mucho más complejo y requiere de cierta experiencia para determinar los esfuerzos que ocurren.
- ✓ Una solución a este problema es el uso de AquaSim, en donde además se pueden analizar los esfuerzos de forma dinámica.
- ✓ AquaSim, presenta cierta complejidad para su completo entendimiento y dominio. No poseer el conocimiento teórico y/o práctico, puede inducir a errores en la implementación de este software.

DIMENSIONAMIENTO ANCLAJES OCEANOGRÁFICAS

- ✓ Basados en las cargas de ruptura.
- ✓ Fundamental para conocer y cuantificar las fuerzas externas en el sistema de fondeo.
- ✓ Certificados por entidades internacionales, ABS, LR .
- ✓ Discordancia al analizar las cargas hidrodinámicas del oleaje, ya que es una carga dinámica variable en el tiempo.
- ✓ No hay una estandarización de la vida útil de los materiales.
- ✓ Mantenciones regulares.
- ✓ Efectos de difracción y reflexión del oleaje no son considerados.

MODELACIÓN EN ISLA TAHUENAHUEC

- ✓ Batimetría debe ser necesariamente complementada con un estudio de calidad del fondo y pruebas de tracción.
- ✓ Dimensionamiento del sistema de anclaje excesivo, debido a:
  - Aumento de las magnitudes de acuerdo a los factores de seguridad.
  - Dirección de acción de las fuerzas.
- ✓ Rentabilidad depende del margen de utilidad de la empresa.

RECOMENDACIONES

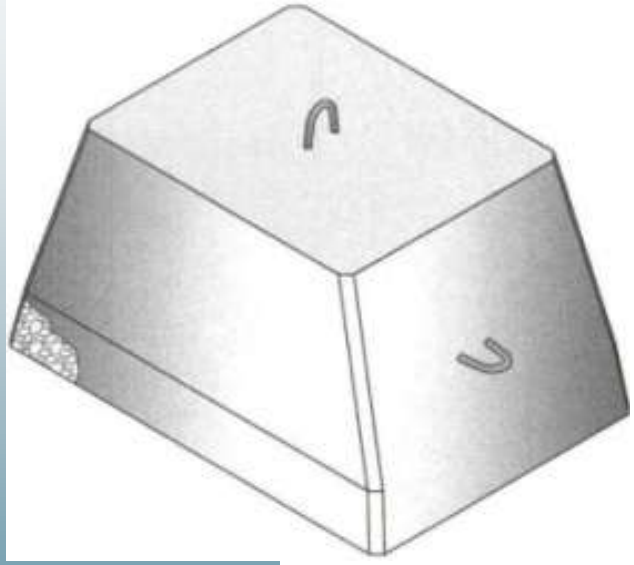
PARA LOS ESTUDIANTES

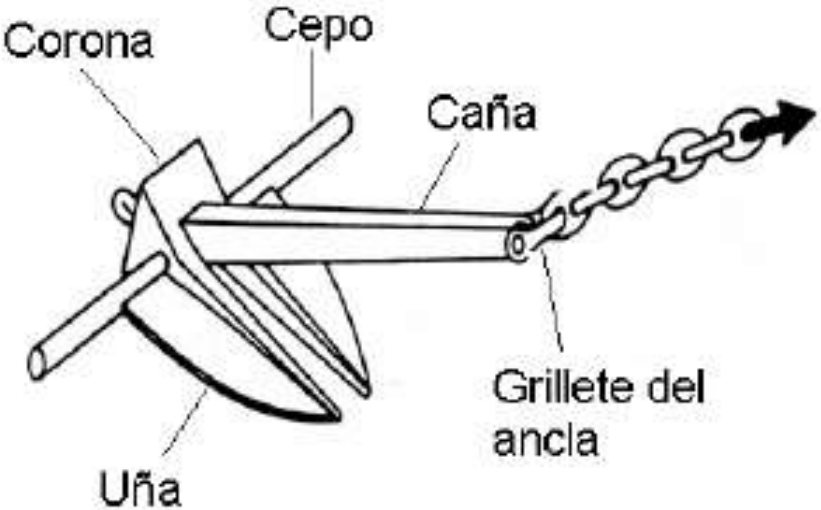
- Realizar un estudio de fondo y/o tracción preciso, de forma tal de conocer los coeficientes de adherencia utilizados para el diseño.
- Nuevos estudios de corrientes de marea.
- Realizar mantenciones de las líneas de fondeo cada 5 meses
- Tener el sistema de fondeo en correcto funcionamiento al comenzar con las siembras o cosechas
- Se desarrollen técnicas complementarias tales como la generación de modelos a escala.

