

Innovative Cities: Design and Validation of a Jib Crane for the Improvement of Artisanal Fishing

Daniela M. Anticona-Valderrama, Ph.D¹, Norma Raquel Saldivar Montalvo, Dr², Madelaine Violeta Risco Sernaque, Msc², Ana Beatriz Rivas Moreano Msc², José L. Serna-Landivar, Eng³, Leslie Serna Landivar, Msc⁴, Abraham Josue

Horna Rubio Dr⁴

¹Universidad Privada del Norte, Perú, daniela.anticona@upn.pe

²Universidad Autónoma del Perú, Perú, nsaldivarm@autonoma.edu.pe, mriscese@autonoma.edu.pe, arivasmor@autonoma.edu.pe

³Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U18101283@utp.edu.pe

⁴Universidad César Vallejo, Perú, lksernal@ucvvirtual.edu.pe, ahornar@ucvvirtual.edu.pe

Abstract— Cranes are widely used in various industries, including the fishing industry, due to their ability to lift and move loads efficiently and safely. This research aims to design and validate an innovative davit crane, specifically adapted to improve efficiency and safety in artisanal fishing. Through the use of CAD tools, simulations in Ansys, it was shown that the crane optimizes the handling of loads and significantly reduces the physical effort of fishermen, which increases work safety. The results indicate that the implementation of this technology can have a significant impact on the sustainability and productivity of artisanal fishing, offering a practical solution adaptable to diverse fishing communities. In conclusion, the adoption of this crane in the docks will contribute to mitigating the ergonomic problems commonly faced by artisanal fishermen, improving their working conditions and improving their quality of life.

Keywords— Jib crane, Artisanal fishing, FEM, Ergonomics, Occupational health.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

Ciudades Innovadoras: Diseño y Validación de una Grúa Pescante para la Mejora de la Pesca Artesanal

Daniela M. Anticona-Valderrama, Ph.D¹, Norma Raquel Saldivar Montalvo, Dr², Madelaine Violeta Risco Sernaque, Msc², Ana Beatriz Rivas Moreano Msc², José L. Serna-Landivar, Eng³, Leslie Serna Landivar, Msc⁴, Abraham Josue Horna Rubio Dr⁴

¹Universidad Privada del Norte, Perú, daniela.anticona@upn.pe

²Universidad Autónoma del Perú, Perú, nsaldivarm@autonoma.edu.pe, mriscose@autonoma.edu.pe, arivasmor@autonoma.edu.pe

³Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U18101283@utp.edu.pe

⁴Universidad César Vallejo, Perú, lksernal@ucvvirtual.edu.pe, ahornar@ucvvirtual.edu.pe

Resumen— Las grúas son ampliamente utilizadas en diversas industrias, incluida la industria pesquera, debido a su capacidad para levantar y trasladar cargas de manera eficiente y segura. Esta investigación tiene como objetivo diseñar y validar una grúa pescante innovadora, específicamente adaptada para mejorar la eficiencia y seguridad en la pesca artesanal. A través del uso de herramientas CAD, simulaciones en Ansys, se demostró que la grúa optimiza la manipulación de las cargas y reduce significativamente el esfuerzo físico de los pescadores, lo que aumenta la seguridad laboral. Los resultados indican que la implementación de esta tecnología puede tener un impacto significativo en la sostenibilidad y productividad de la pesca artesanal, ofreciendo una solución práctica adaptable a diversas comunidades pesqueras. En conclusión, la adopción de esta grúa en los muelles contribuirá a mitigar los problemas ergonómicos comúnmente enfrentados por los pescadores artesanales, mejorando sus condiciones de trabajo y mejorando su calidad de vida.

Palabras Claves— Grúa pescante, Pesca artesanal, FEM, Ergonomía, Salud ocupacional.

I. INTRODUCCIÓN

La pesca artesanal es una actividad importante a nivel mundial, esta actividad contribuye significativamente a la alimentaria y al sustento económico de millones de personas. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la pesca artesanal involucra a aproximadamente el 90% de los pescadores y trabajadores pesqueros a nivel mundial, proporcionando la mitad del pescado destinado al consumo humano [1].

