



Memoria del proyecto para optar al Título de
Ingeniero Civil Oceánico

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA INSPECCIÓN DE
CENTROS DE CULTIVO DE SALMÓN, DESARROLLADA
PARA LA EMPRESA ALSUR INGENIERÍA.**

GABRIEL ANDRÉS ALVEAR GUERRA

JULIO 2024

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA INSPECCIÓN DE CENTROS DE
CULTIVO DE SALMÓN, DESARROLLADA PARA LA EMPRESA ALSUR
INGENIERÍA.

Gabriel Andrés Alvear Guerra

COMISIÓN REVISORA	NOTA	FIRMA
CRISTIAN TORREJON Profesor guía	_____	_____
FELIPE CASELLI Revisor	_____	_____
MAURICIO REYES Revisor	_____	_____

DECLARACIÓN

Este trabajo, o alguna de sus partes, no ha sido presentado anteriormente en la Universidad de Valparaíso, institución universitaria chilena o extranjera u organismo de carácter estatal, para evaluación, comercialización u otros propósitos. Salvo las referencias citadas en el texto, confirmo que el contenido intelectual de este Proyecto de Título es resultado exclusivamente de mis esfuerzos personales.

La Universidad de Valparaíso reconoce expresamente la propiedad intelectual del autor sobre esta Memoria de Titulación. Sin embargo, en caso de ser sometida a evaluación para los propósitos de obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil Oceánico, el autor renuncia a los derechos legales sobre la misma y los cede a la Universidad de Valparaíso, la que estará facultada para utilizarla con fines exclusivamente académicos.

El presente documento se enmarca en las labores realizadas por el estudiante, como Ingeniero de Proyectos, en su paso por la empresa Alsur Ingeniería. Los resultados y la implementación de esta propuesta son de uso exclusivo de la empresa para la cual fue realizado el proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo agradezco con el corazón a los más importantes, a quienes fueron el pilar fundamental en todo mi proceso formativo, a mi gran familia de origen... mamá, papá, hermanas, hermanos, sobrinas y sobrinos. Porque para bien y para mal también, el tronco fundamental de lo que he sido, soy y probablemente seré, es gracias y por culpa de todas y todos ustedes, ¡les amo muchísimo!

En segundo lugar, pero solo temporal, compartiendo también el eslabón más importante, a mi hermosa familia progenitora, aquella que estamos recién formando con mi amada Tamara, nuestro bebé Awkita y nuestro otro bebé Pelluquito. Porque con su amor me reinicio, me recargo de energías y sueño en grande mi futuro.

A mi Tamarita, a tu lado recibí mi certificado de egreso, a tu lado firmé mi primer contrato como Ingeniero egresado, a tu lado recibí a mi hijo, a tu lado me voy a titular y a tu lado pretendo yo siempre estar... ¡te amo!

Por su puesto que a mis amigas y amigos de la U y a todo lo vivido en ella. A Ignacio (mi compadre de Agronomía), a los de civil (lo pasamos bien jaja), a mis ex compañeros de la jota y todo lo aprendido de esa etapa, a las/os voluntarias/os de la UV y a los que conocí en el camino de mi hermosísima profesión: Corbatita, Deivid, Cami, Monse, Jorgito, Patito, Checho y los Matis. Lo bueno se repite y de lo malo se aprende, pero siempre serán consideradas y considerados como una gran experiencia.

Al cuerpo académico de Ingeniería Civil Oceánica, con los que en más de una ocasión discutí por algo en alguna reunión o asamblea, pero con los que de una u otra forma siempre se pudo conversar. En especial, agradecer: a mi querido profesor Rodrigo Sazo, que siempre actuó con mucha nobleza y rectitud; al profe Pato po, admirable como persona y también como académico; profesor Bidart, hombre sabio, me recibió con las puertas abiertas cuando consulté por la carrera; don Mauricio Reyes, me hizo sacar canas verdes, pero siempre dispuesto a ayudar y transmitir sus conocimientos; a Matías Quezada y Mauricio Molina, Ingenieros Civiles Oceánicos que me han motivado con sus grandes aptitudes, logros y conocimientos; y al profesor Caselli, si, también discutimos hartito, pero un grandísimo profesor.

