

ARTÍCULO ORIGINAL

Dificultad de los operarios portuarios con el aprendizaje del modelo parabólico al operar una grúa tipo RTG (hoist/trolley)

The difficulty of port operators in learning the parabolic model when operating an RTG (hoist/trolley) crane

Jahiro Sutherland

jahiro.sutherland@up.ac.pa • <https://orcid.org/0000-0003-4700-3818>

CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO DE COLÓN. UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

Yoan Martínez López

yoan.martinez@reduc.edu.cu • <https://orcid.org/0000-0002-1950-567X>

UNIVERSIDAD DE CAMAGÜEY, CUBA

Carlos de Castro Lozano

carlos@uco.es • <https://orcid.org/0000-0001-6603-843X>

José Miguel Ramírez Uceda

p52raucj@uco.es • <https://orcid.org/0000-0002-5027-7521>

CTI UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA, ESPAÑA
PLENITAS, CÓRDOBA, ESPAÑA

Recibido: 2025-04-18 • Aceptado: 2025-12-29

RESUMEN

La operación de grúas tipo RTG (Hoist/Trolley) en terminales portuarias es una tarea intrincada que demanda habilidades y conocimientos especializados para asegurar una ejecución eficiente y segura. La actividad portuaria, particularmente en Panamá y otras regiones, ha experimentado un crecimiento significativo desde la inauguración del Canal de Panamá y la implementación del sistema de contenedores en la década de 1950, lo que ha transformado sustancialmente el diseño y la operación de los puertos. Los operadores de grúas RTG enfrentan varios desafíos durante su formación, incluyendo la falta de entrenamiento adecuado, la complejidad del modelo de operación parabólico, y la falta de motivación. Un estudio realizado con 60 operadores del Centro de Entrenamiento Logístico y Portuario INADEH en Panamá reveló que el 65% de los participantes no recibió el entrenamiento suficiente, el 40% encontró el modelo parabólico extremadamente complejo, y el 25% carecía de motivación para aprender. Las grúas RTG realizan varios movimientos críticos, incluyendo el izaje vertical (hoist), el traslado horizontal (trolley), y el desplazamiento de la grúa a lo largo del muelle (gantry). Las nuevas estrategias de productividad buscan optimizar estos

movimientos combinándolos simultáneamente, lo que reduce el tiempo de operación y aumenta la eficiencia global de la terminal. La formación de operadores de grúas RTG se ha enriquecido con el uso de simuladores, que forman parte de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Estos simuladores replican escenarios operativos reales, permitiendo a los operadores entrenar en un entorno seguro y controlado. Este enfoque acelera el proceso de capacitación y mejora significativamente la productividad y la seguridad en las operaciones portuarias.

Palabras clave: TICs, RTG, modelo parabólico, grúa.

ABSTRACT

The operation of RTG (Hoist/Trolley) cranes in port terminals is a complex task that requires specialized skills and knowledge to ensure efficient and safe execution. Port activity, particularly in Panama and other regions, has experienced significant growth since the inauguration of the Panama Canal and the implementation of the container system in the 1950s, substantially transforming the design and operation of ports. RTG crane operators face several challenges during their training, including inadequate training, the complexity of the parabolic operation model, and a lack of motivation. A study conducted with 60 operators from the INADEH Logistics and Port Training Center in Panama revealed that 65% of the participants did not receive sufficient training, 40% found the parabolic model extremely complex, and 25% lacked motivation to learn. RTG cranes perform several critical movements, including vertical lifting (hoist), horizontal translation (trolley), and the movement of the crane along the quay (gantry). New productivity strategies aim to optimize these movements by combining them simultaneously, which reduces operation time and increases the overall efficiency of the terminal. The training of RTG crane operators has been enhanced with the use of simulators, which are part of Information and Communication Technologies (ICT). These simulators replicate real operational scenarios, allowing operators to train in a safe and controlled environment. This approach accelerates the training process and significantly improves productivity and safety in port operations.

Keywords: ICT, RTG, parabolic model, crane.

INTRODUCCIÓN

La operación de grúas tipo RTG (Hoist/Trolley) es una tarea compleja que requiere una gran cantidad de habilidades y conocimientos para ser realizada de manera eficiente y segura. Sin embargo, muchos operarios portuarios enfrentan dificultades al aprender el modelo parabólico que se utiliza en estas grúas.

