



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y
Recursos Naturales.**

**ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE BRAZOS HIDRÁULICOS EN LA
PLATAFORMA DE VARAMIENTO DE ASTINAVE.**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO NAVAL

Presentado por:

Jaime Daniel Morán Bermúdez

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2013

AGRADECIMIENTO

A DIOS por estar a mi lado a lo largo de mi vida, a mis padres por su incansable apoyo y dedicación, a mi esposa e hija por su cariño y aliento, a toda las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo. Al M.SC. Patrick Townsend Director de esta Tesis por su orientación e invaluable ayuda, al Ph.D José Marín por el apoyo brindado.

DEDICATORIA

A Dios y a mis padres por ser mis fuentes de inspiración, a mí amada esposa e hija que son mi motivación para seguir adelante en mi vida, a mi hermana por su apoyo incondicional y a mis amigos por estar presentes en algunos episodios de mi vida.

DECLARACIÓN EXPRESA

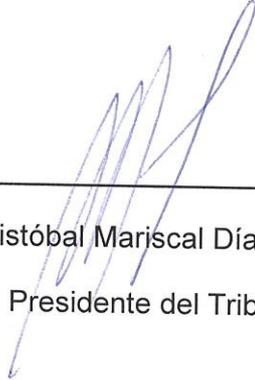
“La responsabilidad por los hechos, ideas, doctrinas expuestas y el contenido de esta Tesis de Grado, corresponden exclusivamente a su autor, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).

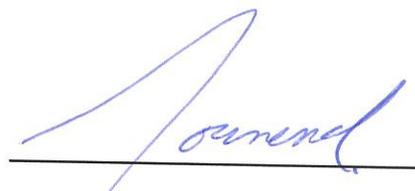
A handwritten signature in blue ink, reading "Jaime Daniel Morán Bermúdez", written over a horizontal line.

Jaime Daniel Morán Bermúdez.

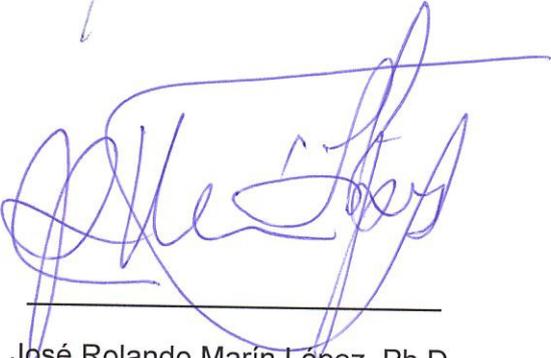
TRIBUNAL DE GRADO



Cristóbal Mariscal Díaz, M.Sc.
Presidente del Tribunal.



Patrick Townsend Valencia, M.Sc.
Director de Tesis.



José Rolando Marín López, Ph.D.
Miembro Principal.

RESUMEN

Cuando se está realizando una maniobra de varada el asentamiento de la embarcación en cualquiera de los picaderos genera una condición de flotabilidad y estabilidad, por consiguiente, cada embarcación tiene su plano de varamiento de acuerdo a las formas del casco y a la distribución de pesos, y cada astillero o varadero que desee varar una embarcación debe modificar o adaptar su estándar de cuna de varado al Plano de Varamiento ya establecido; estas modificaciones o adaptaciones determinan el tiempo de la maniobra, cantidad de gente y recursos a utilizar, y la seguridad de las maniobras.

Una posible mejora en la infraestructura de las plataformas de varamiento es la adaptación de brazos hidráulicos a la estructura principal como reemplazo de picaderos principales; esta modificación reduciría los tiempos de acñamiento y daría un factor de seguridad a la maniobra para corrección de escoras.

En la empresa Astinave en el año 2011 posterior a la ampliación en capacidad de la plataforma de varado de 400 toneladas a 700 toneladas, se tuvo la necesidad desvarar embarcaciones construidas en el Astillero con calados sobre los 12 pies; este hecho generó que se piense en las posteriores maniobras, es decir, maniobras de varado de estas mismas embarcaciones.

Se implementó el proyecto de instalación de cuatro brazos hidráulicos a la estructura principal de la plataforma, pero debido al corto lapso de tiempo para la construcción e instalación de los brazos hidráulicos solo se instalaron dos; los mismos fueron probados en la varada de una embarcación con resultados satisfactorios debido al desarrollo de la maniobra.

ÍNDICE GENERAL.

RESUMEN. _____ V.

ÍNDICE GENERAL. _____ VII.

ÍNDICE DE FIGURAS. _____ IX.

ÍNDICE DE TABLAS. _____ XII.

ÍNDICE DE ANEXOS. _____ XIX.

INTRODUCCIÓN. _____ 1.

CAPÍTULO 1: PROCEDIMIENTOS ACTUALES DE VARADO APLICADOS EN LOS ASTILLEROS DEL ECUADOR. _____ 4.

1.1 EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE LA EMBARCACIÓN A SER VARADA. _____ 5.

1.2 CRITERIOS DE ESTABILIDAD APLICADOS PARA LA MANIOBRA DE VARADA. _____ 8.

1.3 TIPOS DE MANIOBRAS DE VARADAS DE BUQUES. _____

¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.1.

1.4 EVALUACIÓN Y ESTÁNDARES DE RIESGOS.

¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.8.

CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LOS BRAZOS HIDRÁULICOS.

¡Error! Marcador no definido.5.

2.1 CONCEPTUALIZACIÓN DEL DISEÑO DE LOS BRAZOS HIDRÁULICOS. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

2.2 PREPARACIÓN DEL DISEÑO DE BRAZOS HIDRÁULICOS.
¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

2.3 CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE BRAZOS HIDRÁULICOS.
¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

2.4 LIMITACIONES DEL DISEÑO PROPUESTO. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.6

CAPÍTULO 3: mEDICIONES Y ANALISIS DE RESULTADOS. 49

3.1 MEDICIÓN DE TIEMPOS DE MANIOBRA. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

3.2 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN Y VENTAJAS ECONÓMICAS. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

3.3 ANÁLISIS DE LOS RIESGOS. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.6

CONCLUSIONES. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

RECOMENDACIONES. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ANEXOS. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

BIBLIOGRAFÍA. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

INDICE DE FIGURAS.

PÁG.

| | |
|---|-----|
| Figura No.1: Maniobra Tipo 1. | 12. |
| Figura No.2: Maniobra Tipo 2. | 13. |
| Figura No.3: Maniobra Tipo 3. | 13. |
| Figura No.4: Maniobra Tipo 4. | 14. |
| Figura No.5: Maniobra Tipo 5. | 14. |
| Figura No.6: 14/12/11, Sangay, Astinave EP. | 15. |
| Figura No.7: 11/5/10, Miguel Oliver, MetalShip. | 16. |
| Figura No.8: 7/6/10, Guardacostas, StarServices. | 17. |
| Figura No.9: 10/3/00, Pirina, Asenabra. | 17. |
| Figura No.10: Cadena de Riesgos. | 19. |
| Figura No.11: Daño de la plataforma de varado. | 22. |
| Figura No.12: Ubicación de los brazos en la plataforma. | 31. |
| Figura No.13: Distribución de cargas. | 32. |
| Figura No.14: Distribución de cargas, vista frontal. | 33. |
| Figura No.15: Carros de Transferencia nuevos. | 34. |

| | |
|--|-----|
| Figura No.16: Carros de Transferencia nuevos. | 35. |
| Figura No.17: Modelo de Unión de estructuras en Acad2000. | 36. |
| Figura No.18: Modelo de Unión de estructuras en Acad2000. | 37. |
| Figura No.19: Modelo de Unión de Estructura en SAP 2000. | 38. |
| Figura No.20: Modelo de Carga. | 40. |
| Figura No.21: Carros de transferencia nuevos y estructura cajón. | 42. |
| Figura No.22: Modificación de estructura para montaje de brazos hidráulicos. | 43. |
| Figura No.23: Montaje de cilindros y prueba. | 43. |
| Figura No.24: Accesorios Hidráulicos (300 bar.). | 44. |
| Figura No.25: Estructura de amarre adicionada. | 44. |
| Figura No.26: Estructura de amarre adicionada (cruquetas). | 45. |
| Figura No.27: Brazos Hidráulicos instalados. | 45. |
| Figura No.28: Brazos Hidráulicos en funcionamiento. | 46. |
| Figura No.29: Limitación de Brazos Hidráulicos – Apertura. | 47. |
| Figura No.30: Brazos hidráulicos en posición de mínima manga permisible. | 48. |

Figura No.31: Remolcador Sangay, varado utilizando los brazos hidráulicos de proa ya instalados. _____51.

Figura No.32: Yate Coral 2, varado utilizando los brazos hidráulicos de proa ya instalados. _____51.

Figura No.33: Sirius, varado utilizando los brazos hidráulicos de proa ya instalados. _____52.

Figura No.34: Remolcador Sirius, varado utilizando los brazos hidráulicos de proa ya instalados. _____52.

INDICE DE TABLAS.

PÁG.

Tabla No. I: Registro de Inspección, desarrollada por el autor de esta tesis.
_____ 7.

Tabla No. II: Ajustes y correcciones solicitadas. _____ 8.

Tabla No. III: Condiciones de entrada de embarcaciones.
_____ 12.

Tabla No. IV: Tipos de Riesgos, de acuerdo al INSHT y SART.
_____ 20.

Tabla No. V: Listado de actividades en maniobras de varado, desarrollado
por el autor de esta tesis. _____ 21.

Tabla No VI: Escoras Aceptadas. _____ 24.

INDICE DE TABLAS.

PÁG.

Tabla No. I: Registro de Inspección, creada por el autor de esta tesis. _____ II.

Tabla No. II: Ajustes y correcciones solicitadas. _____ III.

Tabla No. III: Condiciones de entrada de embarcaciones. _____ I

V.

Figura No.4: Maniobra Tipo 4. _____ V.

Figura No.5: Maniobra Tipo 5. _____ VI.

Figura No.6: 14/12/11, Sangay, Astinave EP. _____ VII.

Figura No.7: 11/5/10, Miguel Oliver, MetalShip. _____ 1.

Figura No.8: 7/6/10, Guardacostas, StarServices. _____ 1.

Figura No.9: 10/3/00, Pirina, Asenabra. _____ 1.

Figura No.10: Cadena de Riesgos. _____ 1.

Figura No.11: Daño de la plataforma de varado. _____ 1.

Figura No.12: Ubicación de los brazos en la plataforma. _____ 1.

Figura No.13: Distribución de cargas. _____ 1.

| | |
|--|----|
| Figura No.14: Carros de Transferencia nuevos. | 1. |
| Figura No.15: Carros de Transferencia nuevos. | 1. |
| Figura No.16: Modelo de Unión de estructuras en Acad2000. | 1. |
| Figura No.17: Modelo de Unión de estructuras en Acad2000. | 1. |
| Figura No.18: Modelo de Unión de estructuras en Acad2000. | 1. |
| Figura No.19: Modelo de Carga. | 1. |
| Figura No.20: Carros de transferencia nuevos y estructura cajón. | 1. |
| Figura No.21: Modificación de estructura para montaje de brazos hidráulicos. | 1. |
| Figura No.22: Montaje de cilindros y prueba. | 1. |
| Figura No.23: Accesorios Hidráulicos (300 bar.). | 1. |
| Figura No.24: Estructura de amarre adicionada. | 1. |
| Figura No.25: Estructura de amarre adicionada (cruquetas). | 1. |
| Figura No.26: Estructura de amarre adicionada (cruquetas). | 1. |
| Figura No.27: Brazos Hidráulicos en funcionamiento. | 1. |
| Figura No.28: Limitación de Brazos Hidráulicos – Apertura. | 1. |
| Figura No.29: Limitación de Brazos Hidráulicos – Cierre. | 1. |

Figura No.30: Remolcador Sangay. _____ 1.

Figura No.31: Yate Coral 2. _____ 1.

Figura No.32: Sirius. _____ 1.

Figura No.33: Remolcador Sirius. _____ 1.

INTRODUCCIÓN.

Durante la maniobra de varado las condiciones de estabilidad y flotabilidad de cualquier embarcación varían dependiendo la forma en que la embarcación asiente sobre los picaderos centrales; la manera de asegurar la embarcación posterior al asentamiento de la quilla en los picaderos centrales, es usar los picaderos laterales. ¿Cómo se podría mejorar la maniobra para reducir riesgos y recursos empleados? Una solución sencilla sería instalar equipos mecánicos o hidráulicos que reemplacen los picaderos laterales.

En la empresa Astinave posterior a la ampliación de la infraestructura finalizada en el 2011 y a las nuevas maniobras realizadas con embarcaciones de gran calado, se generó un proyecto para la instalación de cuatro cilindros hidráulicos con una estructura metálica similar a un antebrazo; estas estructuras reemplazarían los picaderos laterales de proa y popa durante las maniobras de varado. Debido a decisiones gerenciales y al corto lapso de tiempo que se tuvo para desarrollar todo el proyecto, solo se instalaron las dos estructuras de proa.

OBJETIVO GENERAL.

Determinar de manera experimental y teórica, si la modificación realizada a la plataforma de varamiento influye de manera beneficiosa a la realización de determinadas maniobras de varado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Comparar los nuevos tiempos de maniobra con la modificación realizada, respecto a los anteriores.
- Comparar los costos empleados en diseñar, construir e instalar esta modificación, versus el ahorro de costos en mano de obra y recursos de la empresa cuando esta modificación no estaba instalada.
- Evaluar los riesgos que se hallan en cada una de las actividades a realizarse durante toda la maniobra de varado y determinar si el proceso con la modificación realizada es menos inseguro.

BENEFICIOS.

Este trabajo servirá de consulta y concepto para futuros interesados en instalar este sistema o sistemas similares en sus plataformas de varamiento ya construidas, o en plataforma de varada por construirse.

HIPOTESIS.

Los resultados prácticos obtenidos posteriores a las maniobras realizadas, demuestran que el tiempo de ejecución de la maniobra y los riesgos que se generan al varar una embarcación disminuyeron debido a la utilización de los brazos hidráulicos.

CAPITULO 1.

1. PROCEDIMIENTOS ACTUALES DE VARADO APLICADOS EN LOS ASTILLEROS DEL ECUADOR.

Los procesos de varado se rigen básicamente por un plan de actividades que desarrolla cada varadero o astillero utilizando la infraestructura que tienen. En nuestro medio los varaderos y astilleros utilizan comúnmente carros de acero unidos con cadenas o estructuras tipo trapezoidal que se deslizan sobre rieles con pendiente en dirección hacia la ría.

Todas las actividades de varamiento dependen directamente de la experticia del personal que participa en cada una de las maniobras, sin embargo, en el desarrollo de toda actividad existen factores que pueden modificar

completamente el transcurso normal de una maniobra. Una manera efectiva de reducir riesgos, es disminuir factores que dependan directamente del recurso humano; por esto normalmente se realiza, instalaciones de equipos mecánicos o hidráulicos que reemplacen o disminuyan la cantidad de personal.

1.1 Evaluación de las condiciones de la embarcación a ser varada.

Generalmente todo procedimiento de varado inicia con la inspección de la embarcación, y en esta etapa generalmente se verifican los siguientes ítems de acuerdo a los instructivos de carenamientos, [1]:

- Dimensiones de la embarcación.
- Cargas que transporta la embarcación.
- Distribución de pesos.
- Calados.
- Escora¹.
- Ubicación de apéndices del casco tales como quillas, guardabalance, sonares, toberas, bulbos y otros.
- Ubicación de sistemas propulsores y de atraque.

¹ **Escora:** es la inclinación que toma un buque cuando éste se aparta de la vertical al sufrir un corrimiento de la carga u otros motivos. <http://es.wikipedia.org/wiki/Escora> 06/02/2013 - 22:12.

Cada varadero o astillero tiene condiciones que limitan la entrada de las embarcaciones tales como: capacidad de levante, dimensiones efectivas de varamiento, restricciones de calado, entre otros. La inspección previa que se realiza a la embarcación y el posterior análisis de las condiciones que presenta versus las condiciones que necesita el varadero para realizar la maniobra, determinan si la embarcación se encuentra en condición para ser varada².

Todos los detalles observados en las embarcaciones a vararse son registrados en la Tabla N°1, donde se anotan las dimensiones principales de la embarcación, el calado de proa y popa, la capacidad de los tanques, la descripción de la carga sobre cubierta, y los detalles sobre el sistema propulsor y el sistema de amarre; esta información sirve de referencia e historial para verificar parámetros para futuras maniobras.

² **Varada:** Puesta en seco o en la playa de una embarcación a fin de protegerla o repararla. www.wordreference.com/definicion/varada 20/03/2013 – 13:25.

| REGISTRO DE INSPECCIÓN DE EMBARCACION | | | | | |
|---|-----|---|--------------------------|-----|------|
| Registro No: | | | | | |
| Embarcación: | | | | | |
| Fecha Inspección: | | | | | |
| Fecha Estima de varamiento: | | | | | |
| Eslora [m]: | | Manga [m]: | | | |
| Calado Proa [m]: | | Francobordo Proa [m]: | | | |
| Calado Medio [m]: | | Francobordo Medio [m]: | | | |
| Calado Popa [m]: | | Francobordo Popa [m]: | | | |
| Escora [Ebr. o Bbr.] | | Plano de varado y curvas de estabilidad [sí o no] | | | |
| Capacidad Bodegas [gal]: | Nº1 | 0,00 | Capacidad Tanques [gal]: | Nº1 | 0,00 |
| | Nº2 | 0,00 | | Nº2 | 0,00 |
| | Nº3 | 0,00 | | Nº3 | 0,00 |
| Cap. Actual Combustible [gal]: | | Cap. Actual Lastre [gal]: | | | |
| Carga Sobre Cubierta: | | | | | |
| La embarcación es de tipo patrullera por lo que no tiene carga sobre cubierta | | | | | |
| Apéndices: Carece de Apéndices. | | | | | |
| Ubicación de Sistemas propulsores, Gobierno y de atraque: | | | | | |
| Sistema de propulsor a popa con patas de gallo, maquinas no operativas. | | | | | |
| Ubicación de Bitas de amarre: | | | | | |
| 2 bitas por banda y una central en proa, no tiene cabos para maniobra | | | | | |
| Observaciones: | | | | | |
| Posibilidad de varar en carros de transferencia. | | | | | |

Tabla N°I: Registro de Inspección de Embarcación, desarrollada por el autor de esta tesis.

Posterior a la etapa de inspección, viene la etapa de correcciones que se basan a criterios y restricciones propias del astillero. En esta etapa se solicita al personal responsable de la embarcación realice ajustes que permitan la

realización segura de la maniobra. En la Tabla N° II se puede observar las principales correcciones requeridas, [2]:

| ITEM | CORRECCIONES - AJUSTES |
|------|--|
| 1 | Liberación de cargas en todo el buque |
| 2 | Ajustes de calados de acuerdo a la restricción del astillero |
| 3 | Carecer de escoras visibles. |

Tabla N°II: Ajustes y correcciones solicitadas.

Finalizadas estas dos etapas, se define una fecha de varado que es aceptada por el cliente. Antes de iniciar el varamiento se realiza una “Evaluación de Riesgo”³ de las actividades a realizarse durante toda la maniobra de varado.

1.2 Criterios de estabilidad aplicados para la maniobra de varada.

En toda varada siempre está presente el riesgo de que el barco comience a escorarse a medida que la quilla comience a asentarse en los picaderos centrales o a medida que el nivel de agua comience a disminuir. Esto es lo que se denomina “Efecto de la varada sobre la estabilidad inicial” y depende

³ **Evaluación de riesgo:** es uno de los pasos que se utiliza en un proceso de gestión de riesgos. El riesgo se evalúa mediante la medición de los dos parámetros que lo determinan, la magnitud de la pérdida o daño posible L , y la probabilidad p que dicha pérdida o daño llegue a ocurrir, http://es.wikipedia.org/wiki/Evaluaci%C3%B3n_de_riesgo, 06/02/2013 – 14:15

de las características de estabilidad de la embarcación, la distribución de carga y la presencia de cuerpos extraños en la cama de varado en el instante de varar, [3].