Finalmente, a Cristian, Gerardo y la empresa ALSUR, ya que en mi paso por ésta pude adquirir mi primera experiencia profesional y a partir de aquello y su apoyo pude definir mi proyecto de título.

A todas y todos, ¡¡muchas, muchas gracias!!

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	10
2	OBJETIVOS	11
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3	ALCANCES Y LIMITACIONES	12
4	MARCO TEÓRICO	13
4.1	ESTRUCTURAS DE CULTIVO DE SALMÓNIDOS EN CHILE.....	13
4.1.1	BALSAS JAULAS	14
4.1.1.1	PASILLOS	16
4.1.1.2	CONEXIÓN ENTRE PASILLOS.....	17
4.1.1.3	FLOTADORES	18
4.1.1.4	REDES	18
4.1.1.5	ELEMENTOS ACCESORIOS	19
4.1.2	SISTEMA DE FONDEO.....	19
4.1.2.1	BOYAS	20
4.1.2.2	LINEAS DE FONDEO	20
4.1.2.3	ANCLAJE.....	21
4.2	RIESGOS ESTRUCTURALES	23
4.2.1	EVENTOS OCEANOGRÁFICOS EXTREMOS	23
4.2.2	INSTALACIÓN DEFECTUOSA.....	23
4.2.3	IMPACTO DE EMBARCACIONES	24
4.2.4	CORROSIÓN	25
4.2.5	FOULING	25
4.2.6	FLOTABILIDAD	26
4.2.7	MANTENIMIENTO INADECUADO O INEXISTENTE	28
4.3	RESOLUCIÓN EXENTA 1821/3362 SUBPESCA.....	28
4.3.1	TITULO IV DE LA RESOLUCIÓN.....	28
4.3.1.1	PÁRRAFO I, DE LA TRAZABILIDAD	28
4.3.1.2	PÁRRAFO II, DE LA VERIFICACIÓN SEMESTRAL	29
4.3.1.3	PÁRRAFO III, DE LA CERTIFICACIÓN ANUAL	29
4.3.1.4	PÁRRAFO IV, DEL PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN.....	30

4.3.1.5	PÁRRAFO V, DE LA OPERACIÓN DE EMBARCACIONES	31
5	METODOLOGÍA	33
5.1	LECTURA Y ANÁLISIS DE LA RESOLUCIÓN 1821/3362	33
5.2	DETERMINACIÓN DE ASPECTOS TÉCNICOS Y OPERATIVOS	33
5.3	DESARROLLO DE METODOLOGÍAS DE INSPECCIÓN SUPERFICIAL Y DE FONDEO	33
5.4	IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS	33
6	RESULTADOS	34
6.1	ASPECTOS TÉCNICOS Y OPERATIVOS	34
6.2	DE LA TRAZABILIDAD	35
6.3	METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN SUPERFICIAL	38
6.3.1	IDENTIFICACIÓN DE PASILLOS	38
6.3.2	INSPECCIÓN SUPERFICIAL	39
6.3.2.1	MEDICIÓN DE DIMENSIONES	39
6.3.2.2	COORDENADAS DE JAULAS Y ARTEFACTOS ANEXOS	40
6.3.2.3	LEVANTAMIENTO DE CÓDIGOS	41
6.3.2.4	BÚSQUEDA DE ANOMALÍAS	41
6.3.2.5	MEDICIÓN DE FLOTACIÓN O FRANCOBORDO	42
6.3.2.6	ARTEFACTOS NAVALES ANEXOS	44
6.3.2.7	FOTOGRAFÍAS GENERALES	45
6.3.3	PROCESAMIENTO DE DATOS Y ENTREGABLES	45
6.4	METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN DE FONDEOS	46
6.4.1	TRAMO 1 DE FONDEO	46
6.4.2	TRAMO 2 y 3 DE FONDEO	47
6.4.2.1	IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS	48
6.4.2.2	INSPECCIÓN DE SISTEMA DE FONDEO	48
6.4.2.3	PROCESAMIENTO DE DATOS Y ENTREGABLES	50
6.5	IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS	51
6.5.1	INFORME TÉCNICO DE INSPECCIÓN	51
6.5.1.1	ANTECEDENTES GENERALES DEL CENTRO	51
6.5.1.2	IDENTIFICACIÓN DE PASILLOS	51
6.5.1.3	RESULTADOS INSPECCIÓN SUPERFICIAL	55
6.5.1.4	RESULTADOS INSPECCIÓN DE FONDEO	61
6.5.1.5	CONCLUSIONES	69