En Perú, esta actividad es vital para la economía y la seguridad alimentaria de muchas comunidades costeras. El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) reporta que existen aproximadamente 44,000 pescadores artesanales registrados en el país, concentrados en regiones como Piura, Ica, Arequipa y Ancash. Estos pescadores dependen de la captura de especies como la anchoveta, la merluza y el jurel, esenciales para la dieta y economía local [2]. Sin embargo, los pescadores enfrentan muchos desafíos, incluidos problemas de salud relacionados con la ergonomía y las condiciones físicas

de su trabajo durante el desembarco de los pescados en el muelle.

El proceso de descarga de pescado en el muelle consiste en levantar y transportar cargas pesadas repetidamente, lo que puede resultar en trastornos musculoesqueléticos (TME) a los pescadores. Estudios han muestran que los trastornos más comunes entre los pescadores artesanales son el dolor lumbar, dolor en hombros y cuello, dolor en las manos. Estas condiciones se derivan principalmente de la sobrecarga física, posturas inadecuadas y la falta de herramientas adecuadas para el manejo de cargas de sus productos hidrobiológicos [3], [4], [5].

La implementación de tecnologías innovadoras, como las grúas pescantes, puede jugar un papel crucial en la modernización de la pesca artesanal. Estas grúas facilitan la manipulación de las capturas y el equipo, reduciendo el esfuerzo físico y el riesgo de lesiones entre los pescadores. La validación de estos diseños mediante simulaciones y pruebas de campo es fundamental para garantizar su eficacia y seguridad. La innovación tecnológica en este sector no solo puede aumentar la productividad y sostenibilidad de la pesca artesanal, sino también mejorar las condiciones de vida de los pescadores y sus familias [6].

Las grúas son ampliamente solicitadas a nivel global por diversas industrias para la elevación y desplazamiento de objetos pesados. Especialmente destacadas son las grúas pescantes, cuya versatilidad en su aplicación resulta excepcional. Con la incorporación de un polipasto, estas grúas permiten ejecutar movimientos específicos, como la translación a lo largo de la pluma, el giro completo de 360° y la elevación vertical de la carga [7], [8], [9].

El propósito de este artículo es diseñar y validar una grúa pescante innovadora para mejorar la seguridad y eficiencia la pesca artesanal, de esta manera mejorar la calidad de vida de los pescadores artesanales. Utilizando herramientas CAD y realizando simulaciones se valida la pluma que es la estructura principal de la grúa pescante. Asimismo, este equipo ofrece una solución práctica y adaptable a diversas comunidades pesqueras, y mitigando los problemas ergonómicos que enfrentan los pescadores en su labor diaria.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

II. METODOLOGÍA

Grúa pescante

El funcionamiento de grúa pescante que se necesita para el muelle de los pescadores artesanales, La pluma debe de girar 360° en cualquier sentido, el giro es mediante el motorreductor, polipasto de 3 Ton, este polipasto posee cable de acero con un gancho que permitirá izar la carga de los pescadores artesanales y una columna que restringe axial y radialmente a la pluma (ver Fig. 1)

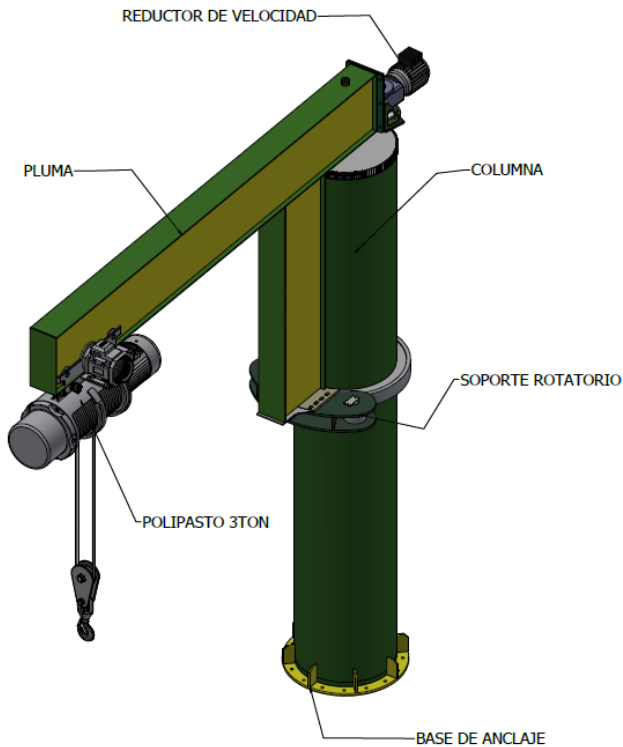


Fig. 1. Grúa pescante [11].