PARA LOS SECTORES ACUICOLAS

- El estudio de las variables oceanográficas debe estar acorde con las recomendaciones que infiera el SHOA.
- Efectos modelación numérica:
  - **Desventaja:** No considerar efectos locales de importancia al momento.
    Idealización de las condiciones iniciales.
  - **Ventaja:** Oportunidad de realizar pruebas que indiquen el comportamiento
- Se debe evitar realizar estas maniobras durante condiciones de tiempo desfavorables

COMENTARIOS





INGENIERÍA OCEÁNICA

UNIVERSIDAD DE VALPARAISO

UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO

ESCUELA INGENIERÍA CIVIL OCEANICA

“METODOLOGÍA DE ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINÁMICO PARA EL CÁLCULO DE SISTEMAS DE FONDEO EN BALSAS JAULAS DE 30X30 METROS. IMPLEMENTACIÓN EN ISLA TAHUENAHUEC, REGIÓN DE AYSÉN, CHILE”

ROMINA RIVERA LEMONAO

Abril, 2013

AGRADECIMIENTOS

A Don Víctor Pérez Valdés, Matías Quezada y Raúl Oberreuter.

A Patricio Correa Morales.

A Gabriela San Martín, Gerardo Andrade y Cristian Sánchez.

A las tripulaciones de los barcos de fondeo de Empresas Marítimas Oxxean.

A Exportadora Los Fiordos y Empresas Marítimas Oxxean.

A mi familia y amigos Tiare Espinoza y Leonardo Rodríguez

Finalmente a todos aquellos que de alguna forma

DEDICATORIA

Dedicada a Mario Guillermo Rivera Leiva, el mejor maestro que pudiese tener y quien me ha enseñado que para ser ingeniero hace falta más que un Título.

Aprende de los maestros porque de ellos heredarás un conocimiento que no se encuentra escrito en ningún papel…