Los conceptos de estabilidad que están presentes durante la maniobra de varamiento generalmente son desconocidos por el personal encargado de la misma. Los criterios de estabilidad que se aplican en las maniobras de varado se rigen básicamente por las condiciones que se describieron en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, estos criterios fueron determinados de acuerdo a la experiencia que se ha tenido en la realización de este tipo de maniobras y se rigen por los cálculos presentes en la teoría de la varada.

Retiro de cargas.

La presencia de cargas dentro de la embarcación podría causar un efecto negativo de producirse una escora durante el proceso de la maniobra. Las cargas que deben ser retiradas son:

- Cargas líquidas en tanques.
- Cargas sólidas en bodegas.

El retiro completo de toda carga afectará directamente a la estabilidad de la embarcación, por lo que la aplicación de este criterio depende directamente de la tripulación y del encargado de la embarcación. Además esto está establecido en el “Informe para el comité de Seguridad Marítima” que se aplica para todo tipo de embarcaciones, [4].

Eliminación de escoras visibles.

Este criterio se basa en la apreciación visual, ya que determinar realmente si un buque carece de escora no es posible. Generalmente todas las embarcaciones presentan deformaciones, razón por la cual el colocar un medidor de inclinación en algún lugar del buque u observar la escora desde una ubicación que permita apreciar todo el buque, tendría un cierto grado de error.

Cuando la embarcación ingresa a maniobra con escora “cero”⁴ y en el transcurso de la maniobra se produce una escora debido a diferentes factores conocidos o desconocidos. El tiempo que se tiene para realizar las correcciones o abortar la maniobra es mayor al tiempo que se tendría si la

⁴ **CERO:** Apreciación visual que la embarcación no navega escorada.

embarcación ingresara a maniobra con escora, alrededor de 15 minutos de acuerdo a la experiencia del autor de esta tesis.

Como es conocido toda embarcación debe cumplir con los criterios OMI de estabilidad, [5] pero cumplir con estos criterios no garantiza la inmunidad contra la zozobra durante el varamiento. Por lo que el buque deberá tener una reserva de estabilidad suficiente para soportar el momento escorante provocado por la reacción que se genera cuando el buque comienza a vararse., [6].

1.3 Tipos de maniobras de varadas de buques.

El determinar escenarios de maniobras respecto a la condición de entrada y el comportamiento de la embarcación durante la maniobra de varada, permite visualizar los posibles problemas y las soluciones necesarias. En la Tabla N° III se muestran las condiciones que podría presentar una embarcación durante la maniobra de varamiento, respecto al asiento⁵ y a la escora⁶ del buque de acuerdo a la experiencia del autor de esta tesis.

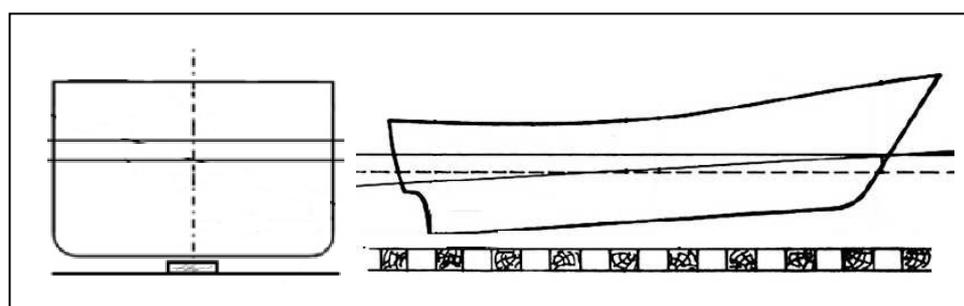
⁵ **Asiento:** se define como la diferencia entre el calado de popa y el calado de proa para una línea de flotación determinada, http://es.wikipedia.org/wiki/Asiento_%28n%C3%A1utica%29, 06/02/2013 – 22:11.

| CONDICIÓN DE LA EMBARCACIÓN | ESCENARIO |
|--|-----------|
| Sin Escora Transversal sin asiento | Nº1 |
| Con Escora Transversal sin asiento | Nº2 |
| Asentado en Proa sin asiento | Nº3 |
| Asentado en Popa sin asiento | Nº4 |
| Sin Escora Transversal, Asentado en Proa | Nº5 |
| Sin Escora Transversal, Asentado en Popa | Nº6 |
| Con Escora Transversal, Asentado en Proa | Nº7 |
| Con Escora Transversal, Asentado en Popa | Nº8 |

Tabla N°III: Condiciones de entrada de embarcaciones.

De acuerdo a los escenarios planteados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se pueden establecer los siguientes tipos de maniobra:

- **Maniobra Tipo 1:** Basada a partir del escenario Nº6 en el que se tienen condiciones iniciales favorables para la maniobra de varado. (Ver Figura N°1)



⁶ **Escora:** es la inclinación que toma un buque cuando éste se aparta de la vertical al sufrir un corrimiento de la carga u otros motivos, <http://es.wikipedia.org/wiki/Escora>, 06/02/2013 – 22:12.

Figura N°1: Maniobra Tipo 1.

- **Maniobra Tipo 2:** Derivación de la maniobra tipo 1 en la que se tienen condiciones iniciales favorables para la maniobra de varado, pero se tienen problemas en los niveles de agua o la información de los calados de la embarcación no fueron correctas. (Ver Figura N°2)

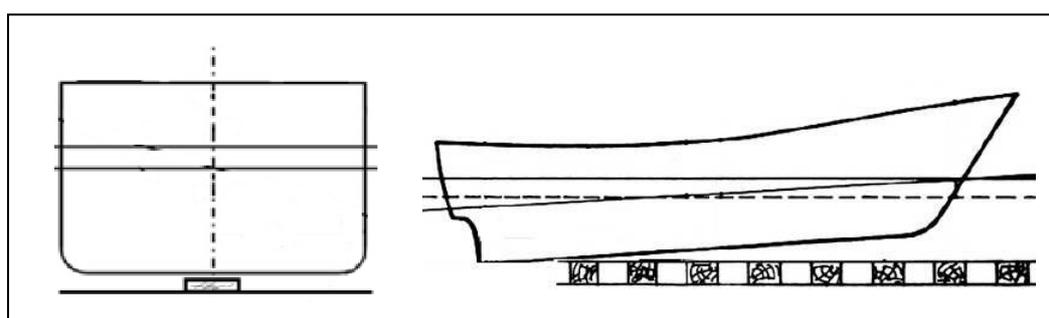


Figura N°2: Maniobra Tipo 2.

- **Maniobra Tipo 3:** Derivación de la maniobra tipo 1 en la que se tienen condiciones iniciales favorables para la maniobra de varado, pero no se tiene la información sobre apéndices del casco. (Ver Figura N°3)

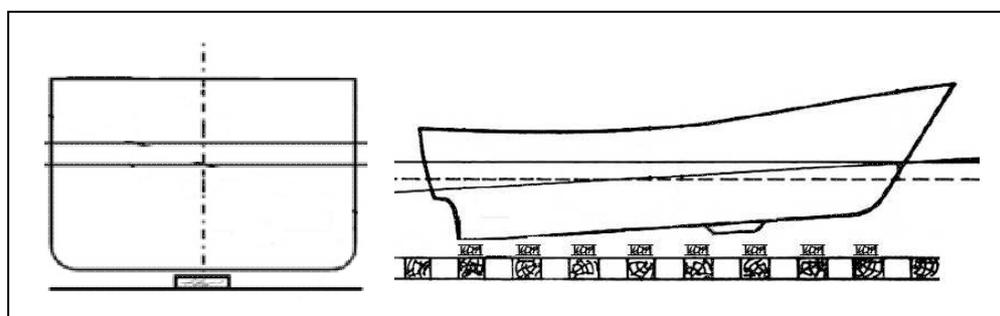


Figura N°3: Maniobra Tipo 3.

- **Maniobra Tipo 4:** Se considera la posibilidad de que a medida que avanza la maniobra la embarcación puede escorarse obteniendo una maniobra de este tipo, que se basa a partir del escenario N°8. Este fenómeno puede producirse por: Distribuciones de carga (personas caminando sobre cubierta, contenido de carga líquida o sólida mal compartida, o por la presencia de cuerpos extraños en la zona de los picaderos. (Ver Figura N°4)

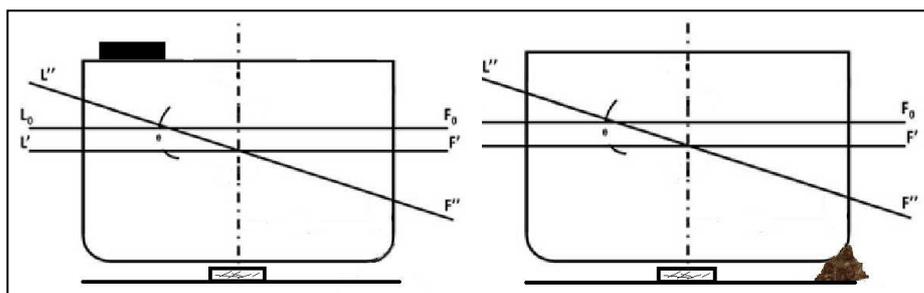


Figura N°4: Maniobra Tipo 4.

- **Maniobra Tipo 5:** Basada en el escenario N°5 en el que puede ocurrir que la embarcación tenga o no las condiciones de calado o niveles de agua adecuados para poder ser varada. (Ver Figura N°5)

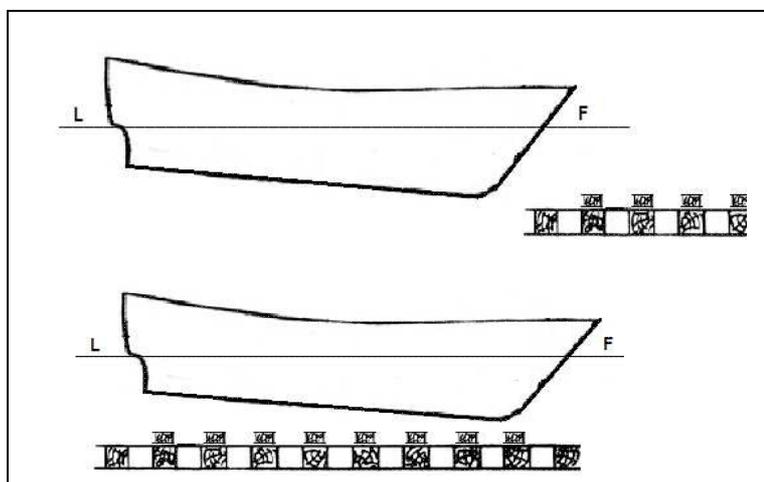


Figura N°5: Maniobra Tipo 5.

En cualquiera de los casos nombrados siempre existen riesgos en todas las actividades que se realizan. Si no se toman decisiones rápidas basadas en conocimientos y la experiencia adquirida, suelen ocurrir accidentes⁷ tales como los mostrados en las gráficas a continuación.

⁷ **Accidente:** es cualquier suceso que es provocado por una acción violenta y repentina ocasionada por un agente externo involuntario, y puede o no dar lugar a una lesión corporal, <http://es.wikipedia.org/wiki/Accidente>, 06/02/2013 – 22:17.



Figura N°6: R/Sangay, Astinave.(14/12/11)

En la Figura N°6 se observa una embarcación escorada dentro del canal de varadero; la causa que provocó este accidente fue la presencia de un madero atrapado entre el fondo del casco y la plataforma de varado.



Figura N°7: Miguel Oliver, MetalShip.(11/5/10)

En la Figura N° 7 se observa la embarcación escorada dentro del dique flotante; la causa que provocó este accidente fue una mala maniobra por parte del Astillero⁸. En la Figura N° 8 se observa una embarcación varada con una escora visible; en la Figura N° 9 se observa que la embarcación se asentó sobre la plataforma y debido a una inadecuada distribución de pesos a medida que fue bajando el nivel del agua fue escorándose.⁹



Figura N°8: Guardacostas, StarServices.(7/6/10)

⁸ <http://www.farodevigo.es/economia/2010/05/11/susto-astillero/437797.html>

⁹ Información obtenida por parte del personal que participó en la maniobra de varado de esta embarcación.



Figura N°9: Pirina, Asenabra. (10/3/00)

1.4 Evaluación y Estándares de Riesgos.

Para realizar una evaluación de riesgos¹⁰ se debe considerar esencialmente su naturaleza, es decir, facilidad de acceso o vía de contacto (posibilidad de exposición), las características del sector y/o población expuesta (receptor), la posibilidad de que ocurra y la magnitud de exposición y sus consecuencias. De esta manera se puede definir medidas adecuadas que permitan minimizar los impactos que se puedan generar.¹¹

¹⁰ **Riesgo:** es el resultado de la probabilidad de que ocurra un accidente y de la consecuencia de éste como una lesión, dolencia o daño, de acuerdo a OHSAS 18001:1999

¹¹ Parte del concepto tomado de: Anexo 1.3 – E.T.A, Análisis de Riesgos y Plan de Contingencias (Ítem 1004), Construcción del Sistema de Agua Potable y Saneamiento Cocani Ajllata y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable Pallayunga, La Paz, Octubre 2012.

Además de los factores mencionados se debe tener clara la cadena de riesgos, donde se identifican los factores en cada actividad que se realiza dentro de un proceso y la consecuencia que se tendrá si ocurre el accidente (Ver Figura N°10).

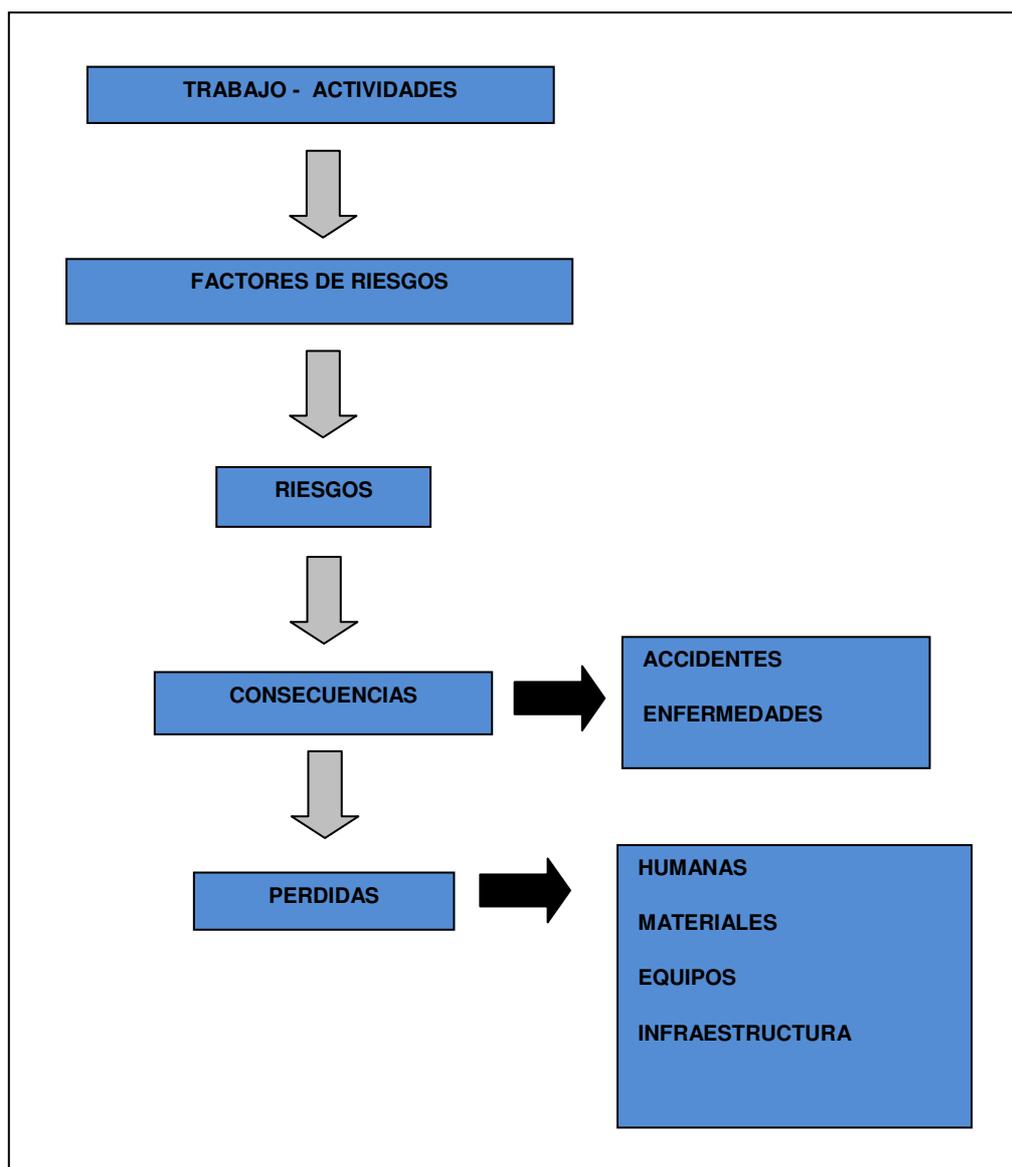


Figura N°10: Cadena de Riesgos., [7].

Basado en lo descrito por el INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España) y a lo establecido en el Sistema de Auditoría de Riesgos del Trabajo (SART), los Tipos de Riesgos de acuerdo a su origen son los detallados en la Tabla N° IV.

| TIPO DE RIESGO | ORIGEN DEL RIESGO |
|---------------------------|---|
| Físico | Originados por iluminación, ruido, vibraciones, temperatura, humedad, quemaduras, los cambios bruscos de presión, la radiación y la eléctrica. |
| Físico – Mecánicos | Producidos por la maquinaria, herramientas, instalaciones, superficies de trabajo, orden y limpieza. |
| Químicos | Pueden surgir por la presencia de gases, vapores o polvos tóxicos o irritantes y líquidos utilizados en los procesos laboral. |
| Biológicos | Ocasionados por el contacto de virus, bacterias, hongos, parásitos. Que suman también por microorganismos transmitidos por vectores como insectos, roedores. |
| Psicosociales | Son aquellos que tienen relación con la monotonía, repetitividad, turnos rotativos, trabajo nocturno, estrés, fobias. |
| Ergonómicos | Este tipo de contingencias ocurre con mayor frecuencia al manejar material. Originados por malas posturas en el trabajo, sobre esfuerzo físico, cuando los trabajadores deben transportar cargas pesadas, uso incorrecto de herramientas, maquinaria e instalaciones. |
| Incendios | Es el resultado de la combinación química de un material combustible con el oxígeno e presencia de una fuente de calor. Este tipo de contingencias ocurre en instalaciones eléctricas, fugas de combustible y lugares de almacenamiento. |

Tabla N° IV: Tipos de Riesgos, de acuerdo al INSHT y SART., [8].

Para el desarrollo de este trabajo, se va a considerar que la maniobra de varada se realiza directamente sobre la plataforma trapezoidal de varamiento; se establece además que el personal que participa en la maniobra de varado se encuentra capacitado, y que las normas de seguridad están correctamente establecidas.

Todas las actividades que realizan las personas tienen una posibilidad de error y el porcentaje de error humano que causa accidentes marítimos es el 74%¹², razón por la cual cualquier desviación dentro de las actividades que se cometa nos conduce a una zona de riesgo. En la Tabla N° V se han listado todas las actividades que son necesarias para poder llevar a cabo una maniobra de varada, en ella podemos observar la secuencia de trabajo que se realiza durante todo el proceso y los puntos de control.