Para la manipulación de esta grúa se considera un control remoto para que se controle a distancia de manera segura y de esta manera se eviten accidentes durante la operación. El control remoto considerado es de la marca Itowa modelo TUNNER es un control remoto pequeño y ergonómico diseñado específicamente para operar grúas utilizadas por pescadores artesanales (ver. Figura 2). Funciona vía radio y puede manejar cualquier máquina de elevación sencilla. Dispone de hasta 7 pulsadores dobles, permitiendo dos velocidades, y cubre las órdenes básicas de la grúa: subir, bajar, izquierda, derecha y movimientos rotatorios en sentido horario y antihorario 360° [10].



Fig. 1. Control remoto Tunner de la marca Itowa.

El objeto de esta investigación es la pluma de la grúa pescante. Consta de un brazo (pluma) de 7 m de longitud, el tipo de perfil utilizado fueron láminas de acero unidas con soldadura, con una masa de 1650 Kg. La figura 3 representa la pluma de la grúa objeto de esta investigación.

El material base que se empleó para la simulación es de acero al carbono A36 para el diseño de la pluma. En la tabla 1 se especifica las propiedades mecánicas del acero empleado.

TABLA I
PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA PLUMA DE LA GRÚA PESCANTE [11].

Acero	Resistencia a la fluencia (Mpa)	Resistencia última a la tracción (Mpa)	Módulo de elasticidad (Gpa)	Módulo de corte (Gpa)	Ratio de Poisson	Densidad (kg/m ³)
A36	250	400-500	200	79.3	0.26	7800

Análisis por elementos finitos de la pluma

La simulación fue de tipo shell, debido a las ventajas que ofrece en cuanto al tiempo de simulación, además la estructura es la ideal para estas prestaciones, los elementos resultantes son bidimensionales. Con el refinamiento de la malla y las iteraciones, se logró la convergencia de la malla final y se obtuvo 42102 nodos y el número de elementos de 19585, ver figura 4.

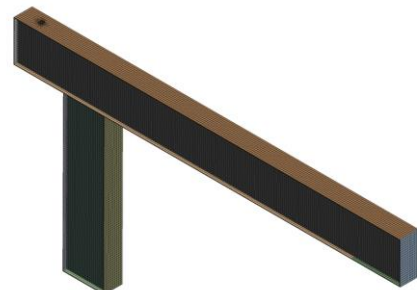


Fig. 4. Pluma mallada.