INGENIERÍA OCEÁNICA

UNIVERSIDAD DE VALPARAISO

UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO

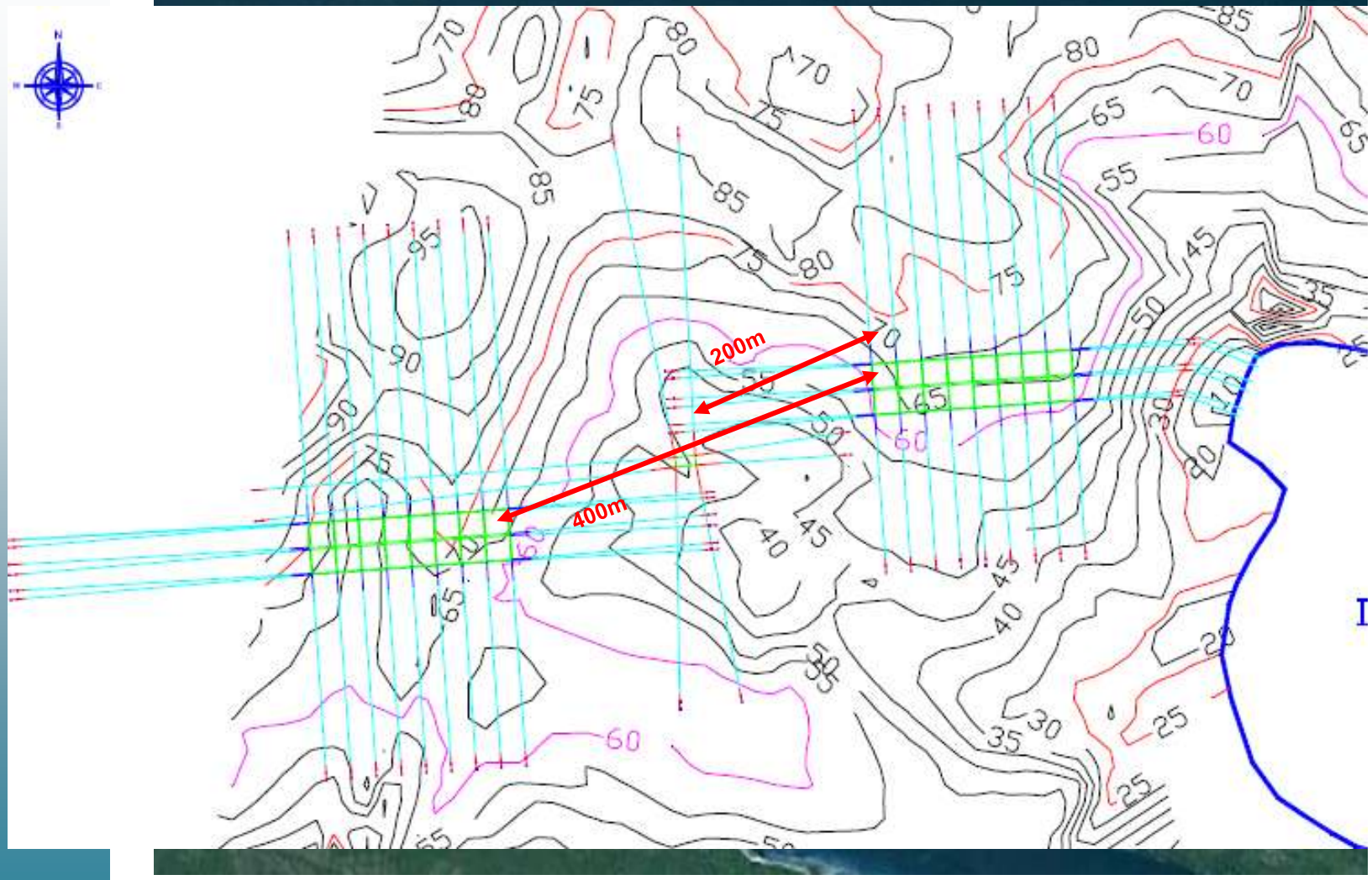
ESCUELA INGENIERÍA CIVIL OCEANICA

“METODOLOGÍA DE ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINÁMICO PARA EL CÁLCULO DE SISTEMAS DE FONDEO EN BALSAS JAULAS DE 30X30 METROS. IMPLEMENTACIÓN EN ISLA TAHUENAHUEC, REGIÓN DE AYSÉN, CHILE”