6.5.2	EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	70
7	CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES.....	77
8	REFERENCIAS	78
9	ANEXOS.....	80
9.1	ANEXO 1 GUIA PARA DETERMINAR NIVELES DE CRITICIDAD, FOULING Y SEGURIDAD.....	82
9.2	ANEXO 2 FICHA DE INSPECCIÓN SUPERFICIAL.....	103
9.3	ANEXO 3 PLANILLA DE FONDEOS.....	123
9.4	ANEXO 4 INFORME DE INSPECCIÓN DE FONDEOS.....	127

INDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Elementos trazables de un centro de cultivo acuícola.	29
Tabla 2:	Definición de criterios para determinar tipo de observación.	34
Tabla 3:	Definición de criterios para determinar nivel de fouling en líneas de fondeo.....	34
Tabla 4:	Definición de criterios para determinar nivel de seguridad en líneas de fondeo..	35
Tabla 5:	Ejemplo asignación de códigos.	36
Tabla 6:	Ejemplo de códigos de fabricación asociados a correlativos Alsur.	41
Tabla 7:	Ejemplo de registro de francobordo.....	44
Tabla 8:	Ejemplo registro de Reserva de Boyantes.....	44
Tabla 9:	Códigos de fabricación asociados a codificación en terreno: M100 y M200.	53
Tabla 10:	Coordenadas obtenidas en terreno de M100, M200 y Pontón.....	55
Tabla 11:	Registro de reserva de boyantes bajo el mínimo exigido por la norma.	57
Tabla 12:	Hallazgos moderados y críticos M100.....	60
Tabla 13:	Cantidad de líneas inspeccionadas y % de observaciones según tipo.	61
Tabla 14:	Identificación de líneas de fondeo.	62
Tabla 15:	Checklist de cumplimiento.....	70

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1:	Esmoltificación en agua dulce (izq), engorda en agua de mar (der).	13
Imagen 2:	Ejemplo de balsas jaulas, vista en planta.	14
Imagen 3:	Elementos que componen y se sostienen en una jaula.	15
Imagen 4:	Ejemplo de balsa jaula con redes y elementos de fondeo, vista frontal.	15
Imagen 5:	Ejemplo de tipo de pasillos.....	16
Imagen 6:	Ejemplo de pasillo y sistema de acople.	17
Imagen 7:	Ejemplo de flotador soplado con aire comprimido.	18
Imagen 8:	Elementos accesorios. Cruz de San Andrés, barandas y aro salvavidas.....	19
Imagen 9:	Ejemplo de boyas metálicas.....	20
Imagen 10:	Unión boya-cadena (grillete), unión cadena-cabo (guardacabo).....	21
Imagen 11:	Muerto de hormigón, Ancla y Perno de anclaje respectivamente.	22
Imagen 12:	Centro de cultivo afectado por temporal.....	23
Imagen 13:	Ancla mal fondeada (arriba), líneas cruzadas por mala instalación (abajo). ..	24
Imagen 14:	Pasillo con orificio (izq), acople hembra carcomido (der).....	25