¹² Tomado del National Transportation Safety Board, «Causas de los Accidentes Marítimos,» 1981.

| Ítem | Actividades |
|------|--|
| 1 | Ingreso de personal, ubicación de herramientas y accesorios. |
| 2 | Delimitación de área de trabajo. |
| 3 | Ubicación de personal de acuerdo a plan de varamiento. |
| 4 | Colocación de cables desde plataforma hasta molinetes |
| 5 | Bajado de plataforma hasta alcanzar nivel de agua requerida |
| 6 | Ingreso de unidad a canal. |
| 7 | Coger tiras del buque y colocarlo en las bitas del astillero |
| 8 | Verificación de calados por parte de los buzos |
| 9 | Verificación de cuerpos extraños en el agua por parte de los buzos |
| 10 | Sacar cables de los molinetes. |
| 10 | Subida de plataforma hasta asentar quilla-popa en picadero central |
| 11 | Verificación de calados por parte de los buzos |
| 12 | Verificación de adrizamiento de buque |
| 13 | Subida de plataforma hasta asentar completamente la quilla en picaderos centrales. |
| 14 | Verificación de calados por parte de los buzos |
| 15 | Verificación de adrizamiento de buque |
| 16 | Apuntalamiento de costados. |
| 17 | Esperar que baje el nivel de marea y verificación de ajuste de puntales. |
| 18 | Aseguramiento de picaderos laterales popa |
| 19 | Verificación de adrizamiento de buque |
| 20 | Retirada de puntales. |
| 21 | Verificación de adrizamiento de buque |
| 22 | Subida de plataforma o parrilla. |
| 23 | Aseguramiento de picaderos laterales en proa |
| 24 | Subida de plataforma o parrilla. |

Tabla N°V: Listado de actividades en maniobra de varado, desarrollado por el autor de esta tesis.

Para efectos de esta Tesis del listado de actividades descritas en la Tabla N° V, se enfatizó las que corresponden al “Asentamiento de la Embarcación (Actividades No.13, 15,16 ,19 y 21)”. En estas actividades se tiene el riesgo de que la embarcación se escor, ya sea por presencia de un cuerpo extraño en el agua o una mala distribución de pesos.

Las consecuencias que causarían que el buque se escor, podrían significar en el personal desde daños físicos hasta pérdidas humanas; también puede producirse el daño irreparable de la embarcación y el daño en la plataforma de varado. (Ver Figura N°11)



Figura N°11: Daño de la plataforma de varado.

Durante el proceso de varada existen actividades que deben ser controladas de manera más efectiva que otras, para disminuir el riesgo de un accidente.

Los métodos para controlar los riesgos son:

- Eliminar o reducir las fuentes de riesgo
- Capacitación de personal.

Para aplicar los métodos de control de riesgo se realizan charlas de capacitación al personal involucrado y modificaciones a la infraestructura. Cuando no se puede realizar modificaciones a la infraestructura por limitaciones económicas, el riesgo inherente que tienen ciertas actividades es estandarizado.

La estandarización de un riesgo es basado en la experiencia del personal a cargo de esa actividad. Para el presente estudio en la actividad “Asentamiento de la Embarcación” se ha evaluado que existe el riesgo de escora de la embarcación, cabe recalcar que de ocurrir este hecho no significa que la realización de la maniobra debe ser abortada.

Cuando ocurre una escora en el proceso de varamiento de una embarcación, se trata de corregirla aplicando los conceptos de la “Teoría de la Varada”, [9]. Cuando no es posible realizar la corrección de escora, se considera el valor estandarizado por el Astillero que indica valores aceptables para proceder con la maniobra o asegurar la embarcación hasta la siguiente marea¹³.

¹³ Tomado del Instructivo de Carenamiento para embarcaciones en el Varadero, 2011.

A continuación en la Tabla N° VI se presentan los valores de escora visible que el astillero tiene estandarizado para determinar si una maniobra es segura.

| Tipo de Embarcación | Escora Max |
|-----------------------------|-------------------|
| Pesqueros | 3° |
| Pasajeros | 3° |
| Remolcadores | 3° |
| Navales Guardacostas | 4° |
| Tanqueros | 5° |
| Cargueros | 5° |

Tabla N° VI: Escoras Visibles aceptadas.

CAPITULO 2.

2. DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LOS BRAZOS HIDRÁULICOS.

La implementación de los brazos hidráulicos en la plataforma principal del varadero de Astinave, fue realizada con los propósitos de disminuir los tiempos de las maniobras y disminuir los factores de riesgos en cada una de las actividades relacionadas con el apuntalamiento y aseguramiento de picaderos laterales.

2.1 Conceptualización del diseño de los Brazos Hidráulicos.

Para generar la conceptualización del diseño de los brazos hidráulicos se realizaron reuniones con el grupo de trabajo¹⁴. En cada reunión se revisó el listado de actividades que se realizan durante los procesos de varado, tanto en carros de transferencia como sobre la plataforma principal.

De cada una de estas reuniones se obtuvo una “lluvia de Ideas”¹⁵ donde se identificó las actividades críticas en los procesos de varado. Se plantearon modificaciones al desarrollo de los procesos, modificaciones a la infraestructura, aumento de recurso humano, etc. Para cuestiones de esta tesis nos enfocaremos en las soluciones propuestas para la maniobra de varado sobre la plataforma principal.

Posterior a este proceso se realizó una selección de ideas de todos los problemas planteados por el Grupo de Trabajo y sus soluciones, cada una de las soluciones fue evaluada para determinar cuál es la opción más apropiada. En la

¹⁴ **Grupo de trabajo** es un conjunto de personas asignadas o auto asignadas, de acuerdo a habilidades, conocimientos y competencias específicas (profesionales o expertos), para cumplir una determinada meta bajo la conducción de un coordinador, http://es.wikipedia.org/wiki/Grupo_de_trabajo, 12/02/2013 – 2:04.

¹⁵ **Lluvia de ideas**, es una herramienta de trabajo grupal que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un tema o problema determinado, herramienta ideada en el año 1938 por Alex Faickney Osborn, http://es.wikipedia.org/wiki/Lluvia_de_ideas, 12/02/2013 – 3:38.

Tabla N° VII se puede observar la evaluación realizada con la correspondiente solución.

| ITEM | PROBLEMA | EVALUACIÓN | | | SOLUCION PLANTEADA |
|------|---|--|-------------------|------------------------------------|---|
| | | RECURSOS | TIEMPO | TECNOLOGÍA | |
| 1 | Acumulación de Lodo en Canal | Mano de Obra, Materiales e Infraestructura | 1 año y 4 meses | Astillero Cuenta con tecnología | Construcción de Draga. |
| 2 | Des-alineamiento de Rieles | Mano de Obra, Materiales e Infraestructura | 5 meses | Astillero Cuenta con tecnología | Alineación y Cambio de Rieles. |
| 3 | Instalación de Puntales | Mano de Obra, Materiales e Infraestructura | 8 meses | Astillero No cuenta con tecnología | Construcción de Puntales tipo hidráulico. |
| 4 | Instalación de Picaderos Laterales | Mano de Obra, Materiales e Infraestructura | 1 mes y 3 semanas | Astillero Cuenta con tecnología | Instalación de Brazos Hidráulicos |
| 5 | Instalación de Picaderos Laterales | Mano de Obra, Materiales e Infraestructura | 10 meses | Astillero Cuenta con tecnología | Instalación de vigas intermedias para instalación de nuevos picaderos |
| 6 | Largo tiempo en cuadrar un buque en posición sobre plataforma | Mano de Obra, Materiales e Infraestructura | 8 meses | Astillero No cuenta con tecnología | Instalación de carro-bitas guías. |

Tabla N°VII: Evaluación de Soluciones.

Para seleccionar la solución adecuada a cada problema identificado se verifica la magnitud del mismo y sus consecuencias en el transcurso de la maniobra. Es evidente que los ítems 1 y 2 de la Tabla N°VII son problemas que se deben solucionar a largo plazo, ya que sus tiempos de desarrollo son

altos. Los ítems 3, 4, 5 y 6 son soluciones tecnológicas que requieren modificaciones en la infraestructura del varadero.

Se evidencia también que cada solución presentada involucra generar un proyecto de inversión dentro de la empresa; por ello es importante verificar los tiempos de desarrollo, cantidad de recursos y tecnología que se va a invertir en desarrollar esta solución. Se puede observar que el tiempo más corto de solución al problema, lo tiene el ítem 4 que trata sobre la instalación de brazos hidráulicos en la plataforma de varado.

2.2 Preparación del Diseño de Brazos Hidráulicos.

Posterior a la conceptualización del diseño, se generó la etapa de planeación del proyecto de mejora en la infraestructura del varadero. Dentro de las actividades de esta planeación se encuentra el diseño de los brazos hidráulicos, el mismo que tuvo los siguientes pasos:

- Ubicación de los brazos en la plataforma.
- Dimensionamiento del Cilindro Hidráulico y la estructura metálica soporte del brazo.
- Diseño de la estructura de unión entre plataforma y estructura del brazo.

Para realizar la ubicación de los brazos hidráulicos dentro de la plataforma se utilizó como referencia planos de varamiento de buques tanto en la modalidad de varado sobre plataforma como varado en extensiones¹⁶. En la Tabla N° VIII se observa la información de las embarcaciones utilizadas como guías:

| ITEM | EMBARCACION | TIPO | ESLORA [m] | MANGA [m] | CALADO [m] |
|------|-----------------|------------|------------|-----------|------------|
| 1 | Coral 1 | Yate | 39,07 | 8,54 | 2,40 |
| 2 | Western Pacific | Pesquero | 36,06 | 9,30 | 3,20 |
| 3 | Yole 1 | Pesquero | 30,00 | 7,00 | 3,00 |
| 4 | Pehuen | Remolcador | 29,50 | 7,50 | 3,50 |
| 5 | Ana | Pesquero | 30,73 | 6,70 | 3,10 |
| 6 | Parranda | Yate | 30,00 | 7,20 | 2,10 |
| 7 | Jubones | Remolcador | 32,60 | 7,90 | 3,65 |
| 8 | Tarqui | Pesquero | 31,80 | 6,86 | 3,65 |
| 9 | María | Pesquero | 32,62 | 7,32 | 2,74 |
| 10 | María Isabel | Pesquero | 36,35 | 8,00 | 3,60 |
| 11 | Sangay | Remolcador | 35,00 | 9,00 | 4,00 |

Tabla N° VIII: Información de embarcaciones varadas sobre la plataforma.

Luego se ubicó sobre el perfil de la plataforma el perfil de cada uno de los barcos con sus correspondientes picaderos laterales, se reemplazó los

¹⁶ Varado en extensiones, era una modalidad donde se colocaban estructuras sencillas con ruedas, amarradas al carro principal con vigas soldadas y unidas entre sí con cadenas.

picaderos laterales por los brazos hidráulicos tanto en proa como en popa. En la Figura N° 12 se puede observar la posición longitudinal seleccionada para los brazos hidráulicos. Esta posición fue elegida considerando que abarcaba la mayor cantidad de aproximaciones a la posición de los picaderos laterales. En el Anexo A se detallan las modelizaciones realizadas hasta llegar con la final.

La capacidad de levante de la plataforma del Varadero Astinave es de 700 toneladas y con este valor se generó una distribución de cargas que soportaría cada cilindro al momento de varar completamente una embarcación. El caso crítico que se planteó se presenta con la embarcación escorada fuera de los rangos considerados en la Tabla N° VI, es decir, con una escora de 10° en este caso, solo uno de los brazos hidráulicos trabajarían soportando el peso del buque.

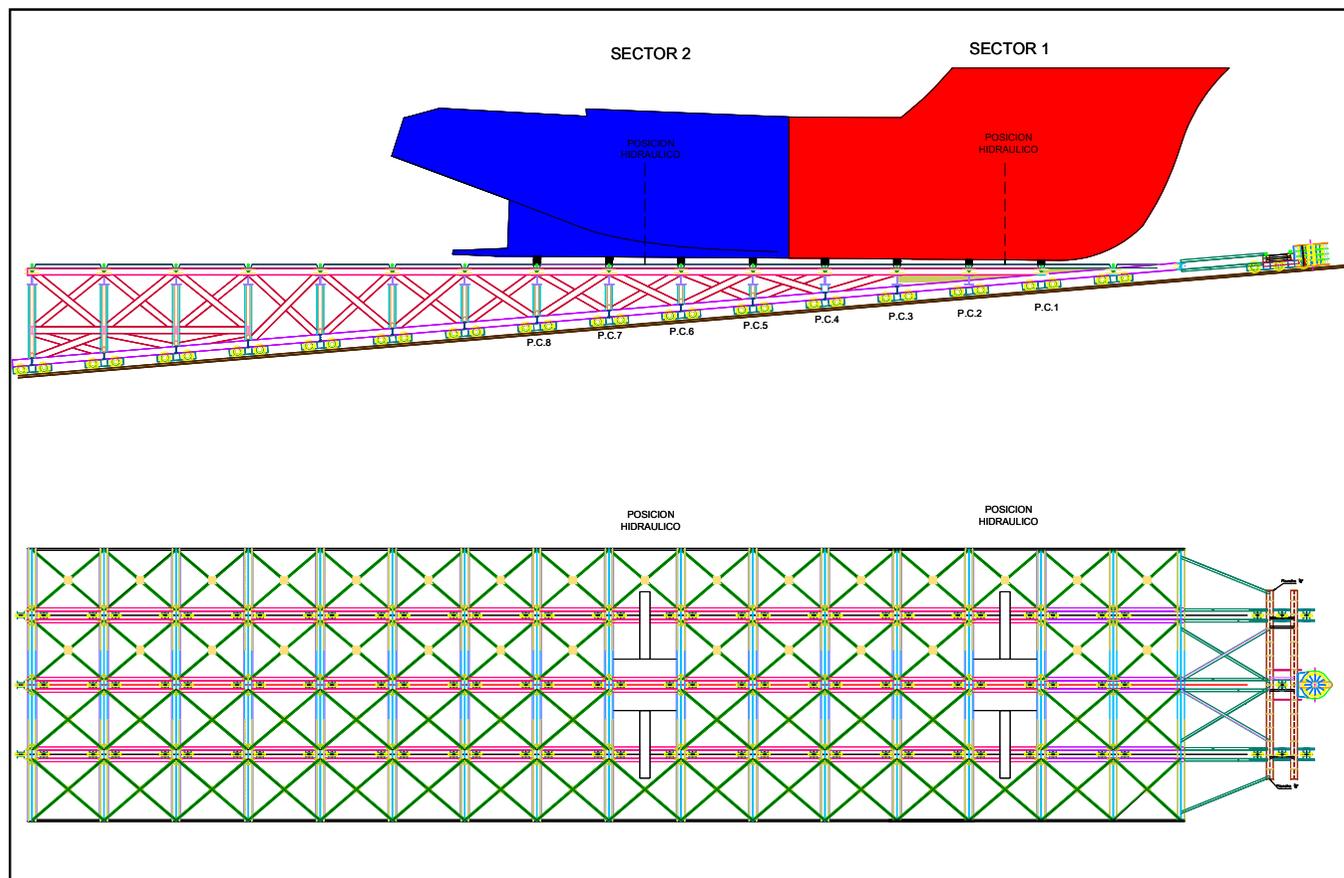


Figura N°12: Ubicación de los brazos en la plataforma.

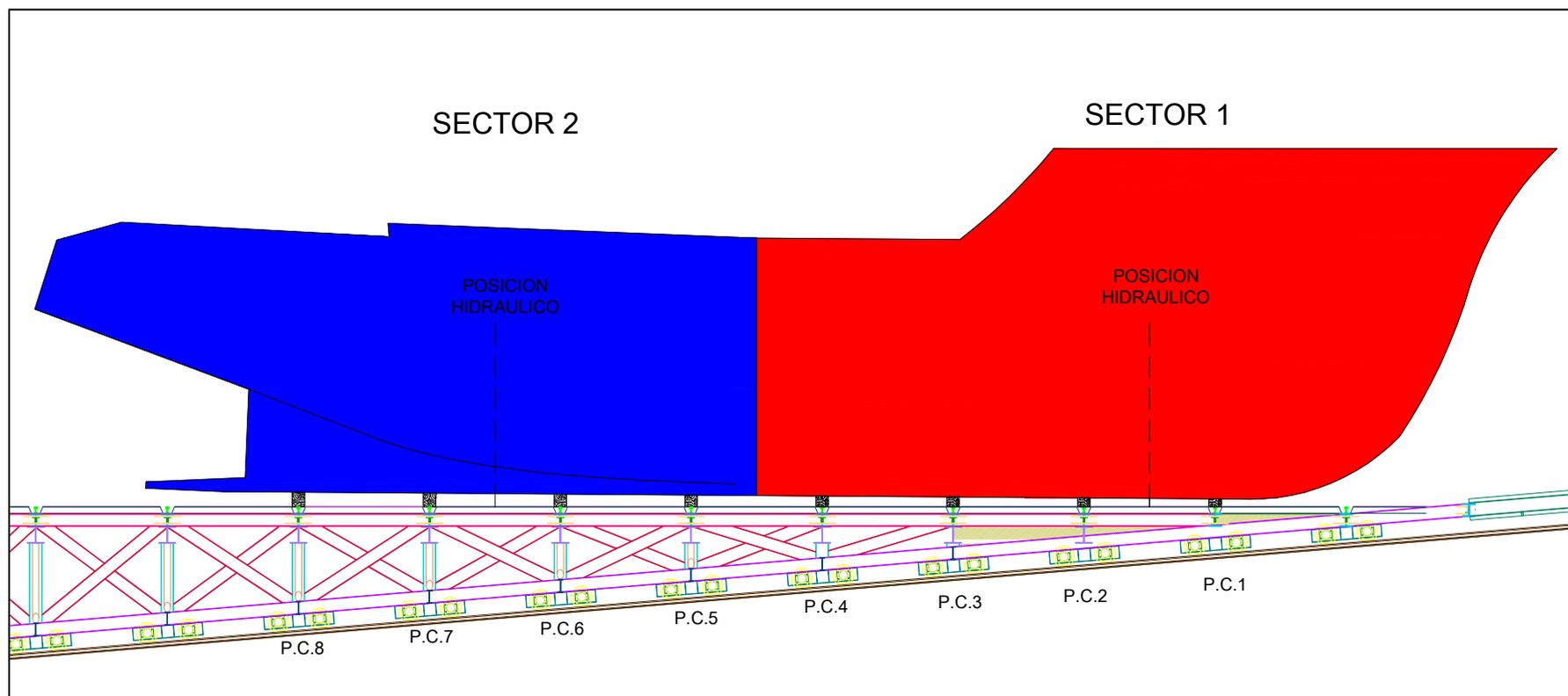


Figura N°13: Distribución de Cargas.