ROMINA RIVERA LEMONAO

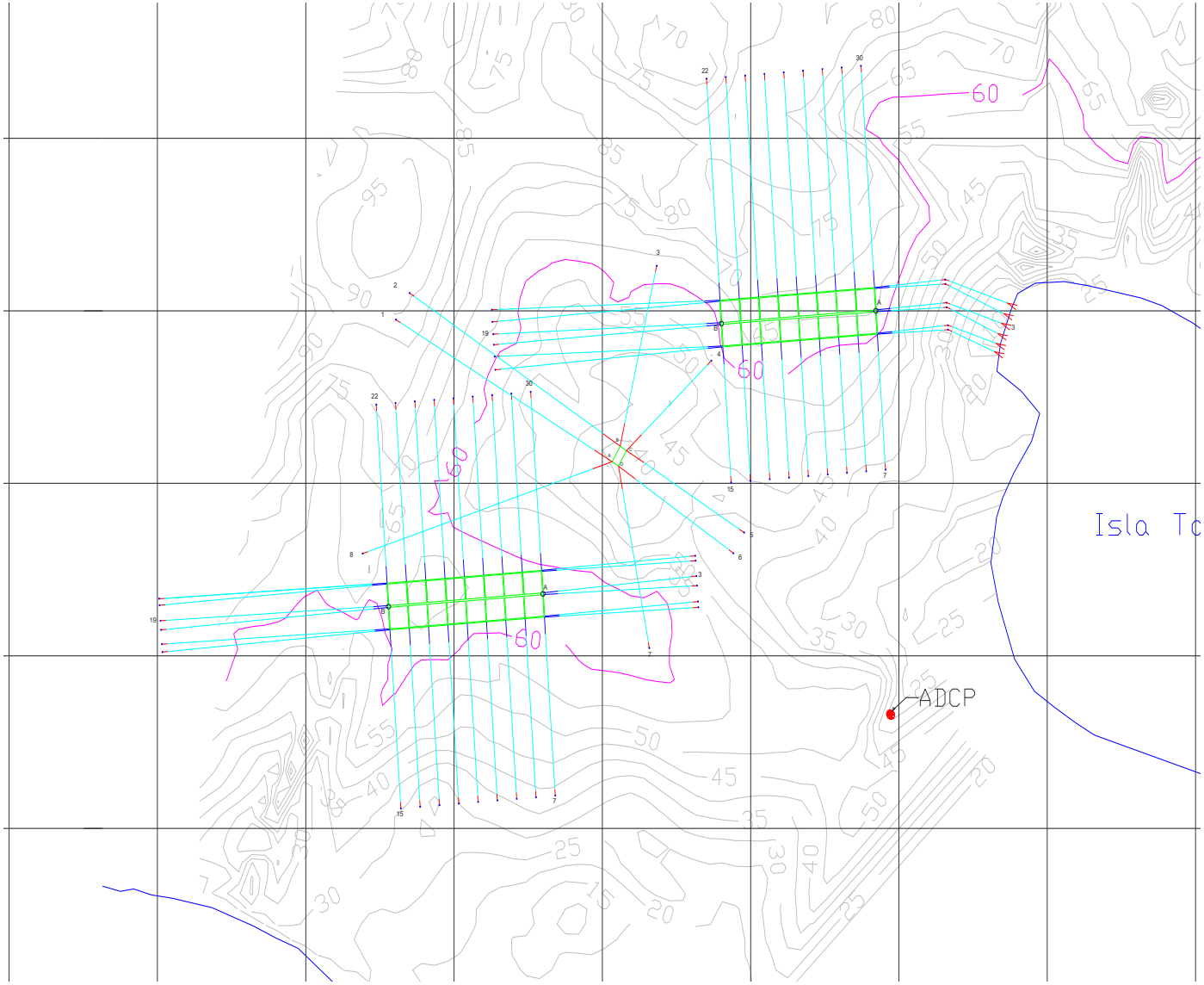
Abril, 2013

COMENTARIOS

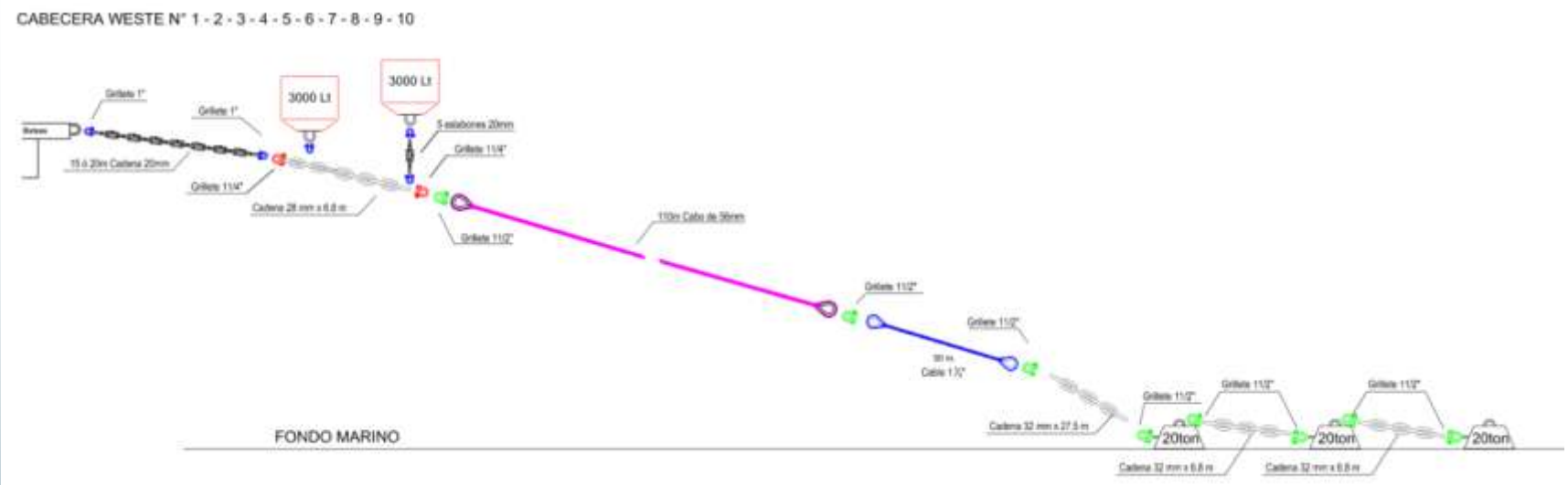