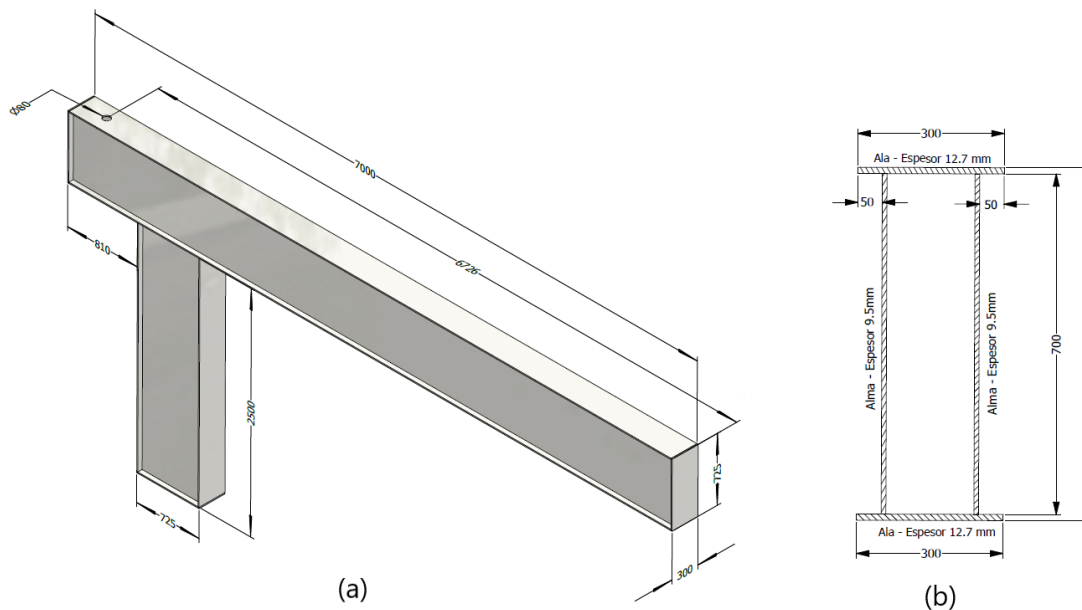


Fig. 3. Modelo CAD de la pluma. (a) Dimensiones de la pluma. (b) Sección transversal de viga cajón

Las condiciones de borde para la pluma se establecieron con una carga neta de izaje de 2800 kg, a la que se suma la masa del polipasto y sus accesorios, alcanzando un total de 3000 kg, lo que equivale a una fuerza de 29430 N. Para asegurar la estabilidad y funcionamiento adecuado de la pluma, se consideraron varios puntos de apoyo críticos. En primer lugar, se utilizó un soporte cilíndrico en el agujero inferior de 80 mm, proporcionando una base sólida para el montaje. Además, en la base del soporte se contempló un desplazamiento, lo que permite un mejor ajuste y distribución de las cargas, mejorando la eficiencia y seguridad de la operación. Estas medidas aseguran que la pluma pueda manejar las cargas de manera segura y efectiva, minimizando el riesgo de fallos o accidentes durante el uso.

operación optimiza significativamente el proceso de descarga de productos hidrobiológicos en el muelle. Esta optimización no solo reduce de manera considerable el tiempo necesario para realizar las descargas, sino que también minimiza el esfuerzo físico requerido por los pescadores, mejorando su bienestar y seguridad laboral.

Además, la disminución en el tiempo de descarga permite a los pescadores maximizar el tiempo dedicado a las actividades de captura, incrementando así la productividad y potencialmente mejorando sus ingresos. La capacidad de manejar cargas mayores de forma eficiente también facilita una mejor conservación de los productos, ya que se reduce el tiempo de exposición a condiciones ambientales adversas, manteniéndolos frescos y en óptimas condiciones para su posterior comercialización.

El análisis por elementos finitos se realizó en ANSYS, este software de Ansys mechanical del análisis estático resuelve el sistema de ecuaciones de rigidez $F=k*u$ utilizando métodos numéricos avanzados. Este sistema de ecuaciones representa el equilibrio estático del sistema, donde F son las fuerzas aplicadas, K es la matriz de rigidez global, y u son los desplazamientos nodales.[12], [13], [14].

La matriz de rigidez K se construye a partir de las propiedades del material y la geometría del modelo, y se utiliza para determinar cómo las fuerzas aplicadas se distribuyen a lo largo de la estructura de la grúa. Los métodos numéricos avanzados, como el método de elementos finitos (FEM), permite resolver este sistema de ecuaciones de manera eficiente, proporcionando una distribución detallada de los esfuerzos y desplazamientos en la estructura. ANSYS garantiza la precisión de los resultados a través de iteraciones y técnicas de convergencia que minimizan los errores entre iteraciones sucesivas, asegurando una solución estable y confiable.

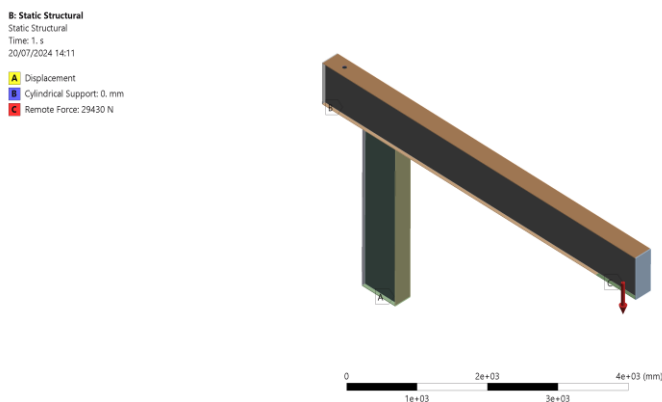


Fig. 5. Condiciones de borde de la pluma.