De acuerdo a la situación descrita anteriormente y a lo que se puede observar en la **Figura N° 12** y en la

Figura N° 13, la carga se distribuye de la siguiente manera (Ver Figura N° 14):

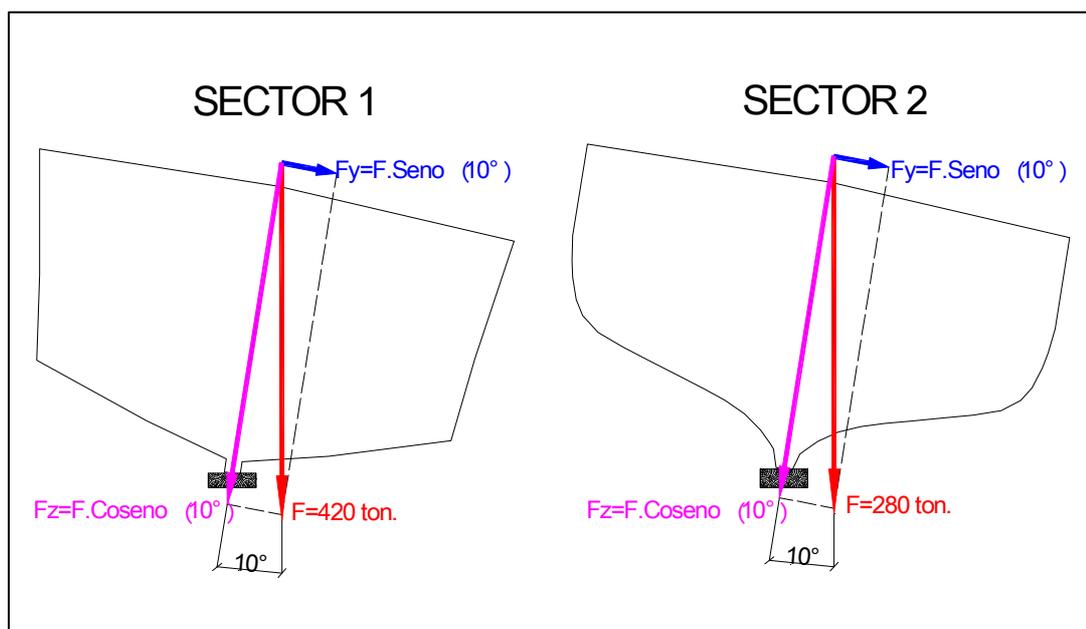


Figura N°14: Distribución de Cargas, vista frontal.

- **Sector 1:** 60 % de la carga total (420 toneladas), existen un total de 4 picaderos centrales y un picadero lateral trabajando. La componente de la fuerza hacia los picaderos centrales serían F_z : 413,61 toneladas, es decir, cada picadero central estaría soportando 103,40 toneladas. La carga que soportaría el picadero lateral, en este caso reemplazado por el brazo hidráulico sería de F_y : 72,92 toneladas.

- **Sector 2:** 40% de la carga total (280 toneladas), existen 4 picaderos centrales y un picadero lateral trabajando. La componente de la fuerza hacia los picaderos centrales sería F_z : 275,74 toneladas, es decir, cada picadero central estaría soportando 68,93 toneladas. La carga que soportaría el picadero lateral, en nuestro caso reemplazado por el brazo hidráulico sería de F_y : 48,62 toneladas.

En el proceso de ampliación del Varadero de Astinave se compró cilindros hidráulicos ENERPAC RR-15032 con una capacidad de 140 toneladas para los nuevos carros (Ver Figura N° 15). Ya que la capacidad de carga de estos cilindros excede la necesitada (72,92 ton y 48,62 ton) y por tenerlos en stock se decidió utilizarlos estos para la construcción de los brazos.



Figura N° 15: Carros de Transferencia Nuevos.

Al utilizar los cilindros hidráulicos existentes se decidió utilizar toda la estructura que soporta al cilindro, ya que es un diseño probado en las instalaciones de la empresa. Generalmente cuando se excede de la carga los daños en los carros de transferencia ocurren en la estructura de las ruedas y no en la estructura de alojamiento de los cilindros, tal como se puede apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**



Figura N° 16: Daño en carro de transferencia nuevo.

La estructura de unión fue definida inicialmente en sitio por el autor de este trabajo y posteriormente se realizó una modelización de la estructura de amarre en el programa SAP2000 que emplea el método de elementos finitos.

El modelo numérico empleado se puede apreciar en la

Figura N° 17, Figura N° 18 y Figura N° 19.

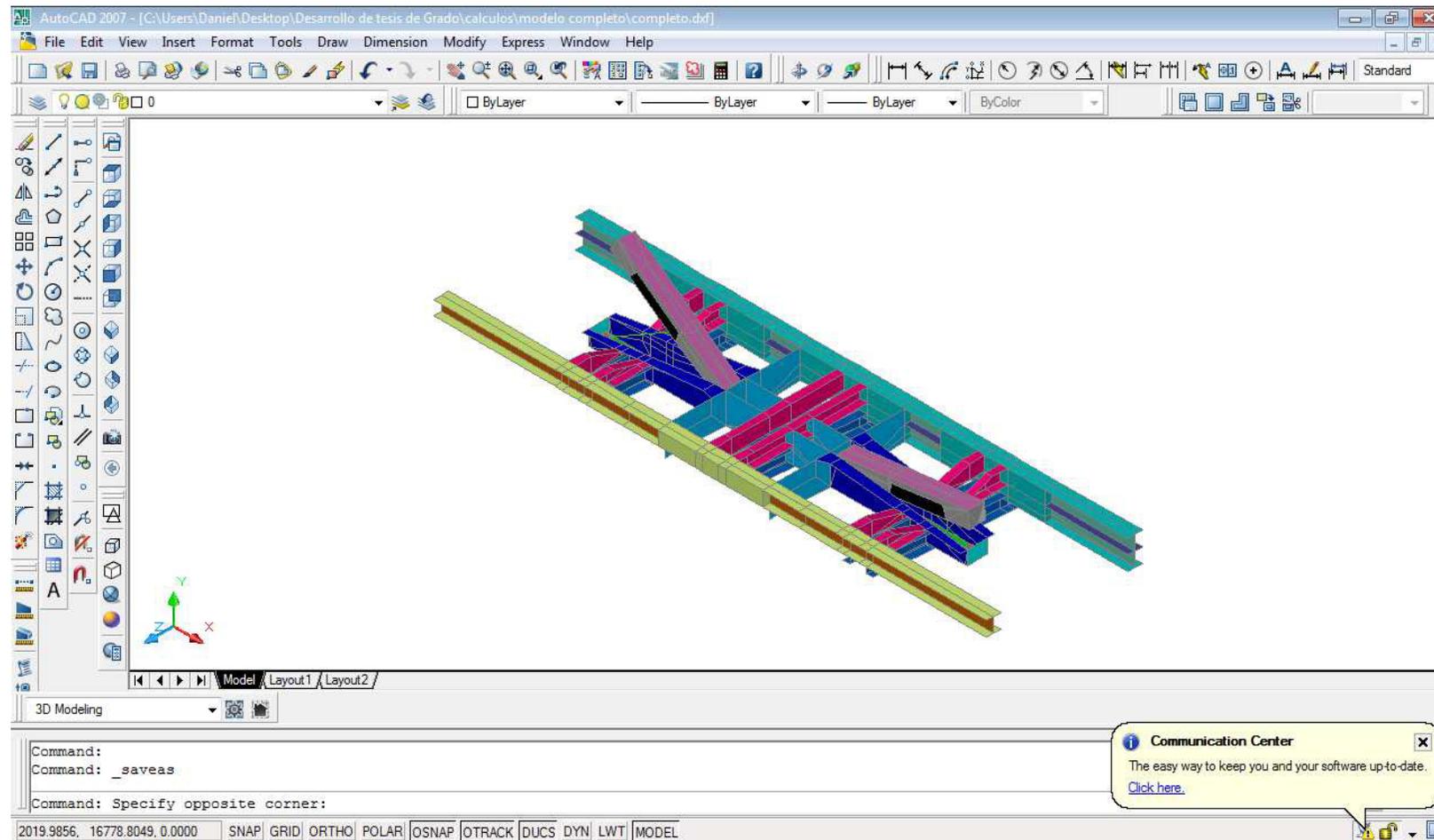


Figura N°17: Modelo de la estructura generado en A cad 2000.

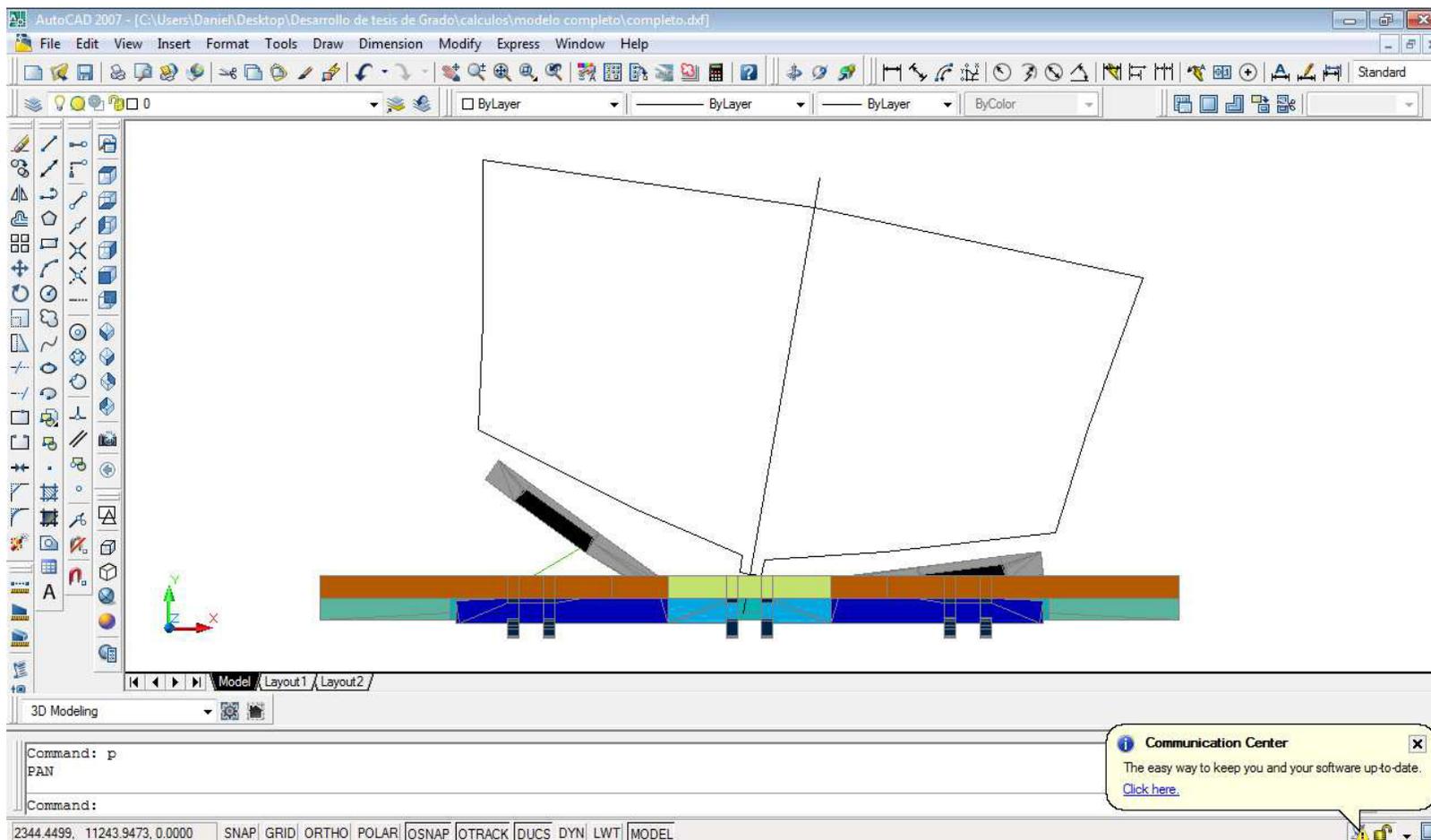


Figura N°18: Modelo generado en Acad 2000.

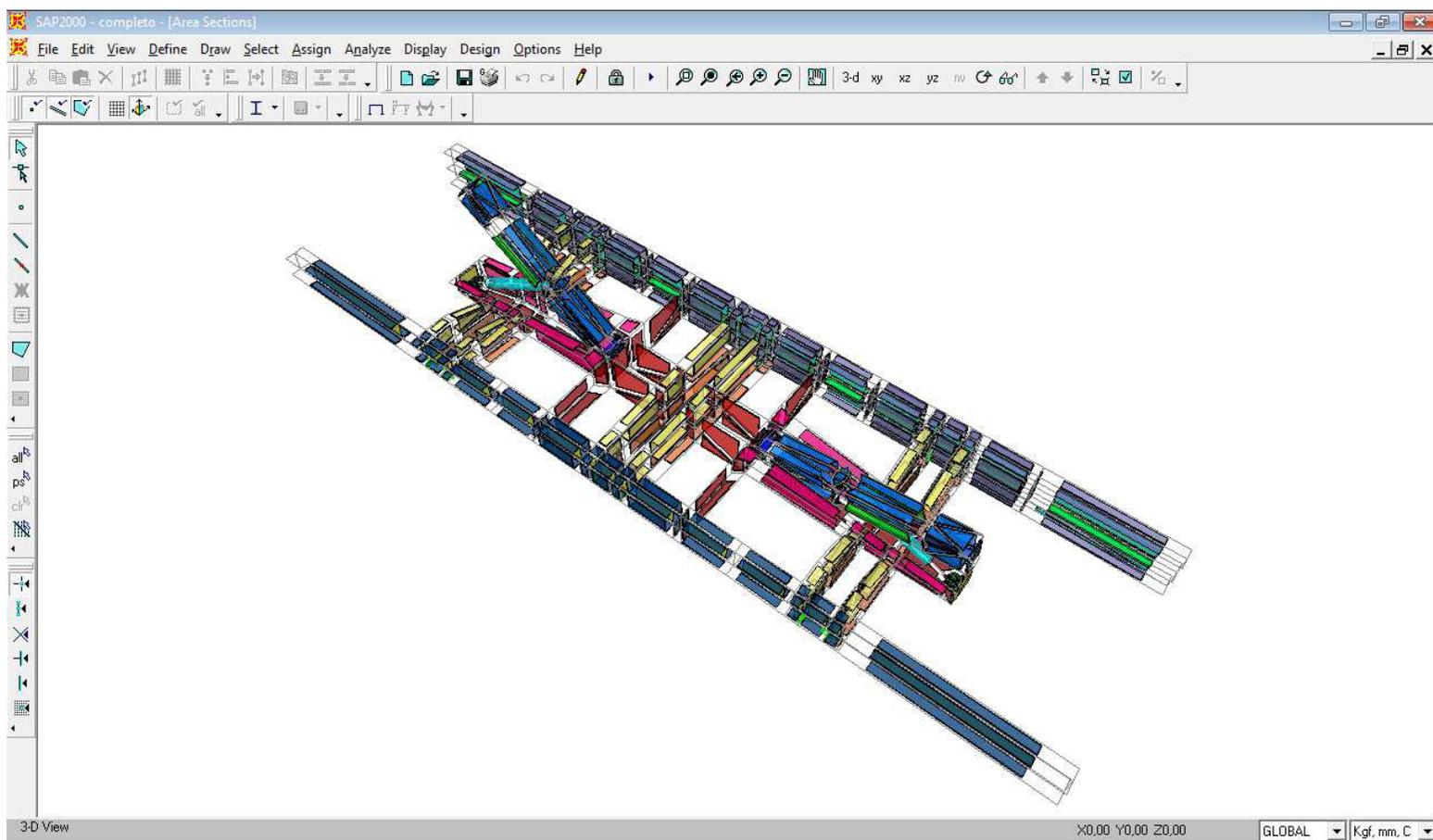


Figura N° 19: Modelo de Unión de Estructura en SAP2000.

El modelo estructural fue realizado sólo para los brazos delanteros debido a una decisión de Gerencia de implementar solamente los brazos hidráulicos delanteros, se generó el modelo estructural de acuerdo al concepto de que la embarcación no debe escorarse más de 10°.

Se emplearon 872 nodos para la discretización del modelo, se usaron 1072 elementos SHELL para simular el conjunto de vigas y sus correspondientes uniones, se utilizó 10 elementos FRAME para modelar los ejes que dan movilidad al brazo hidráulico y se utilizó 2 elementos FRAME adicionales para modelar los cilindros hidráulicos. Las restricciones utilizadas en el modelo son del tipo empotrado y fueron ubicadas en las 6 intersecciones de las vigas principales con el soporte de las ruedas; la carga fue aplicada en el nodo 750, lugar donde se ubica la almohada de madera que ajusta el casco.

El diseño de cargas a aplicar al modelo fue considerado de acuerdo a lo presentado en la Figura N° 20, donde se presenta una simulación de la embarcación escorada 10°, cuyas cargas se describen en la Tabla N° IX.

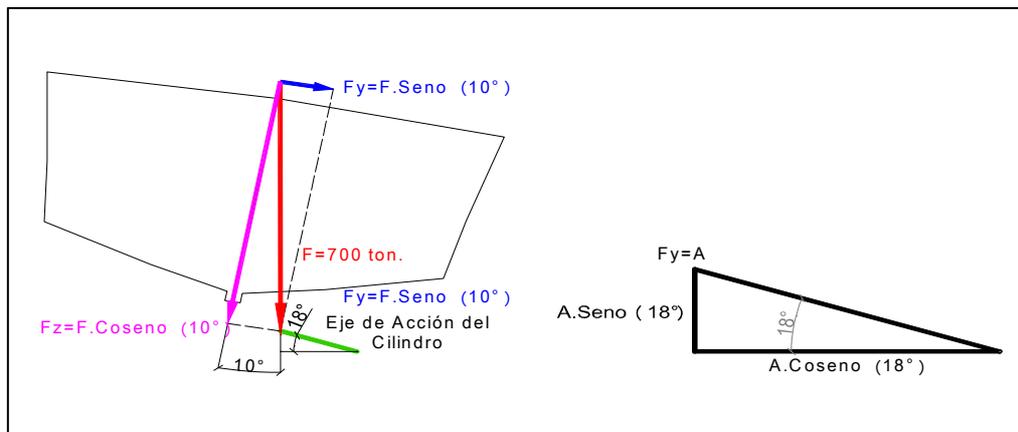


Figura N°20: Modelo de Carga.

| CARGA DE LA EMBARCACION (F) | | | | 700,00 ton |
|-------------------------------------|-------------|-----------|----------------------|----------------------|
| Inclinación | Coseno(10°) | Seno(10°) | F _z [Ton] | F _y [Ton] |
| 10° | 0,98 | 0,17 | 689,37 ton | 121,55 ton |
| CARGA SOPORTADA POR EL CILINDRO (A) | | | | 121,55 ton |
| Inclinación | Coseno(18°) | Seno(18°) | A _z [Ton] | A _y [Ton] |
| 18° | 0,95 | 0,31 | 37,56 ton | 115,60 ton |

Tabla N°IX: Modelación de Cargas.

Los resultados obtenidos de la modelación de la estructura de unión, dieron valores de deflexiones máximas de 2 mm y valores de esfuerzos muy por debajo del esfuerzo de fluencia del acero 2.559 kg/cm^2 . En la Tabla N° X se observan los resultados de los esfuerzos a los cuales estará sometido el modelo de acuerdo a la carga modela.

| | | |
|-------------------------|-----|----------------------------|
| S11 | máx | 439,38 kg/cm ² |
| | min | -452,91 kg/cm ² |
| S22 | máx | 297,95 kg/cm ² |
| | min | -242,37 kg/cm ² |
| S12 | máx | 303,52 kg/cm ² |
| | min | -310,54 kg/cm ² |
| S_{MAX} | máx | 534,76 kg/cm ² |
| | min | -300,39 kg/cm ² |
| S_{MIN} | máx | 534,76 kg/cm ² |
| | min | -300,39 kg/cm ² |
| SVM | máx | 670,60 kg/cm ² |
| | min | 0,03 kg/cm ² |
| S13 | máx | 68,56 kg/cm ² |
| | min | -6,02 kg/cm ² |
| S23 | máx | 50,99 kg/cm ² |
| | min | -50,87 kg/cm ² |
| S_{MAXV} | máx | 228,14 kg/cm ² |
| | min | -131,99 kg/cm ² |

Tabla N°X: Resultados de Esfuerzos de la Modelación.