Ubicación ADCP

Ubicación ADCP



Cálculo Flotabilidad Boya

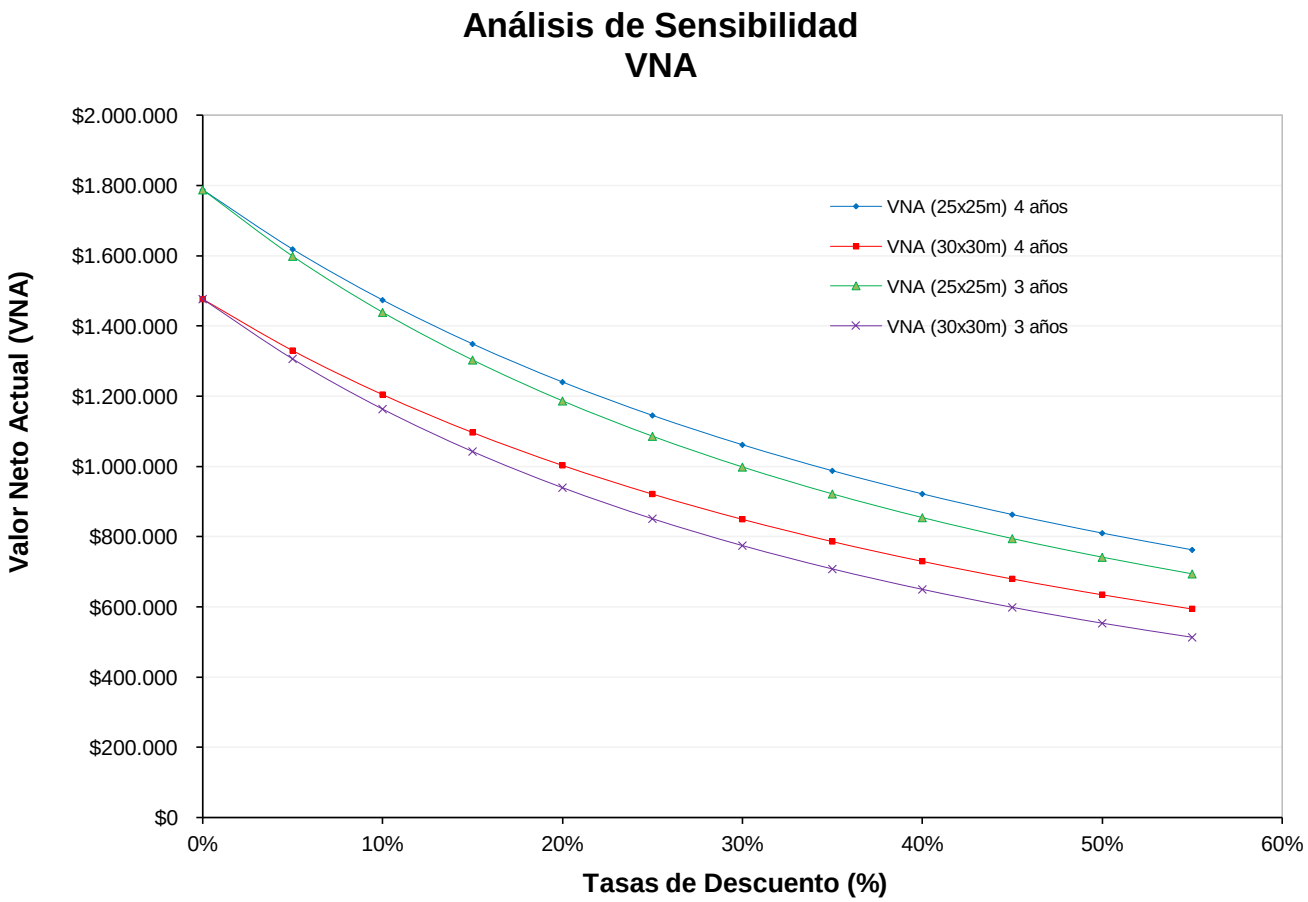


Profundidad caída pesos muertos 50 [m]