La carga considerada es de suma importancia para optimizar las operaciones de pesca artesanal. Permitir a los pescadores manejar un mayor volumen de carga en cada

III. RESULTADOS

Las grúas pescantes deben ser diseñadas con la capacidad y resistencia necesarias para asegurar su funcionamiento sin riesgos para vidas humanas o propiedades. La aplicación del método por elementos finitos, en particular con ANSYS, es clave para validar el diseño. En el análisis estático, se evalúan deformaciones, esfuerzos y el factor de seguridad para garantizar la integridad de la estructura.

En la figura 6, observamos los esfuerzos máximos de 134.78 MPa, con la etiqueta roja Max. El gradiente de color en la figura permite identificar claramente la concentración de esfuerzos alrededor del agujero del eje. Es importante destacar que este esfuerzo elevado se debe a una singularidad causada por la alta concentración de tensiones en el agujero de la pluma. Este agujero es crítico, ya que en él se encuentra soldado el eje que permitirá pivotar la pluma de la grúa. La singularidad observada resalta la necesidad de un análisis detallado en estas áreas críticas para asegurar la integridad estructural y funcionalidad de la grúa.

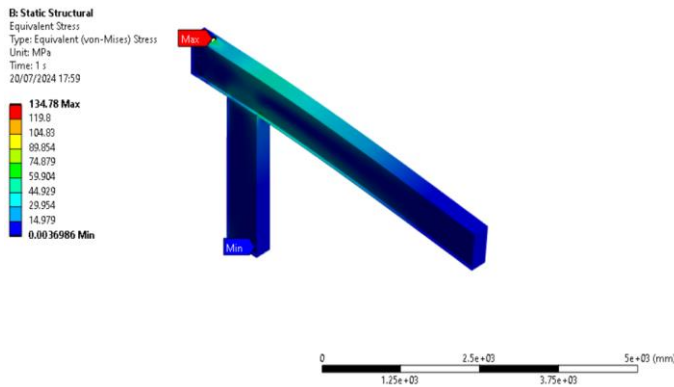


Fig. 6. Esfuerzos máximos de la pluma.

En la Figura 7, se observa que los esfuerzos en la unión soldada entre el cajón horizontal y el vertical son significativamente menores, con un valor aproximado de 45.067 MPa. Este esfuerzo es considerablemente más bajo en comparación con los esfuerzos encontrados en el agujero de la pluma, lo que indica una menor concentración de tensiones en esta área. La distribución uniforme de los esfuerzos en la unión soldada sugiere una buena integridad estructural en esa región, contrastando con la alta concentración de esfuerzos observada en el agujero de la pluma, donde se presenta una singularidad.

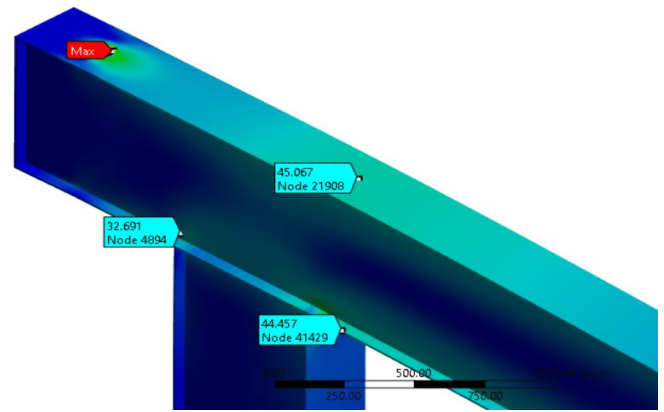


Fig. 7. Esfuerzos máximos localizados de la pluma.