2.3 Construcción e Instalación de Brazos Hidráulicos.

Verificado que los resultados obtenidos del análisis de los esfuerzos y desplazamientos de la estructura de soporte fueron adecuados, se generó una secuencia de pasos para la construcción

- Selección de dos Cilindros
- Selección de Acero

- Construcción de los brazos y estructura de unión
- Montaje de Cilindros y Pruebas.

Como se mencionó anteriormente los 2 cilindros hidráulicos ya existían del proyecto de ampliación del varadero; por ello el proceso de selección y compra de los cilindros no se realizó si no se realizó un ajuste a la existencia. La estructura de unión de los cilindros con el cajón de acero se construyó con el material seleccionado del stock de bodega. En la Figura N°21 se observa la estructura cajón ya construida.



Figura N°21: Carros de Transferencia Nuevos y estructura cajón.

El proceso de montaje de la estructura cajón inició con la modificación de la estructura ya construida. Se aplicó proceso de corte con oxiacetilénico y proceso de soldadura SMAW y posteriormente se instalaron los cilindros con todos sus accesorios.



Figura N°22: Modificación de Estructura para montaje de brazos hidráulicos.

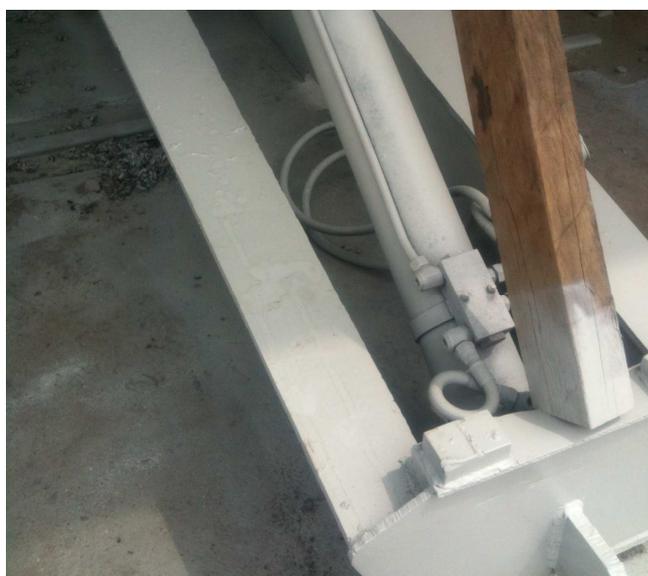


Figura N°23: Montaje de Cilindros y pruebas.



Figura N°24: Accesorios Hidráulicos (300 Bar).

Luego se instalaron estructuras no consideradas en el modelo, así como crucetas de ángulos de acero (L:3 in x 3 in x 8 mm) y escuadras confeccionadas con láminas de acero de 9 mm.



Figura N°25: Estructura de amarre adicionada.



Figura N°26: Estructura de amarre adicionada (crucetas).



Figura N°27: Brazos Hidráulicos instalados.



Figura N°28: Brazos Hidráulicos en funcionamiento.

2.4 Limitaciones del diseño propuesto.

Las limitaciones del diseño instalado se refieren a la envergadura del conjunto estructura – cilindros, como ejemplo tenemos la Figura N°29; donde se observa que mientras más bajo es el fondo del casco de la embarcación o más escorado se encuentre (mayor de 10°) la sujeción del brazo se reduce. En esta condición carga pasaría finalmente a ser soportada completamente por la estructura de la plataforma de varamiento.

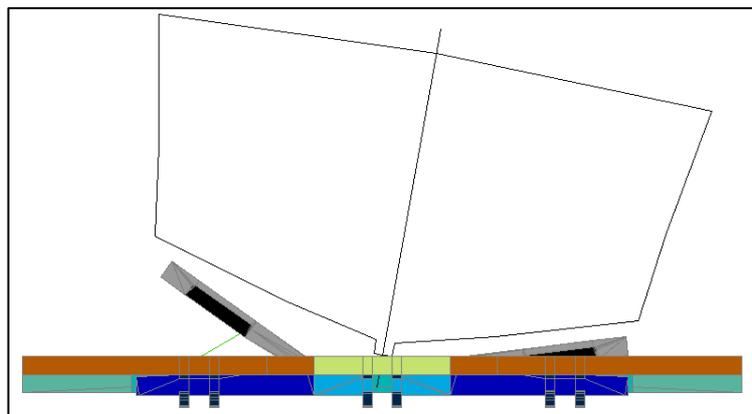


Figura N°29: Limitación de Brazos Hidráulicos - Apertura.

Similar problema se tendrá si la embarcación tiene muy poca manga, ya que por diseño lo máximo que se pueden abrir los brazos hidráulicos es 90° lo que da una zona de aplicación de 2280 mm.

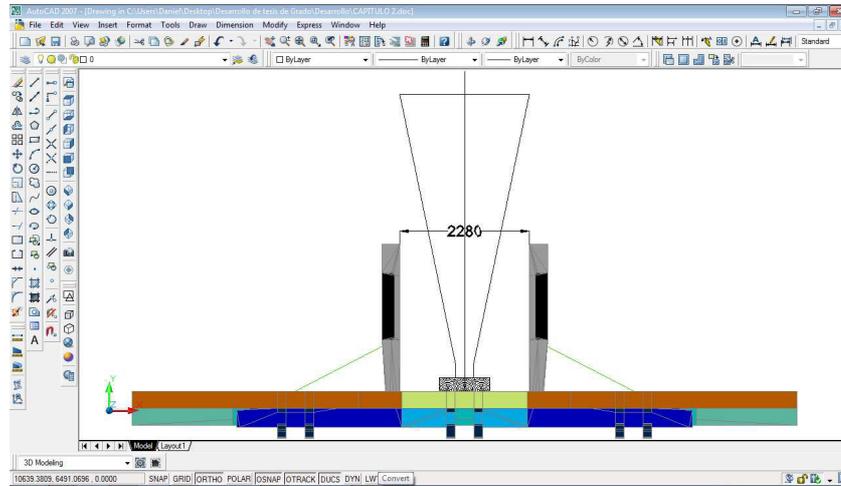


Figura N°30: Brazos hidráulicos en posición de mínima manga permisible.

CAPITULO 3.

3. MEDICIONES Y ANALISIS DE RESULTADOS.

Como método de control de la empresa, se realizaron mediciones de los tiempos empleados y recursos utilizados en cada maniobra de varado sobre la plataforma para diferentes embarcaciones; este proceso fue realizado de manera similar una vez se instalaron los brazos hidráulicos. A través de estas mediciones se verificó la disminución de los factores de riesgos que dependen directamente del recurso humano y se estimó las reducciones de costos por mejora del proceso de varamiento.

3.1 Medición de Tiempos de Maniobra.

Los tiempos y recursos utilizados en realizar una maniobra dependen directamente de la planificación que se realiza antes de hacer una maniobra.

La planificación determina la cantidad de personal que se utilizará y el tiempo aproximado de duración de la maniobra. Se realizaron las mediciones de tiempos y cantidad de personal utilizado para 8 maniobras de varado, tal como se puede observar en la Tabla N° XI.

| ITEM | NOMBRE | FECHA | HH _{APROX} | OBSERVACIÓN |
|------|-------------------|------------|---------------------|---------------|
| | EMBARCACION | | | |
| 1 | R. Isla Mondragon | 21/09/2009 | 170 | Sin Brazos H. |
| 2 | Tip Top 3 | 08/09/2010 | 180 | Sin Brazos H. |
| 3 | Submarino NN | 09/10/2010 | 160 | Sin Brazos H. |
| 4 | Nacy Tide | 06/09/2011 | 140 | Sin Brazos H. |
| 5 | R. Sangay | 14/12/2011 | 380 | Con Brazos H. |
| 6 | Coral 2 | 31/05/2012 | 40 | Con Brazos H. |
| 7 | L/Sirius | 18/09/2012 | 100 | Con Brazos H. |
| 8 | R. Sirius | 29/01/2013 | 120 | Con Brazos H. |
| 9 | Fernandina | 14/04/2013 | 60 | Con Brazos H. |

Tabla N° XI: Mediciones de tiempos y HH en maniobras de Varado.

A continuación se muestran las imágenes de las embarcaciones varadas utilizando los brazos hidráulicos. (Ver Figura N°31, Figura N°32, Figura N°33 y Figura N°34)



Figura N°31: Remolcador Sangay, varado utilizando los brazos hidráulicos de proa ya instalados.



Figura N°32: Yate Coral 2, varado utilizando los brazos hidráulicos de proa ya instalados.



Figura N°33: L/Sirius, varado utilizando los brazos hidráulicos de proa ya instalados.



Figura N°34: Remolcador Sirius, varado utilizando los brazos hidráulicos de proa ya instalados.

De la Tabla N° XI se obtiene que: desde el buque No. 1 hasta el No. 4 los promedios de maniobra son de 8 horas con 162,50 Horas-Hombre. El resto de buques excluyendo el ítem No. 5 los promedios de maniobra disminuyen a 4 horas con 80 Horas-Hombres debido a la utilización de los brazos hidráulicos.

El buque No.5 corresponde a la maniobra realizada con el Remolcador Sangay donde ocurrió un accidente; debido a esto, los valores de Horas Hombres y el tiempo empleado tuvieron un incremento considerable.

3.2 Estimación de Costos de Implementación y Ventajas Económicas.

En la Tabla N°XII se pueden observar los promedios de utilización de Horas-Hombres y tiempo obtenidos para cada una de las maniobras sin y con la implementación de los brazos hidráulicos.

| MANIOBRA SIN HIDRÁULICOS | | | |
|---------------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| ITEM | NOMBRE | HH_{APROX} | Δ_{TIEMPO} |
| | EMBARCACION | | |
| 1 | Isla Mondragón | 170 | 8:30 |
| 2 | Tip Top 3 | 180 | 9:00 |
| 3 | Submarino NN | 160 | 8:00 |
| 4 | Nacy Tide | 140 | 7:00 |
| PROMEDIO HH | | 162,5 | |
| PROMEDIO TIEMPO | | | 8:07 |
| MANIOBRA CON HIDRÁULICOS | | | |
| ITEM | NOMBRE | HH_{APROX} | Δ_{TIEMPO} |
| | EMBARCACION | | |
| 1 | Coral 2 | 40 | 2:00 |
| 2 | L/Sirius | 100 | 5:00 |
| 3 | R/Sirius | 120 | 6:00 |
| 4 | Fernandina | 60 | 4:00 |
| PROMEDIO HH | | 80 | |
| PROMEDIO TIEMPO | | | 4:15 |

Tabla N° XII: Promedios HH y Tiempo de maniobra.

De la Tabla N° XII se obtiene, que el tiempo de maniobra se reduce un promedio de 4 horas, esto significa un ahorro de 82,5 horas-hombre. En la Tabla N° XIII se detalla el ahorro debido a la implementación de los brazos hidráulicos, es decir, el ahorro de los principales recursos que participan en la maniobra de varamiento con sus costos unitarios¹⁷ asociados.

¹⁷ Tomado de la cartilla de Costos Astinave EP.

| MANO DE OBRA | | | |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|
| DESCRIPCION | HORAS | COSTO UNITARIO | COSTO |
| Maniobra | 7,00 HH | 4,04 USD/HH | USD 28,28 |
| Ayudante Maniobra | 7,00 HH | 2,02 USD/HH | USD 14,14 |
| Seguridad Industrial | 7,00 HH | 4,04 USD/HH | USD 28,28 |
| Buzo | 6,00 HH | 4,04 USD/HH | USD 24,24 |
| Ayudante Buzo | 6,00 HH | 2,02 USD/HH | USD 12,12 |
| Carpintero | 7,00 HH | 4,04 USD/HH | USD 28,28 |
| Ayudante Carpintero | 7,00 HH | 2,02 USD/HH | USD 14,14 |
| Operador de Grúa | 5,00 HH | 4,04 USD/HH | USD 20,20 |
| Operador de Montacargas | 5,00 HH | 4,04 USD/HH | USD 20,20 |
| Motorista | 7,00 HH | 4,04 USD/HH | USD 28,28 |
| Ayudante Motorista | 7,00 HH | 2,02 USD/HH | USD 14,14 |
| Jefe de Varadero | 4,50 HH | 4,60 USD/HH | USD 20,70 |
| Supervisor de varadero | 7,00 HH | 7,25 USD/HH | USD 50,75 |
| COSTO MANO DE OBRA (A) | | | USD 303,75 |
| MATERIALES | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO |
| Madera | 1,00 GLOB | 300,00 USD/GLOB | USD 300,00 |
| Clavos | 1,00 GLOB | 5,00 USD/GLOB | USD 5,00 |
| Cabos | 1,00 GLOB | 50,00 USD/GLOB | USD 50,00 |
| Combustible (Diesel) | 50,00 GAL | 2,00 USD/GAL | USD 100,00 |
| COSTO MATERIALES (B) | | | USD 455,00 |
| MAQUINARIAS | | | |
| DESCRIPCION | HORAS | COSTO UNITARIO | COSTO |
| Grúa | 4,00 H | 35,00 USD/H | USD 140,00 |
| Montacargas | 4,00 H | 25,00 USD/H | USD 100,00 |
| Winche Principal | 4,00 H | 150,00 USD/H | USD 600,00 |
| Motosierra | 4,00 H | 3,75 USD/H | USD 15,00 |
| COSTO MAQUINARIAS (C) | | | USD 855,00 |
| COSTO TOTAL (A+B+C) | | | USD 1.613,75 |

Tabla N°XIII: Tabla de Ahorro de Costos.

Los costos de inversión para la instalación de los 4 brazos hidráulicos y el costo de mantenimiento por un año se detallan en la Tabla N°XIV.

| DESCRIPCION | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | SUBTOTAL |
|---------------------------|----------|-------------------|----------------------|
| Implementación de Diseño | 80 HH | 4,00 USD/HH | USD 320,00 |
| Cilindros 140 ton | 4 unid | 4.000,00 USD/unid | USD 16.000,00 |
| Adquisición de Acero | 7.000 kg | 1,50 USD/kg | USD 10.500,00 |
| Confección de Estructura | 7.000 kg | 3,50 USD/kg | USD 24.500,00 |
| Madera para almohadas | 4 unid | 60 USD/unid | USD 240,00 |
| Confección de Almohadas | 32 HH | 6 USD/HH | USD 192,00 |
| Utilización de Grúa | 48 H | 35 USD/H | USD 1.680,00 |
| Utilización de Montacarga | 32 H | 25 USD/H | USD 800,00 |
| Accesorios Hidráulicos | 4 Kit | 300 USD/kit | USD 1.200,00 |
| Montaje | 144 HH | 6 USD/HH | USD 864,00 |
| Pruebas y Ajustes | 72 HH | 6 USD/HH | USD 432,00 |
| Aceite hidráulico | 250 lt | 35 USD/lt | USD 3.500,00 |
| Mantenimiento Anual | 1 glob | 500 USD/glob | USD 500,00 |
| GRAN TOTAL | | | USD 65.978,00 |

Tabla N°XIV: Tabla de Costos de Inversión.

De la Tabla No. XIV se tiene que el costo completo de inversión del proyecto y del mantenimiento por un año es **USD 65.978,00** y de la Tabla No. XIII se obtiene que el costo total de ahorro es **USD 1.613,75**. Astinave tiene un promedio anual 6 maniobras de varado¹⁸ sobre la plataforma principal, de acuerdo a esto la inversión total sería recuperada en poco más de 7 años.

¹⁸ Obtenido de los registros de varamiento de Astinave EP.

En contraste los astilleros privados tienen un promedio de 10 maniobras de varado¹⁹; lo que significaría que si estos astilleros desearan realizar esta modificación en sus instalaciones, recuperarían la inversión en 4 años. La mayor ventaja que se obtiene al instalar los brazos hidráulicos es la seguridad de la maniobra lo que reduce la posibilidad de un accidente, además del mínimo mantenimiento que se realiza al sistema lo que implica ahorro en reparación de infraestructura.

3.3 Análisis de los Riesgos.

Análisis de Riesgos²⁰ es el proceso integrado por tres componentes: Evaluación de riesgos, Gestión de riesgos y Comunicación de riesgos, en el Capítulo 1 se detalló la Evaluación de riesgos que se realizó a la Maniobra de Varamiento; ahora se completará el proceso y se realizará el Análisis.

Para esto se pondera el grado de peligrosidad de cada riesgo aplicando el Método de Probabilístico de William T. Fine²¹. El grado de peligrosidad de

¹⁹ Información Obtenida de los astilleros Asenabra, Maridueña, Star Service, Varadero el Aguila.

²⁰ Tomado de: <http://www.fao.org/docrep/008/ae922s/ae922s04.htm>, 20/02/2013 – 22.40

²¹ Tomado de: <http://www.prevention-world.com/es/comunidad/archivos/metodo-william-t-fine>, 30/06/13 – 15:00

cada riesgo identificado, asociado a cada actividad viene dado por la siguiente fórmula.

$$GP = C \cdot E \cdot P \quad (1)$$

“GP” es Grado de Peligrosidad, valorado en la Tabla N° XVIII, “C” es consecuencia o daño debido al riesgo que se considera, valorado en la Tabla N° XV, “E” es la exposición o la frecuencia con que se presenta la situación de riesgo, valorado en la Tabla N° XVI y “P” es la probabilidad de que una vez presentada la situación los acontecimientos sucedan originado el accidente, valorado en la Tabla N° XVII.

| Consecuencias (C) | Valor |
|--|--------------|
| Lesiones con heridas leves, contusiones, golpes y/o pequeños daños económicos | 1 |
| Lesiones con incapacidades no permanentes y/o daños entre 600 usd. y 2.000 usd. | 4 |
| Lesiones incapaces permanentes y/o daños entre 2.000 usd. y 6.000 usd. | 6 |
| Muerte y/o daños mayores a 6.000 usd. | 10 |

Tabla N° XV: Valoración de Consecuencias, de acuerdo al Método de

William T. Fine.

| Exposición (E) | Valor |
|---|--------------|
| Remota posible. | 1 |
| Ocasionalmente o una vez por semana | 2 |
| Frecuente una vez al día. | 6 |
| La situación de riesgo ocurre continuamente o muchas veces al día. | 10 |

Tabla N° XVI: Valoración de Exposición, de acuerdo al Método de William T.

Fine.

| Probabilidad (P) | Valor |
|---|--------------|
| Nunca ha sucedido en muchos años de exposición el riesgo pero es concebible. | 1 |
| Sería rara coincidencia tiene una probabilidad del 20% | 4 |
| Es completamente posible, nada extraño. Tiene probabilidad de ocurrencia del 50% | 7 |
| Es el resultado más probable y esperado, si la situación de riesgo tiene lugar. | 10 |

Tabla N° XVII: Valoración de Probabilidad, de acuerdo al Método de William

T. Fine.

| Grado de Peligrosidad (GP) | Valor |
|---|--------------|
| Bajo: Intervención a largo plazo o riesgo tolerable | 1 a 300 |
| Medio: Intervención a corto plazo. | 301 a 600 |
| Alto: Intervención inmediata de terminación o tratamiento del riesgo | mayor de 600 |

Tabla N° XVIII: Valoración de Grado de Peligrosidad, de acuerdo al Método

de William T. Fine.

Inicialmente se identificará el tipo de riesgo durante el varamiento sobre la plataforma en cada una de las actividades que se detallaron en la Tabla N° V. Para cada actividad se valorará la consecuencia tomando como referencia la Tabla N° XV. En caso similar de la Tabla N° XVI se valora la exposición y de la Tabla N° XVII se valora la probabilidad.