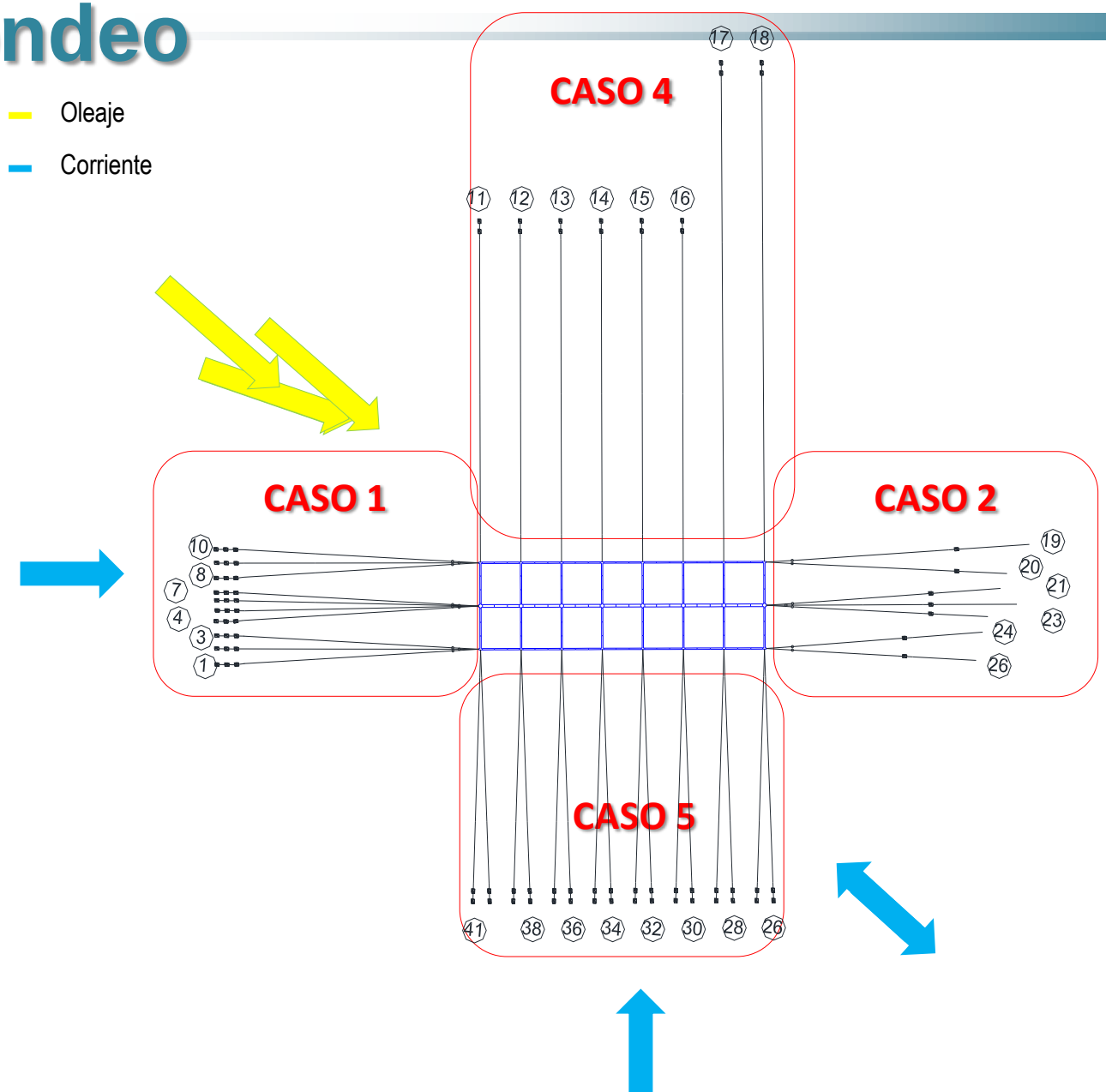
Largo de la línea de fondeo 160 [m]

Componente Vertical = $\frac{\text{Profundidad}}{\text{Largo Línea fondeo}} = \frac{160}{50} =$ ***3.2***

Sensibilidad del VAN



	Recambio @3años		
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
Flujo Caja 25x25	USD 383,169	USD 934,182	USD 470,174
Flujo Caja 30x30	USD 159,681	USD 934,182	USD 382,796

	Recambio @4años		
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
Flujo Caja 25x25	USD 383,169	USD 470,174	USD 934,182
Flujo Caja 30x30	USD 159,681	USD 382,796	USD 934,182

Solicitaciones Líneas de Fondeo