En la Figura 8 se presenta el análisis del factor de seguridad de la pluma de la grúa, mostrando un valor mínimo de 1.85 en el área alrededor del agujero de la pluma donde se suelda el eje para el pivote, indicando que esta región es la más crítica y necesita atención para evitar posibles fallos estructurales. En contraste, la unión soldada entre el cajón horizontal y el vertical exhibe un factor de seguridad significativamente mayor, alcanzando valores aproximados de 15 en algunas áreas, lo que sugiere una capacidad superior para soportar las cargas aplicadas sin riesgo de fallo.

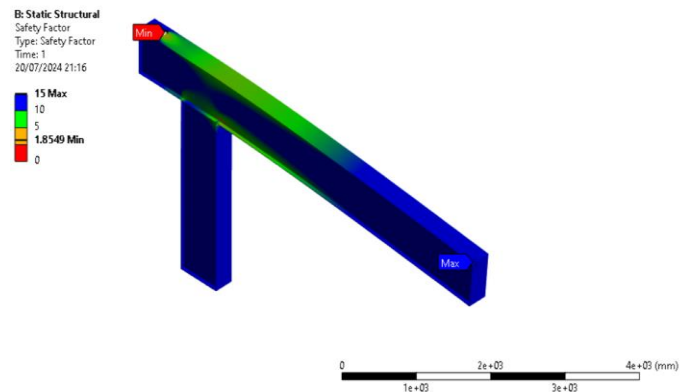


Fig. 8. Factor de seguridad de la pluma.

Los resultados del análisis estático se obtuvo la deformación total de la pluma de la grúa bajo carga, mostrando una deformación máxima de 8.36 mm en el extremo libre de la pluma, indicada por la etiqueta roja "Max", ver figura 9. El gradiente de color en la figura ilustra la distribución de la deformación, que es más pronunciada en las áreas más alejadas del punto de soporte y disminuye gradualmente hacia el anclaje, donde la deformación es mínima, marcada con la etiqueta azul "Min". Esta distribución es coherente con el comportamiento de una estructura en voladizo, donde las mayores deformaciones se producen en los puntos más distantes del soporte. La deformación máxima observada se encuentra dentro de los límites aceptables para la operación segura de la grúa.

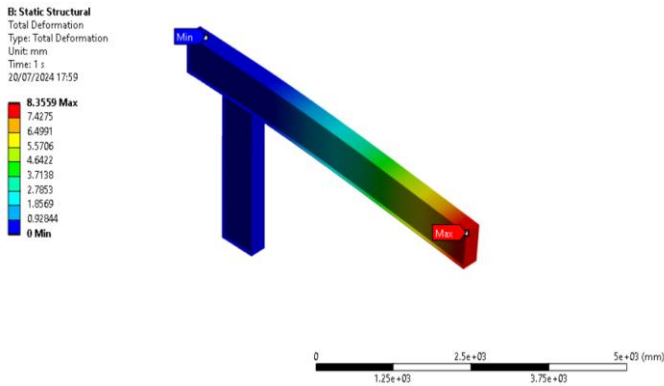


Fig. 9. Deformación total de la pluma.

IV. CONCLUSIONES

Este artículo presenta los resultados de un análisis numérico de grúas pescales mediante técnicas de elementos finitos. La investigación tiene como objetivo evaluar el comportamiento estático de la pluma de una grúa, utilizando el material acero al carbono A36 y sometiénola a una carga específica de elevación.

Los resultados obtenidos del análisis estático y de deformaciones de la grúa pescale confirman que su diseño estructural es adecuado para la fabricación y operación segura en aplicaciones de pesca artesanal. La concentración de esfuerzos máximos de 134.78 MPa en el agujero de la pluma, donde se encuentra soldado el eje pivotante, se mantiene dentro de los límites aceptables para asegurar la integridad estructural bajo condiciones operativas. Asimismo, los esfuerzos en la unión soldada entre el cajón horizontal y el vertical son significativamente menores, alcanzando aproximadamente 45.067 MPa, y el factor de seguridad máximo de 15 indica una capacidad robusta para soportar las cargas aplicadas sin riesgo de fallo. El análisis de la deformación total revela una deformación máxima de 8.36 mm en el extremo libre de la pluma, coherente con el comportamiento esperado de una estructura en voladizo, lo que confirma la robustez del diseño bajo las cargas operativas previstas.