Aplicando la fórmula (1) se determina el Grado de Probabilidad para cada una de las actividades y de la Tabla N° XVIII se obtiene la valoración del Grado de Peligrosidad. En la Tabla N° XIX(A), Tabla N° XIX(B) y en la Tabla XIX(C) se presentan los resultados del cálculo de Grado de peligrosidad para cada una de las actividades seleccionadas previamente.

| Ítem | Actividades. | Riesgos | Consecuencia | Exposición | Probabilidad | Grado Peligrosidad | Denominación |
|------|--|--|--------------|------------|--------------|--------------------|--------------|
| 1 | Ingreso de personal. | Golpes | 4 | 6 | 7 | 168 | Bajo |
| 2 | Delimitación de área de trabajo. | Golpes | 4 | 6 | 7 | 168 | Bajo |
| 3 | Ubicación de personal de acuerdo a plan de varamiento. | Golpes / Caídas Mismo nivel | 4 | 6 | 7 | 168 | Bajo |
| 4 | Colocación de cables desde plataforma hasta molinetes | Golpes / Caídas distintos niveles | 6 | 6 | 7 | 252 | Bajo |
| 5 | Bajado de plataforma hasta alcanzar nivel de agua requerida | Golpes / Cortes / Caídas distintos niveles / Contacto con Máquinas en movimiento | 6 | 6 | 7 | 252 | Bajo |
| 6 | Ingreso de unidad a canal. | Golpes / Caídas distintos niveles / sobre esfuerzo físico | 6 | 6 | 7 | 252 | Bajo |
| 7 | Coger tiras del buque y colocarlo en las bitas del astillero | Golpes / Caídas distintos niveles / sobre esfuerzo físico | 6 | 6 | 7 | 252 | Bajo |
| 8 | Verificación de calados por parte de los buzos | Golpes / Aprisionamiento | 6 | 6 | 7 | 252 | Bajo |
| 9 | Verificación de cuerpos extraños en el agua por parte de los buzos | Golpes / Aprisionamiento | 6 | 6 | 7 | 252 | Bajo |
| 10 | Sacar cables de los molinetes. | Golpes / Caídas distintos niveles | 6 | 6 | 7 | 252 | Bajo |
| 10 | Subida de plataforma hasta asentar casco en picadero central | Golpes / Caídas distintos niveles / sobre esfuerzo físico | 10 | 6 | 7 | 420 | Medio |
| 11 | Verificación de calados por parte de los buzos | Golpes / Aprisionamiento | 6 | 6 | 10 | 360 | Medio |
| 12 | Verificación de adrizamiento de buque | Golpes / Caídas Mismo nivel | 6 | 6 | 10 | 360 | Medio |

Tabla N° XIX(A): Listado de actividades en maniobra de varado.

| Ítem | Actividades | Riesgos | Consecuencia | Exposición | Probabilidad | Grado Peligrosidad | Denominación |
|------|--|---|--------------|------------|--------------|--------------------|--------------|
| 13 | Subida de plataforma hasta asentar completamente la quilla en picaderos centrales. | Golpes / Caídas distintos niveles / sobre esfuerzo físico | 10 | 6 | 10 | 600 | Alto |
| 14 | Verificación de calados por parte de los buzos | Golpes / Aprisionamiento | 10 | 6 | 10 | 600 | Alto |
| 15 | Verificación de adrizamiento de buque | Golpes / Cortes / Caídas distintos niveles / Caída de Objetos | 10 | 6 | 10 | 600 | Alto |
| 16 | Apuntalamiento de costados. | Golpes / Cortes / Caída distintos niveles / Aprisionamiento / Caída de Objetos | 10 | 6 | 10 | 600 | Alto |
| 17 | Esperar que baje el nivel de marea y verificación de ajuste de puntales. | Golpes / Caídas Mismo nivel | 10 | 6 | 10 | 600 | Alto |
| 18 | Aseguramiento de picaderos laterales popa | Golpes / Cortes / Caídas distintos niveles / Aprisionamiento / Caída de Objetos | 10 | 6 | 10 | 600 | Alto |
| 19 | Verificación de adrizamiento de buque | Golpes / Caídas Mismo nivel / Caída de Objetos | 10 | 6 | 10 | 600 | Alto |
| 20 | Retirada de Puntales. | Golpes / Caídas distintos niveles / sobre esfuerzo físico | 10 | 6 | 10 | 600 | Alto |

Tabla N° XIX(B): Listado de actividades en maniobra de varado.

| Ítem | Actividades | Riesgos | Consecuencia | Exposición | Probabilidad | Grado Peligrosidad | Denominación |
|------|---------------------------------------|--|--------------|------------|--------------|--------------------|--------------|
| 21 | Verificación de adrizamiento de buque | Golpes / Caídas Mismo nivel / Caída de Objetos | 10 | 6 | 10 | 600 | Alto |
| 22 | Subida de plataforma o parrilla. | Golpes / Cortes / Caídas distintos niveles / Aprisionamiento | 10 | 6 | 10 | 600 | Alto |
| 23 | Aseguramiento de picaderos proa | Golpes / Caídas Mismo nivel / Caída de Objetos | 10 | 6 | 10 | 600 | Alto |
| 24 | Subida de plataforma o parrilla. | Golpes / Caídas Mismo nivel / Caída de Objetos | 10 | 6 | 10 | 600 | Alto |

Tabla N° XIX(C): Listado de actividades en maniobra de varado.

Calculado el Grado de Peligrosidad se puede calcular el Grado de Repercusión a través de la siguiente fórmula.

$$GR = GP \cdot FP \quad (2)$$

Con los valores obtenidos de la fórmula (2) se valora el Grado de Repercusión a partir de los datos de la Tabla N°XX.

| Grado de Repercusión | Valor |
|-----------------------------|---------------|
| Bajo | 1 a 1500 |
| Medio | 1501 a 3000 |
| Alto | mayor de 3000 |

Tabla N°XX: Grado de Repercusión, de acuerdo al Método de William T.

Fine.

Con la siguiente fórmula se calcula el porcentaje de trabajadores expuestos.

$$\% \text{ Expuestos} = \frac{\# \text{ Trabajador es } _ \text{ Expuestos}}{\# \text{ Total } _ \text{ Trabajador es}} \cdot 100\% \quad (3)$$

Con los resultados obtenidos a partir de la fórmula (3), usando la Tabla N° XXI se obtiene el Factor de Ponderación (FP).

| % EXPUESTO | FACTOR DE PONDERACIÓN |
|-------------------|------------------------------|
| 1 -20 % | 1 |
| 21 - 40 % | 2 |
| 41 - 60 % | 3 |
| 61 - 80 % | 4 |
| 81 - 100 % | 5 |

Tabla N° XXI: Factor de Ponderación, de acuerdo al Método de William T.

Fine.

Obtenido el Grado de Repercusión y el Grado de Peligrosidad se puede priorizar los riesgos en cada actividad atacando los de mayor peligrosidad aplicando medidas correctoras. En la Tabla N° XXII se detalla el orden de priorización.

| ORDEN DE PRIORIZACIÓN | |
|------------------------------|--------------------|
| Peligrosidad | Repercusión |
| ALTO | ALTO |
| ALTO | MEDIO |
| ALTO | BAJO |
| MEDIO | ALTO |
| MEDIO | MEDIO |
| MEDIO | BAJO |
| BAJO | ALTO |
| BAJO | MEDIO |
| BAJO | BAJO |

Tabla N°XXII: Orden de Priorización, de acuerdo al Método de William T.

Fine.

De acuerdo al método que se está siguiendo para realizar el análisis de los riesgos, una manera de justificar una acción correctiva en un proceso es comparar el costo estimado de la acción con el grado de peligrosidad. Esta justificación se la obtiene con la fórmula (4)

$$J = \frac{GP}{CC \cdot GC} \quad (4)$$

Los valores de CC y GC se obtienen de la Tabla N° XXIII y de la Tabla N° XXIV respectivamente.

| FACTOR DE COSTO | PUNTUACION (CC) |
|-----------------------------|------------------------|
| Más de 5.000 USD | 10 |
| Entre 3.000 USD y 5.000 USD | 6 |
| Entre 2.000 USD y 3.000 USD | 4 |
| Entre 1.000 USD y 2.000 USD | 3 |
| Entre 500USD y 1.000 USD | 2 |
| Entre 100 USD y 500 USD | 1 |
| Menos de 100 USD | 0,5 |

Tabla N°XXIII: Costo de Corrección, de acuerdo al Método de William T.

Fine.

| GRADO DE CORRECCION | PUNTUACION (GC) |
|-----------------------------|------------------------|
| Eficacia de corrección 100% | 1 |
| Corrección al 75% | 2 |
| Corrección entre 50% y 75% | 3 |
| Corrección entre 25% y 50% | 4 |
| Corrección menos del 25% | 5 |

Tabla N°XXIV: Grado de Corrección, de acuerdo al Método de William T.

Fine.

De acuerdo al Método de Análisis de Riesgos de William T. Fine el Valor de Justificación Crítico es 20, cualquier valor por encima de este número el gasto se considera justificado y para resultados por debajo el costo de la acción correctora propuesta no está justificado.

| ACTIVIDADES CRITICAS | GP | | Trabajadores Expuestos | Total Trabajadores | %Expuestos | Factor Ponderación | Grado de Repercusión (GR) | | Priorización |
|--|-----|------|---------------------------|-----------------------|------------|-----------------------|---------------------------------|-------|--------------|
| | | | | | | | | | |
| Subida de plataforma hasta asentar completamente la quilla en picaderos centrales. | 600 | Alto | 18 | 20 | 90% | 5 | 3000 | Medio | 1 |
| Verificación de calados por parte de los buzos | 600 | Alto | 5 | 20 | 25% | 2 | 1200 | Bajo | 2 |
| Verificación de adrizamiento de buque | 600 | Alto | 18 | 20 | 90% | 5 | 3000 | Medio | 1 |
| Apuntalamiento de costados. | 600 | Alto | 16 | 20 | 80% | 4 | 2400 | Medio | 1 |
| Esperar que baje el nivel de marea y verificación de ajuste de puntales. | 600 | Alto | 16 | 20 | 80% | 4 | 2400 | Medio | 1 |
| Aseguramiento de picaderos laterales popa | 600 | Alto | 10 | 20 | 50% | 3 | 1800 | Medio | 1 |
| Verificación de adrizamiento de buque | 600 | Alto | 18 | 20 | 90% | 5 | 3000 | Medio | 1 |
| Retirada de Puntales | 600 | Alto | 16 | 20 | 80% | 4 | 2400 | Medio | 1 |
| Verificación de adrizamiento de buque | 600 | Alto | 18 | 20 | 90% | 5 | 3000 | Medio | 1 |
| Subida de plataforma o parrilla. | 600 | Alto | 18 | 20 | 90% | 5 | 3000 | Medio | 1 |
| Aseguramiento de picaderos proa | 600 | Alto | 10 | 20 | 50% | 3 | 1800 | Medio | 1 |
| Subida de plataforma o parrilla. | 600 | Alto | 18 | 20 | 90% | 5 | 3000 | Medio | 1 |

Tabla N°XXV: Priorización de actividades críticas en maniobra de varado sobre plataforma.

En la Tabla N° XXV posterior a los cálculos realizados de acuerdo a las formulaciones propuestas, se observa el orden de prioridad de las actividades críticas en la maniobra de varado. Todas las actividades críticas a corregir son las relacionadas con el asentamiento de la embarcación

Al proponer la instalación de brazos hidráulicos en la plataforma con el fin de disminuir factores de riesgos y con un costo de inversión de 65.978,00 dólares, el factor de justificación basado en la fórmula (4), la Tabla N°XXIII y la Tabla N°XXIV es de:

$$J = \frac{GP}{CC \bullet GC} = \frac{600}{10 \bullet 1} = 60$$

El valor de la justificación resultante está por encima del límite (20), por lo que el gasto se considera justificado, de acuerdo al método de probabilístico de Análisis de Riesgos de William T. Fine.

CONCLUSIONES

1. Como en la elaboración de este trabajo se establecieron criterios de estabilidad que dependen de: las distribuciones de carga en la embarcación y de la presencia de cuerpos extraños en la cama de varado en el instante de varar. Estos criterios deben ser cumplidos por las embarcaciones antes de iniciar la maniobra de varamiento.
2. Bajo ninguna de las circunstancias expuestas en tipos de varada se puede retirar de manera completa las cargas de una embarcación, ya que

esto afecta la estabilidad de la embarcación y la apreciación de escora visible.

3. El eliminar la escora es un concepto de apreciación personal, debido a que no hay un método con exactitud numérica aplicable en el momento de la varada que indique la escora global que tiene una embarcación.
4. El criterio que se estableció en el diseño para los brazos hidráulicos, su ubicación en la plataforma de varamiento y su posterior instalación en la misma; definitivamente disminuyó el tiempo de maniobra y los factores de riesgos en cada una de las actividades relacionadas con el apuntalamiento y aseguramiento de picaderos laterales.
5. La ubicación designada para los brazos hidráulicos es la apropiada, de acuerdo a las maniobras de pruebas realizadas posterior a la instalación de los mismos.
6. Los cilindros instalados luego de las maniobras de prueba realizadas, no presentan daño alguno ya que su diseño es para soportar el doble de la carga máxima.

7. La estructura instalada se considera aceptable de acuerdo a la forma y a la distribución de los pesos observados en las embarcaciones, que corresponden a las cargas reales a las cuales estará sometida

8. Con la implementación de los brazos hidráulicos el tiempo de maniobra se reduce de 8 horas a 4 horas, la utilización de los recursos empleados se reduce de 160 HH a 80 HH; lo que corresponde a una reducción o ahorro de recursos de un 50%.

9. El costo que generó la implementación realizada (USD 65.978,00 de acuerdo a la Tabla No. XIV), es recuperado en un plazo de 7 años lo que se considera como una inversión a largo; esto se logra a través del ahorro aproximado de USD 1.613,75 (de acuerdo a la Tabla No XIII) en cada maniobra realizada en esta modalidad.

10. Del análisis de riesgos generado para la maniobra de varamiento, se observa que las actividades relacionadas con el asentamiento, tienen grados de peligrosidad y grados de repercusión altos.

11. La implementación de los brazos hidráulicos tiene un índice de justificación de 60 (obtenido a través del Método de William T. Fine) que se encuentra por encima del límite aceptado, razón por la cual de acuerdo a este método la inversión realizada es justificada.

RECOMENDACIONES

1. Durante la maniobra de varamiento es necesario conocer completamente la cantidad de carga que contenga la embarcación (líquidos, personas, sólidos), la ubicación de las mismas y las posibilidades de traslado; con el fin de realizar las correcciones adecuadas en el caso de ocurrir un incidente.
2. Basado en las disminuciones de tiempos y recursos utilizados en las maniobras desarrolladas con la implementación de los brazos hidráulicos delanteros, es conveniente instalar los brazos hidráulicos posteriores o

métodos similares de sujeción para obtener mejores resultados en el desarrollo de la maniobra.

3. De realizarse instalaciones de los demás cilindros, se recomienda instalar cilindros de acuerdo a las cargas a soportar, así mismo la estructura de soporte; con el fin de disminuir costos de inversión.
4. Para mejorar las maniobras de varamiento, los ingenieros deberán desarrollar planes de trabajo donde se relacionen todas las actividades a efectuar con el personal asignado a cada una de las tareas.
5. Para el sistema propuesto, los astilleros deberán elaborar un plan de contingencia y realizar las prácticas respectivas de acuerdo al plan de seguridad que administren.
6. Como futuras mejoras al proceso de varamiento o para corrección de problemas existentes, se sugiere se realice un estudio de las soluciones expuestas en la Tabla No VII. Donde se detallaron los problemas y las soluciones a cada uno de los problemas evidenciados.

7. Para recuperar la inversión en un menor plazo, se debe varar un mayor número de embarcaciones al año.

8. La capacitación sobre la realización de tareas durante la maniobra de varado y la concientización de riesgos que se generan en la misma, se debe manejar como reuniones diarias de trabajo con el personal involucrado en estas maniobras y encabezadas por el supervisor.

9. El diseño del sistema hidráulico (que no fue parte de este trabajo) debe permitir manejar el sistema de tal manera, que si ocurre alguna falla en algún elemento del mismo (mangueras, válvulas, uniones, bomba, etc.) ó ocurra una falla de energía eléctrica; permita corregir la abertura de los brazos y posterior bloquear dicha posición. Con lo que nos aseguraríamos tener un sistema completamente confiable.

ANEXOS

ANEXO A

Para determinar la ubicación de los brazos hidráulicos se realizaron modelos donde se utilizó los planos de varado de diez embarcaciones; se colocó los perfiles de las embarcaciones sobre el perfil de la plataforma de varado y se remplazaron las cuñas laterales por los brazos hidráulicos. En la Tabla N°XXVI se muestra el resumen de los resultados de los modelos, se observa la ubicación de los brazos hidráulicos respecto a las estaciones de la plataforma de varamiento.

| Nombre de Embarcación | Ubicación Hidráulico de Proa | | | Ubicación Hidráulico de Popa | | |
|-----------------------|------------------------------|---------|------------|------------------------------|---------|------------|
| | Hacia Proa | Central | Hacia Popa | Hacia Proa | Central | Hacia Popa |
| María | E0 - E1 | E1 - E2 | E2 - E3 | E4 - E5 | E5 - E6 | E6 - E7 |
| María Isabel | E0 - E1 | E1 - E2 | E2 - E3 | E5 - E6 | E6 - E7 | E7 - E8 |
| Tarqui | E1 - E2 | E2 - E3 | E3 - E4 | E5 - E6 | E6 - E7 | E7 - E8 |
| Jubones | no aplica | E1 - E2 | E2 - E3 | E5 - E6 | E6 - E7 | E7 - E8 |
| Yole 1 | no aplica | E1 - E2 | E2 - E3 | E5 - E6 | E6 - E7 | E7 - E8 |
| Parranda | no aplica | E1 - E2 | E2 - E3 | E5 - E6 | E6 - E7 | E7 - E8 |
| Pehuen | no aplica | E1 - E2 | E2 - E3 | E4 - E5 | E5 - E6 | E6 - E7 |
| Western Pacific | E1 - E2 | E2 - E3 | E3 - E4 | E5 - E6 | E6 - E7 | E7 - E8 |
| Ana | no aplica | E1 - E2 | E2 - E3 | E5 - E6 | E6 - E7 | E7 - E8 |
| Coral 1 | E0 - E1 | E1 - E2 | E2 - E3 | E4 - E5 | E5 - E6 | E6 - E7 |

Tabla N°XXVI: Ubicación de brazos hidráulicos de acuerdo a las embarcaciones.

Como se puede observar en la Tabla N°XXVI y en los gráficos a continuación los hidráulicos de proa y de popa tienen un área de acción, es decir, posición hacia proa, central y hacia popa; pero la zona sombreada en la tabla es la considerada la óptima, debido a que coincide en su mayoría con la posición de las cuñas indicadas en los planos de varado. Para el hidráulico de proa se selecciona la posición E1 - E2 y para la ubicación del hidráulico de popa se selecciona la posición E6 – E7.