Imagen 15: Cadena con fouling adherido.....	26
Imagen 16: Ausencia de flotadores (izq), pasillo sumergido por exceso de cargas (der)..	27
Imagen 17: Descripción de señalización de balsas jaulas.....	32
Imagen 18: Ejemplos de crotales y sellos de seguridad utilizados en la industria.	36
Imagen 19: Ejemplo nomenclatura de líneas de fondeo.....	37
Imagen 20: Diagrama de flujo inspección superficial.....	38
Imagen 21: Codificación Alsur generada en terreno.....	39
Imagen 22: Ejemplo medición de dimensiones.	40
Imagen 23: Ejemplos de anomalías encontradas.....	42
Imagen 24: Ejemplo para referenciar los lados de los pasillos.	43
Imagen 25: Ejemplo de medición de francobordo.	43
Imagen 26: Ejemplos de inspección artefactos anexos.	45
Imagen 27: Ejemplo de registro de inspección Tramo 1 de fondeo.	47
Imagen 28: Diagrama de flujo inspección de fondeo.....	48
Imagen 29: Ejemplo de registro en tramos 2 y 3 de fondeo.	49
Imagen 30: Planos de planta con codificación Alsur hecha en terreno: M100 y M200.	52
Imagen 31: Ubicación geográfica de los módulos y pontón, obtenida en terreno.	56
Imagen 32: Ubicación geográfica con respecto a las coordenadas de diseño.....	56
Imagen 33: Sobrecargas de operación en pasillos “C6” y “C7”.	57
Imagen 34: Registro de elementos con observaciones.	58
Imagen 35: Registro fotográfico representativo del estado del Pontón.....	59
Imagen 36: Arreglo general de líneas de fondeo.....	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Responsabilidad en numerales de la Resolución.....	76
Gráfico 2: Porcentaje de cumplimiento de la propuesta metodológica.	76

RESUMEN

La necesidad de estandarizar los procesos de inspección de centros de cultivo de salmón realizados por Alsur Ingeniería, en cumplimiento con la Resolución Exenta 1821/3362 de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, ha llevado al desarrollo de este proyecto. Su objetivo principal es establecer una metodología que responda a los requerimientos de dicha resolución mediante una propuesta metodológica detallada.

Para elaborarla, se hizo un profundo análisis de la base teórica de la resolución. Es por eso, que a lo largo del proyecto se estudia, además de la normativa, la composición de las estructuras de cultivo y los riesgos estructurales a los que éstas se enfrentan. A partir de la comprensión de estos tópicos y la observación en terreno, se determinan criterios técnicos para definir niveles de criticidad de hallazgos, niveles de seguridad y fouling en líneas de fondeo y aspectos operacionales necesarios para realizar una inspección. Con esto, se elabora una metodología para inspeccionar tanto las estructuras superficiales como de fondeo de un centro de cultivo y ésta se implementa a un proceso de inspección en la Región de Los Lagos. Finalmente se realiza un checklist que se enfoca en el cumplimiento de las exigencias establecidas en la resolución, en las responsabilidades de ejecutar cada aspecto señalado y en la experiencia práctica de la propuesta implementada.

Los resultados indican que la propuesta metodológica resuelve el 96% de los aspectos expuestos en la normativa (que son responsabilidad exclusiva de la inspección), quedando al debe solamente con la implementación de Discos Plimsoll en los flotadores. Ante esto, en las conclusiones se recomienda a las autoridades que aquella tarea se traspase a los fabricantes, pues son ellos los que diseñan los sistemas de flotación de acuerdo con los ensayos y/o modelaciones que realizan. Por otra parte, en cuanto a la determinación de los criterios para definir criticidad de hallazgos y niveles de seguridad se recomienda profundizar y continuar estudiando a través de la implementación de ensayos, modelaciones físicas y/o matemáticas. Si bien, la normativa establece como método válido la inspección visual, esta determinación es muy subjetiva, por lo tanto, se concluye que es necesario crear las herramientas para poder definir estos aspectos con mayor precisión.