Finalmente, el diseño de la pluma de la grúa pescale para el muelle de los pescadores artesanales queda validado mediante el análisis por elementos finitos, de esta manera se garantiza el correcto funcionamiento de la grúa, por ende, esta no fallará, evitando los accidentes a los pescadores y las demás personas que se encuentren alrededor de la máquina.

Se recomienda realizar ensayos experimentales para confirmar los resultados del comportamiento estático, además de considerar análisis de fatiga y análisis dinámicos.

REFERENCIAS

- [1] R. Chuenpagdee, "Innovations and Opportunities in Small-Scale Fisheries," Agencia de Naciones Unidas responsable de los temas de alimentación y agricultura (FAO). [Online]. Available: <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1117286/>
- [2] INEI, "I Censo nacional de la pesca artesanal del ámbito marítimo 2012," 2013.
- [3] M. P. S. Gotardelo, A. L. M. Rodrigues, F. R. P. Quaresma, A. Pontes-Silva, and E. da S. Maciel, "Work-related musculoskeletal disorders in vulnerable populations: what are the most common body parts affected?," *BMC Public Health*, vol. 23, no. 1, p. 1635, Aug. 2023, doi: 10.1186/s12889-023-16570-2.
- [4] F. S. Dewi, H. Kusnopranto, R. Purwana, and T. E. B. Soesilo, "Identification of Work-related Diseases in Small-scale Fishermen in Batam Island, Indonesia," *Open Public Health J.*, vol. 16, 2023, doi: 10.2174/18749445-v16-e230505-2022-218.
- [5] O. Laraqui *et al.*, "Musculoskeletal disorders of fishermen in the artisanal and coastal sector," *Int. Marit. Health*, vol. 75, no. 1, pp. 1–9, 2024, doi: 10.5603/imh.98470.
- [6] F. Torres Cañete, R. Oyanedel, and S. Gelcich, "Adoption and impacts of fishing gear innovations: Insights from a small-scale fishery in Chile," *Fish. Res.*, vol. 248, p. 106200, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.106200>.
- [7] V. M. Gašić, A. S. Čočić, and N. M. Anđelić, "Consideration of the horizontal inertial effects at cantilever beams with nonuniform open sections," *FME Trans.*, vol. 46, no. 3, pp. 342–346, 2018, doi: 10.5937/fmet1803342G.
- [8] T. Haniszewski and D. Gąska, "Numerical modelling of I-beam jib crane with local stresses in wheel supporting flanges - Influence of hoisting speed," *Nase More*, vol. 64, no. 1, pp. 7–13, 2017, doi: 10.17818/NM/2017/1.2.
- [9] R. Buczkowski and B. Żyliński, "Finite element fatigue analysis of unsupported crane," *Polish Marit. Res.*, vol. 28, no. 1, pp. 127–135, 2021, doi: 10.2478/pomr-2021-0012.
- [10] Itowa, "Control Remoto Grúa," Itowa. [Online]. Available: <https://www.itowa.com/esp/control-puente-grua.php>
- [11] O. Araque, N. Arzola, and O. Varón, "Computational modeling of fatigue crack propagation in butt welded joints subjected to axial load," *PLoS One*, vol. 14, no. 6, 2019, doi: 10.1371/journal.pone.0218973.
- [12] D. P. Singh, J. Joshi, N. Gariya, R. P. Verma, and C. Kishore, "Advance Fatigue Analysis of an Auto Rickshaw Rear Axle Shaft," in *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2021, pp. 337–344. doi: 10.1007/978-981-33-4684-0_34.
- [13] B. W. Lenggana *et al.*, "Effects of mechanical vibration on designed steel-based plate geometries: Behavioral estimation subjected to applied material classes using finite-element method," *Curved Layer. Struct.*, vol. 8, no. 1, pp. 225–240, 2021, doi: 10.1515/cls-2021-0021.
- [14] J. L. Serna-Landivar *et al.*, "Innovative design of a plastic shredder for sustainable cities," in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, 2023. doi: 10.18687/LEIRD2023.1.1.251.