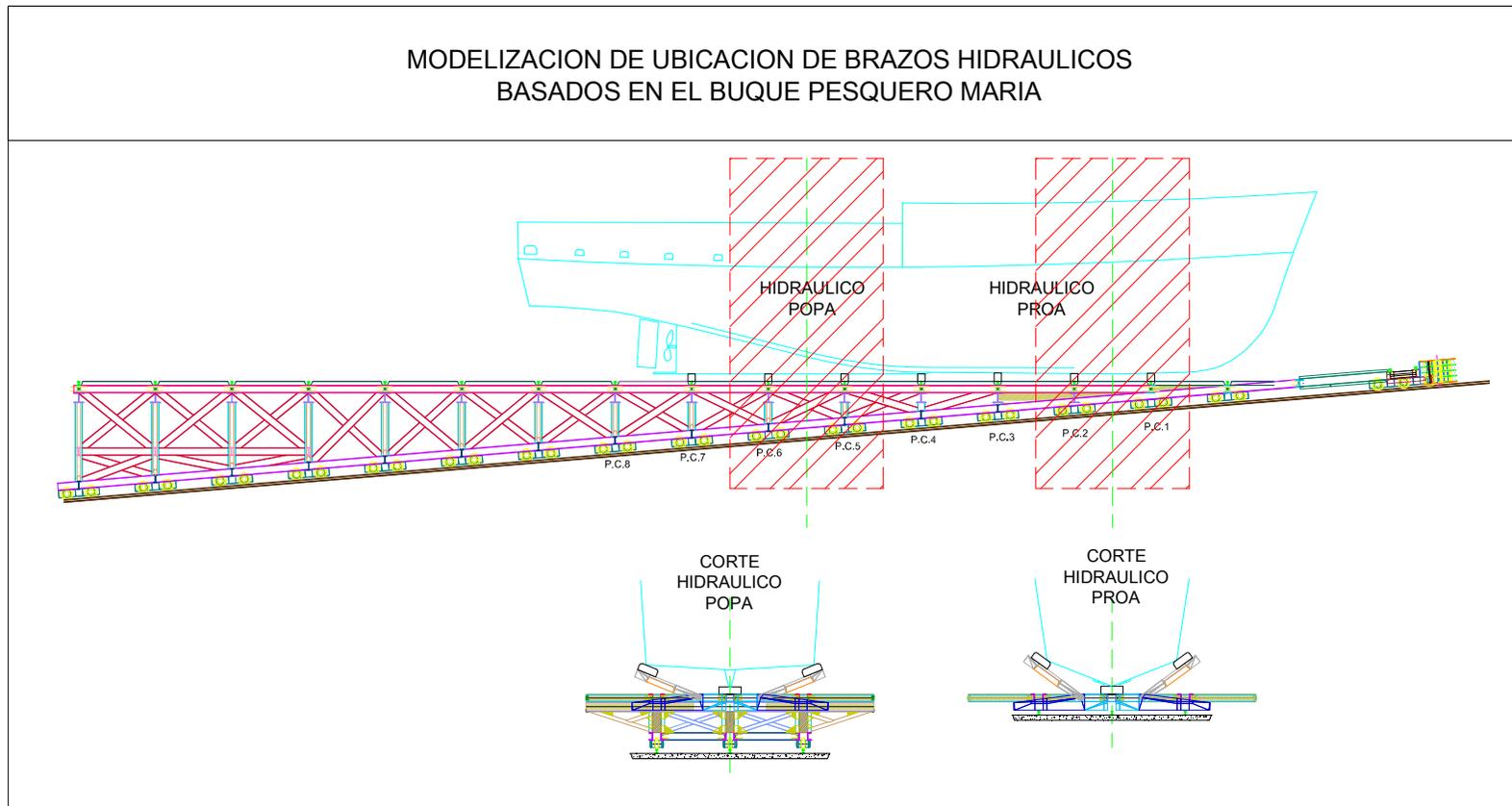


Figura N° 35: Ubicación de brazos hidráulicos de acuerdo al plano de varado del buque María.

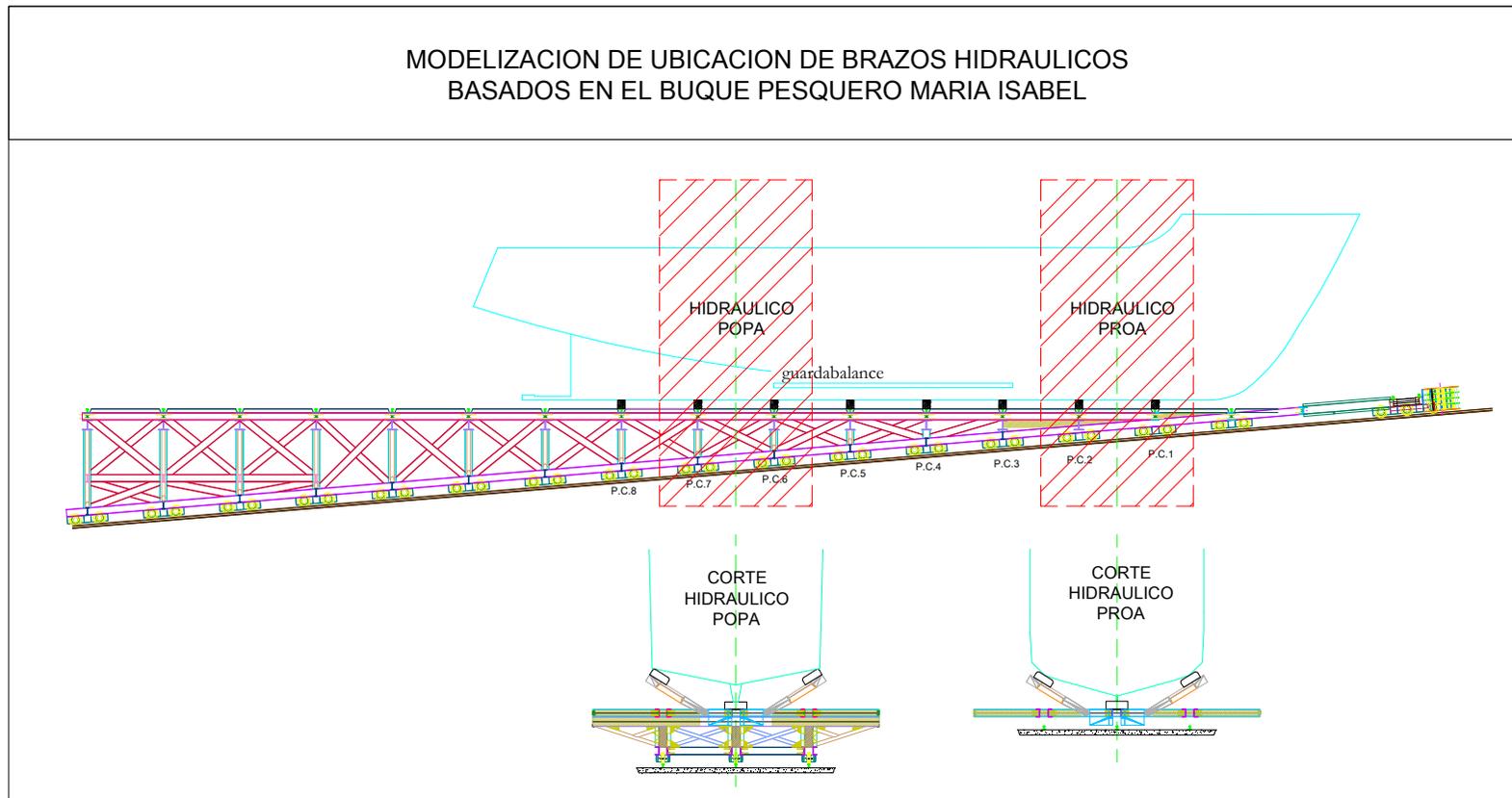


Figura N°36: Ubicación de brazos hidráulicos de acuerdo al plano de varado del buque María Isabel.

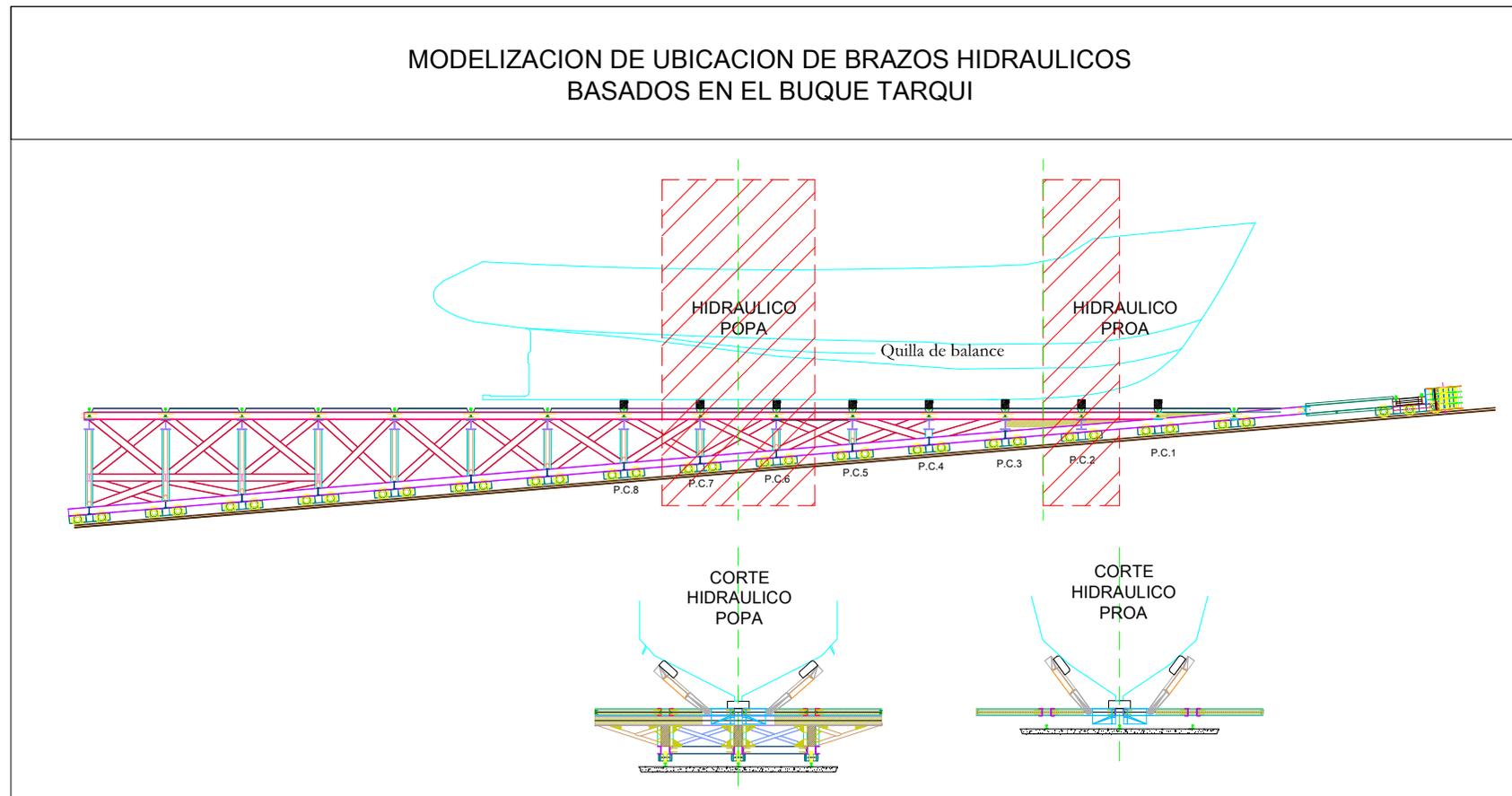


Figura N°37: Ubicación de brazos hidráulicos de acuerdo al plano de varado del Tarqui.

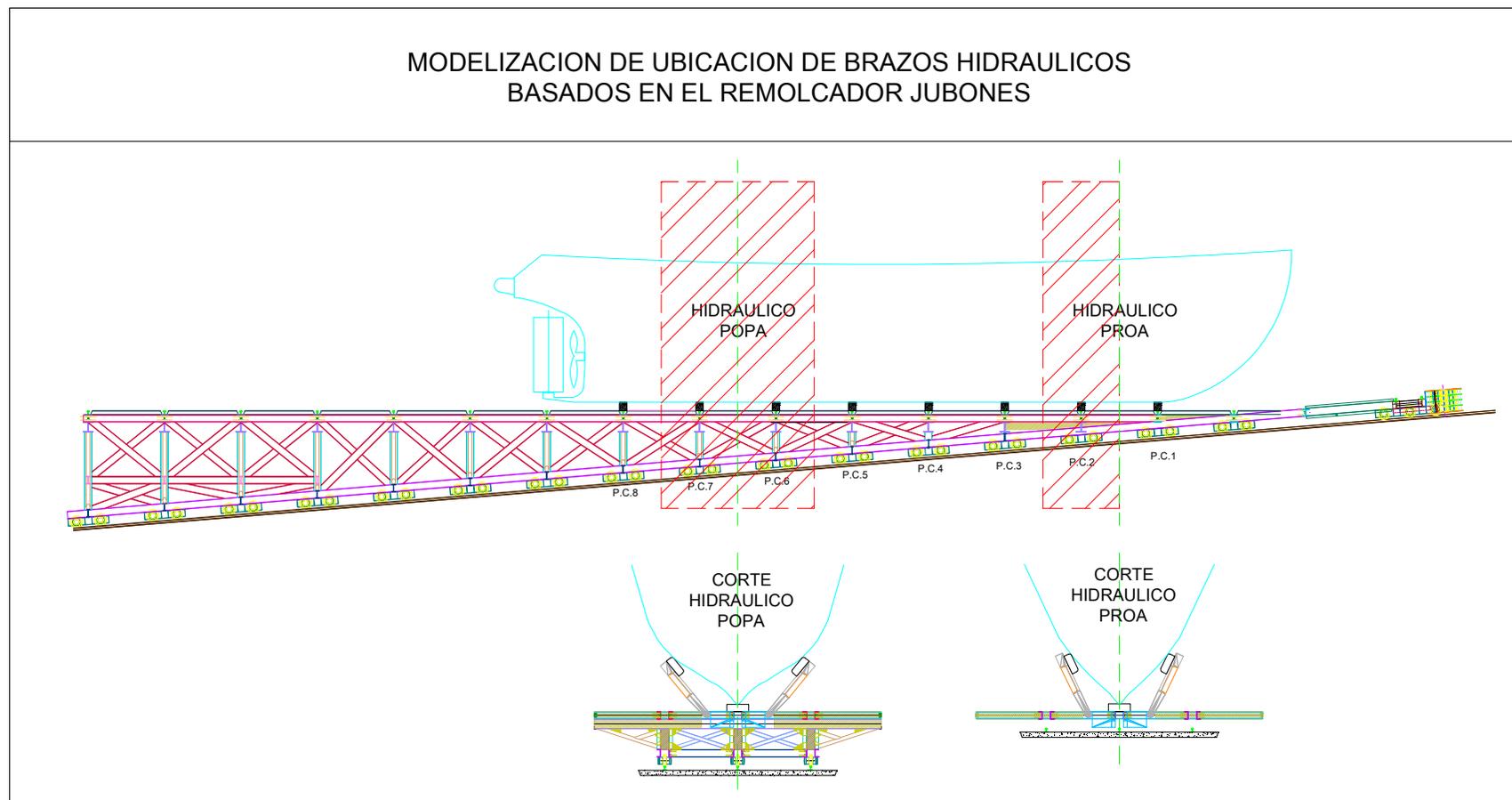


Figura N°38: Ubicación de brazos hidráulicos de acuerdo al plano de varado del Jubones.

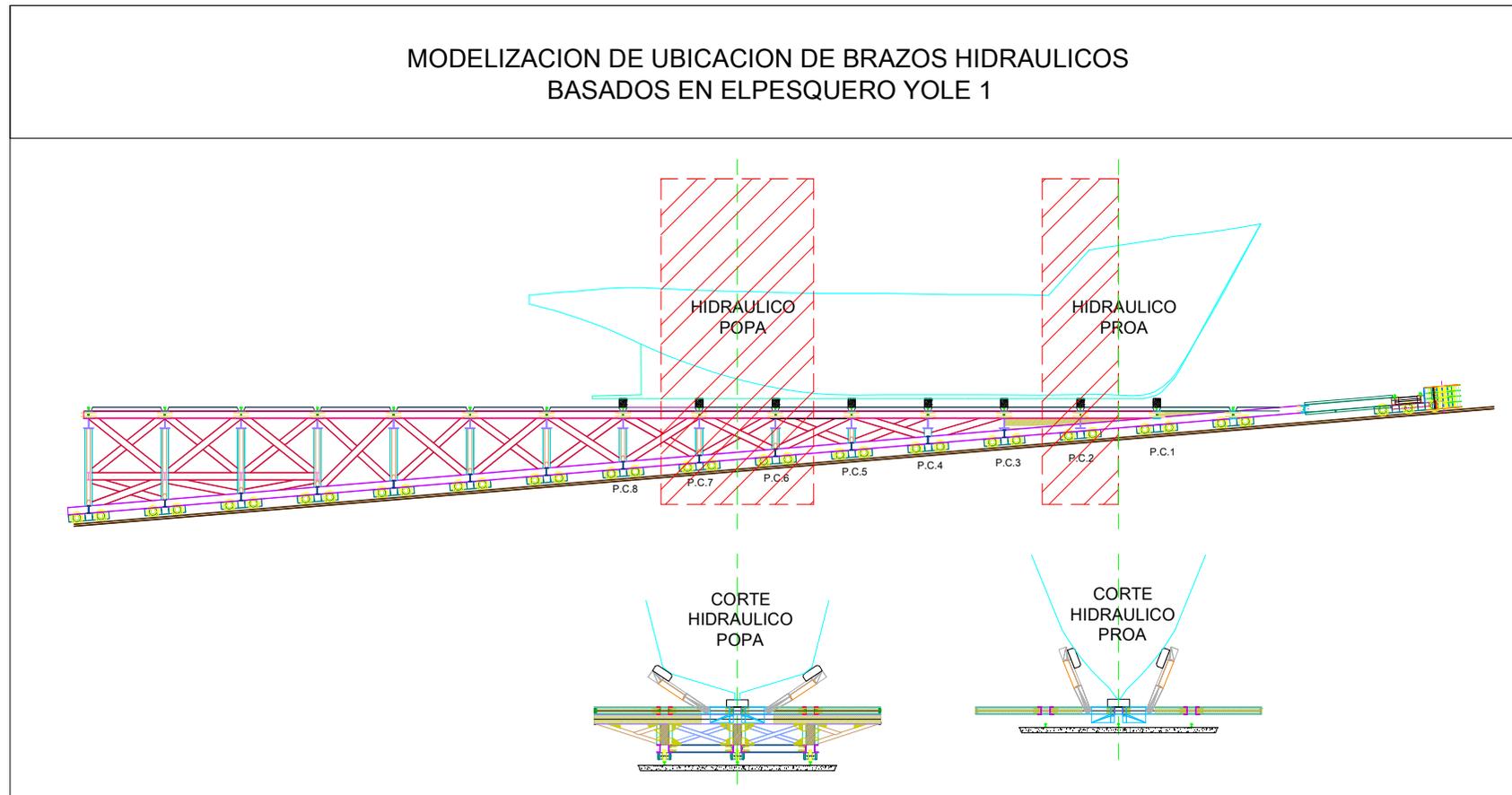


Figura N°39: Ubicación de brazos hidráulicos de acuerdo al plano de varado del Yole 1.

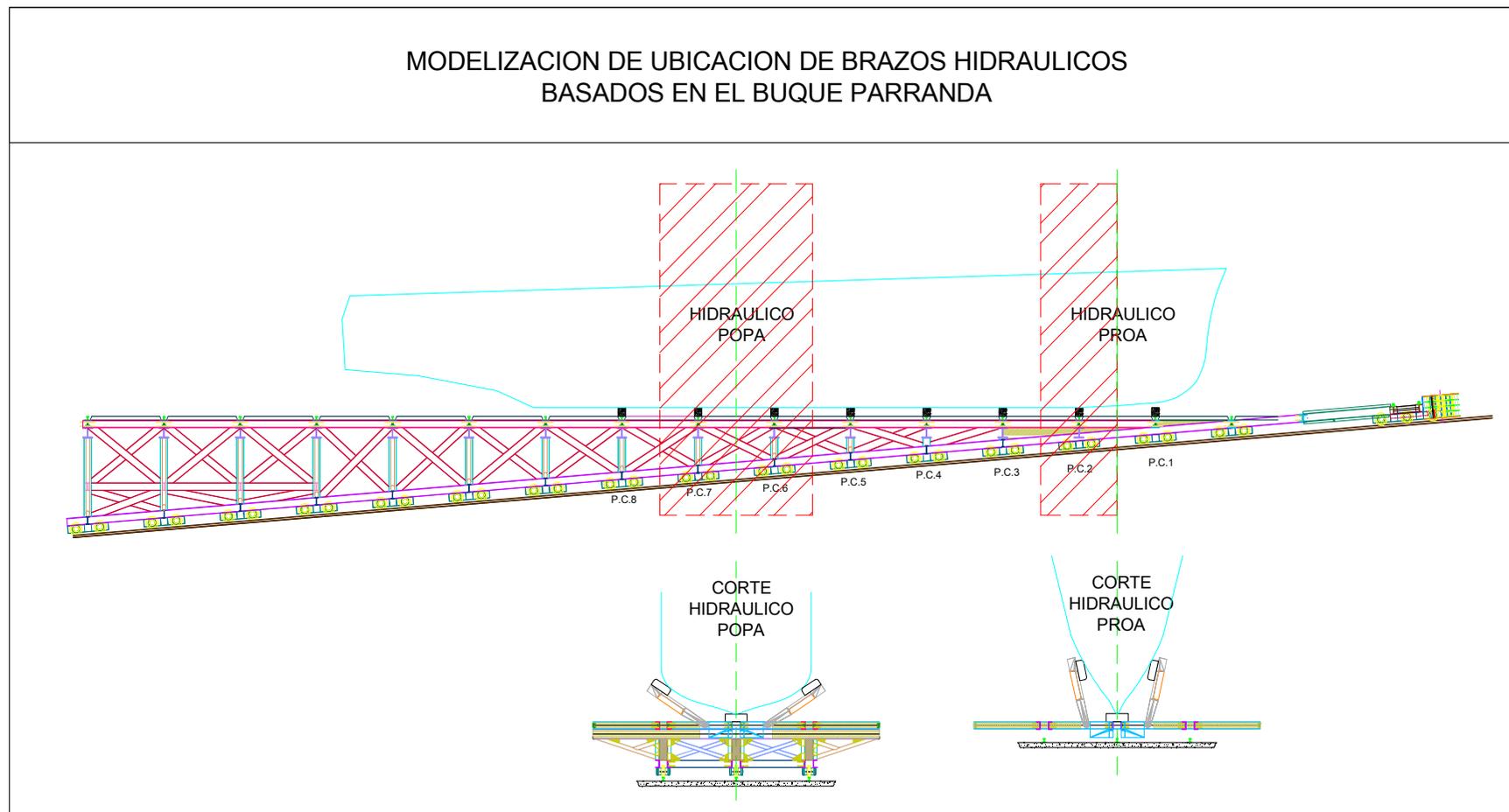


Figura N°40: Ubicación de brazos hidráulicos de acuerdo al plano de varado del Parranda.

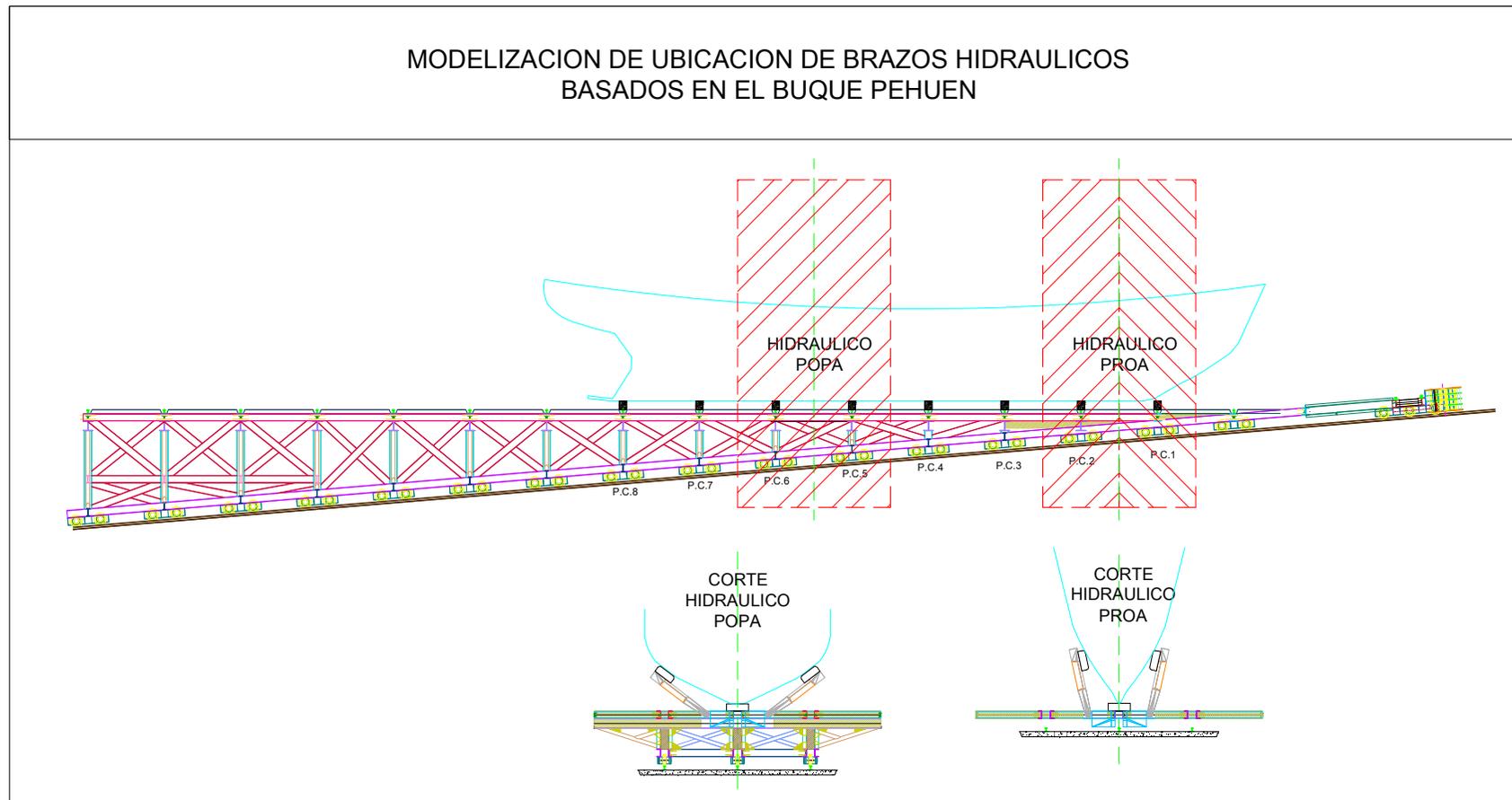


Figura N°41: Ubicación de brazos hidráulicos de acuerdo al plano de varado del Pehuen.

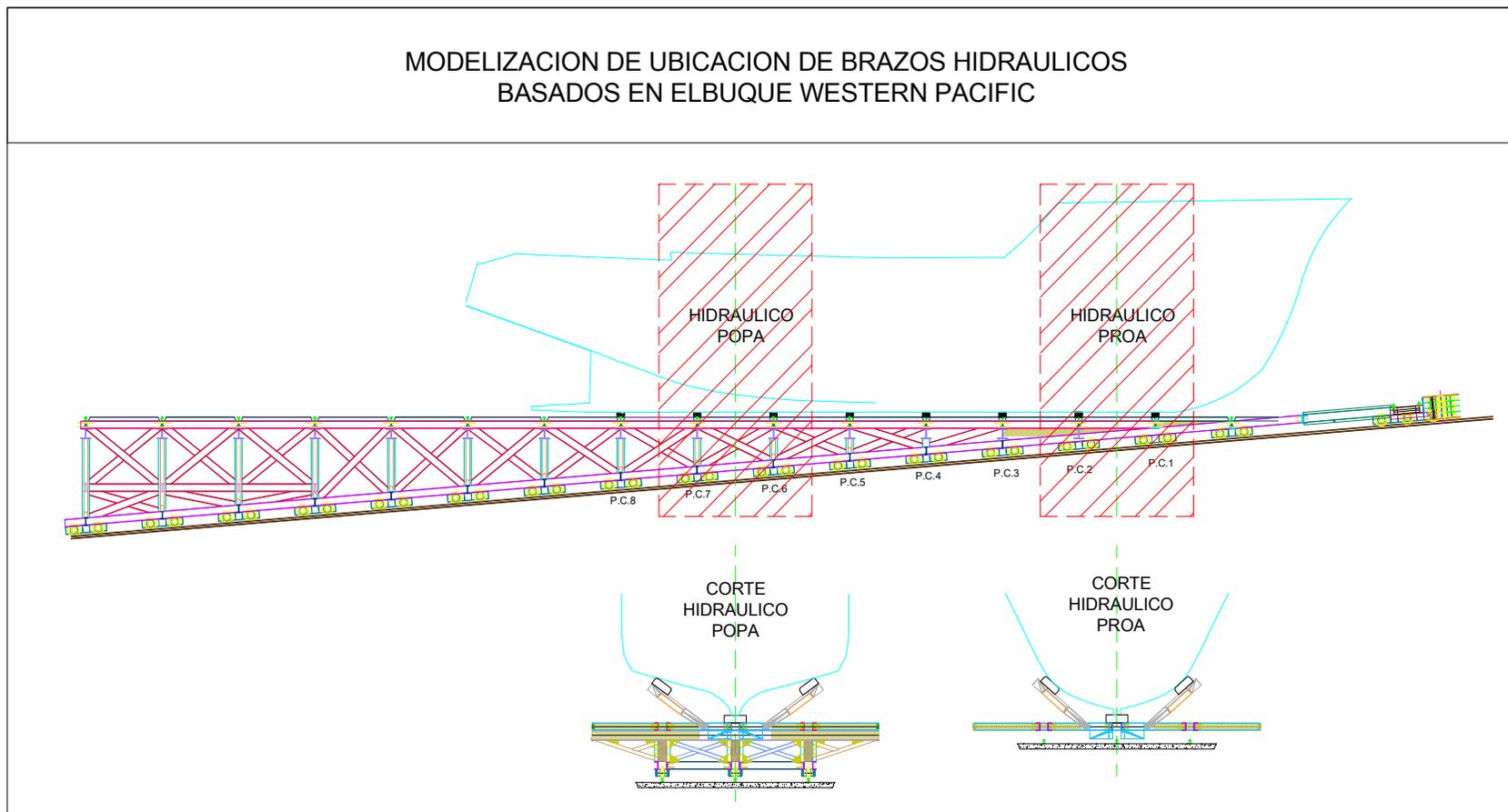


Figura N°42: Ubicación de brazos hidráulicos de acuerdo al plano de varado del Western Pacific.

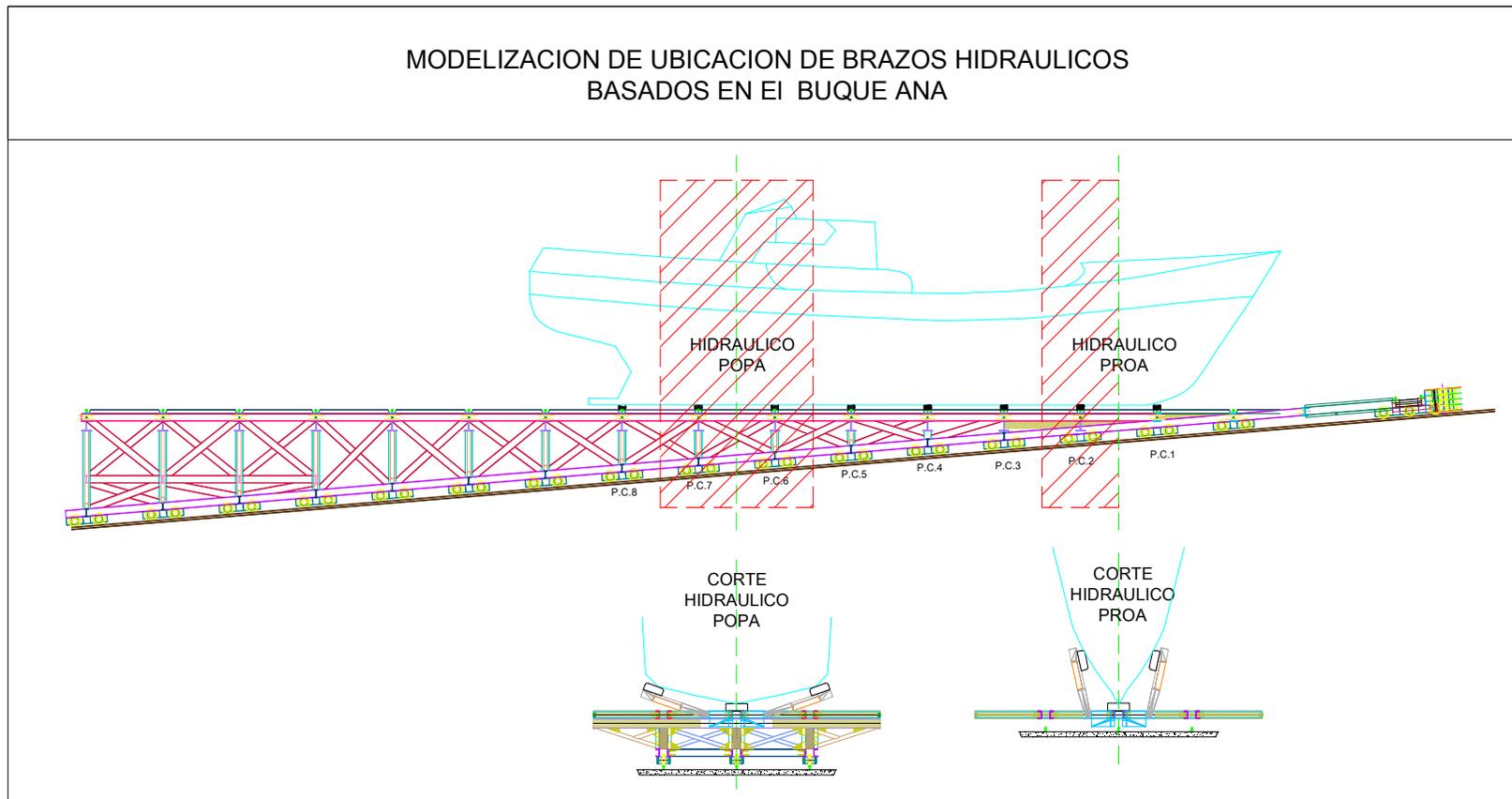


Figura N°43: Ubicación de brazos hidráulicos de acuerdo al plano de varado del Buque Ana.

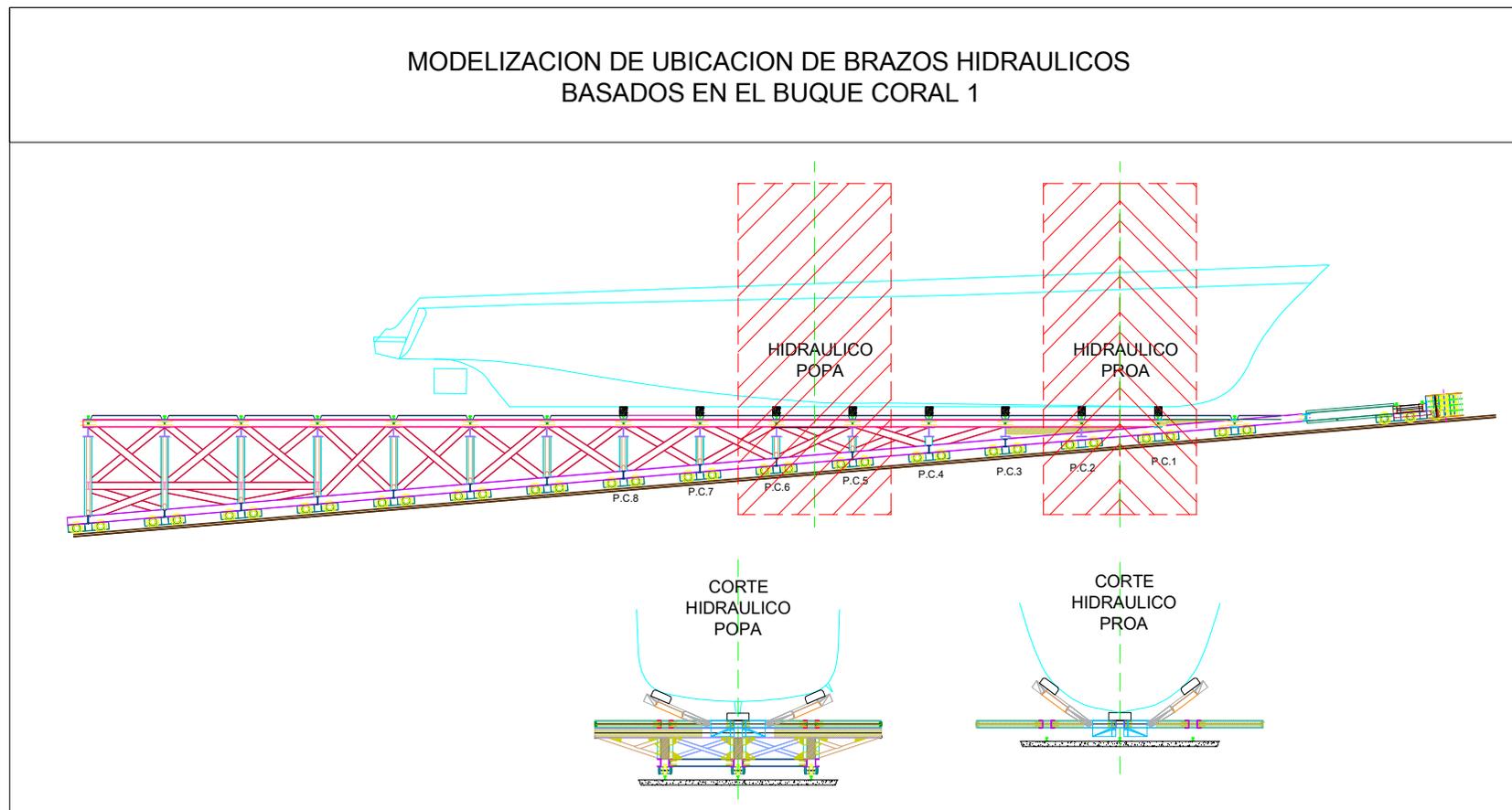


Figura N°44: Ubicación de brazos hidráulicos de acuerdo al plano de varado del Barco Coral 1.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ASTINAVE, «Instructivos de Carenamiento para embarcaciones en diques flotantes, Documento de Calidad PSC-ITSC,» 2012.
- [2] C. M. Orta Comesaña, «La Seguridad y Calidad en las operaciones de los medios de varada y puesta a flote.,» 2008.
- [3] J. Olivella Puig, Teoría del Buque: Estabilidad, varada e inundación., Universidad Politecnica de Cataluña, 1996, p. 231.
- [4] OMI;Subcomite de estabilidad y líneas de carga y de seguridad de pesqueros, «Informe para el comité de Seguridad Marítima,» 2007.
- [5] OMI, «Código Internacional de Estabilidad sin Avería,» 2008.
- [6] BOE, «Cap5. Disposiciones Operacionales contra la zozobra.,» España, 2011.
- [7] R. Alonso García, Organización y Prevención de Riesgos Laborales en el Medio Productivo, Tecnilibro., 2002, p. 256.
- [8] I.S.H.T, «Análisis de Riesgos Mediante el Árbol de sucesos (NTP-328-1993),» 2010.
- [9] PETROECUADOR, «Normas de Seguridad e Higiene Industrial,Codigo T-UTA-115,» 2011.
- [10] B. d. I. C. Antonio, Teoría del Buque, Teoría de la Varada, Librería San José, 1979, p. 521.