Se puede señalar que la actividad portuaria se inicia con la apertura del Ferrocarril Transístmico, el primero en el continente y se magnifica con la inauguración y posterior operación del Canal de Panamá. Esta tendencia apunta

a que la función de los puertos es integrarse en las cadenas logísticas de producción, transporte y distribución, debido a que estos son verdaderos centros de valor añadidos al conformar un entorno productivo y logístico de gran importancia en las que se realizan actividades industriales, turísticas, de negocios, entre otras (Rúa Costa, 2006).

Por otro lado, la aparición del uso del contenedor y la incorporación de grúas para el movimiento de estos en la década de los años cincuenta causó una auténtica revolución en el diseño de los puertos existentes cambiando su aspecto físico, tanto es así que en los últimos años la mayoría de los puertos del mundo, solicitan a los fabricantes de grúas portuarias, la incorporación de sistemas informáticos para la medición del rendimiento de estos equipos.

Para tal fin, se aplican diferentes indicadores de productividad y utilización como parte de este análisis, ya que las grúas miden el resultado del uso de ellas; pero no personalizan la medición a cada uno de los operadores de grúas que, por intervalos cortos de tiempo, utilizan estos equipos para realizar sus labores cotidianas de movilización de la carga en el patio. Cabe señalar que, en la última década, las terminales portuarias en su afán por mejorar destinan recursos para la formación del personal, aplicando simuladores de equipos que permitan acelerar el proceso de capacitación y conocer de modo anticipado a los potenciales operadores e incluso incrementar los indicadores de productividad.

Actualmente los procesos de capacitación tradicional incluyen la medición de los movimientos de los operadores durante la realización de su trabajo el cual consiste en, primer lugar, en elevar el contenedor desde el camión conocido como movimiento de (hoist), antes de realizar el movimiento de traslado a las pilas o grupo de contenedores conocido como (trolley), para proceder a descender el mismo realizando nuevamente el movimiento de (hoist) y viceversa de las pilas o grupos de contenedores al camión conocido como movimiento de una mano o en forma de U invertida (rectilínea) lo que hace más lento el proceso.

Las nuevas corrientes de productividad en los terminales portuarios están cambiando este esquema de operación y apuntan a realizar maniobras en las que se puedan realizar los movimientos (hoist-trolley-hoist) de forma simultánea. Este cambio se efectúa para acortar la distancia e impactar el tiempo empleado en las maniobras, aumentando la cantidad de contenedores que se puedan mover en el tiempo determinado y, por lo tanto, mejorar la productividad.

Esta investigación busca establecer las diferencias entre el movimiento de U invertida (rectilínea) y el movimiento de overlapping (parabólica) a través de indicadores de productividad que puedan ser modelados matemáticamente e integrados en el proceso de capacitación y así obtener la información que nos generarán los indicadores tomando como referencia el simulador de grúa pórtico de patio sobre neumáticos de goma – RTG (por sus siglas en inglés) que dará el reporte del ejercicio realizado por el participante utilizando información basados en el movimiento de U invertida (rectilínea) y sobre esta información establecer el modelo matemático correspondiente que emplearemos para una evaluación técnica basada en el movimiento de overlapping (parabólica).

Mejorar la eficiencia en los puertos de carga de contenedores, ha sido un tema que el gobierno de Panamá no ha ignorado y como alternativa a este desafío crea en el año 2012 un Centro de Formación de Operadores Portuarios regido por el Instituto Nacional de Formación Profesional y Capacitación para el Desarrollo Humano (INADEH). Este centro está en un área especial (Panamá Pacífico) y tiene la capacidad para formar operadores en las distintas clases de equipos portuarios especializados, siendo este centro el más grande de América a nivel estatal y un fuerte contendiente para competir a nivel mundial contribuyendo a la formación de un personal capacitado en la operación de grúas portuarias en el caso que nos ocupa las grúas pórticos de patio sobre neumáticos de goma conocida como RTG.

Cabe destacar que el uso de simuladores forma parte de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) de allí su aplicación en el uso de las grúas RTG. Actualmente no se cuenta con un trabajo específico que utilice las TICs y un modelo matemático para el curso de formación de operadores de este tipo de grúa, aplicando la ingeniería matemática, lo que nos lleva a un trabajo experimental en el momento de efectuar la recopilación y aplicación de la información en la formación del personal, lo que constituye un primer acercamiento matemático de estas herramientas de aprendizaje TICs en esta delicada e importante área de estudio. El objetivo general de este trabajo es establecer un modelo matemático de las evaluaciones técnicas de operadores de grúas tipo RTG apoyado en la herramienta TIC para la simulación de operaciones con contenedores. El objetivo de este estudio es identificar las dificultades que los operarios portuarios enfrentan al aprender el modelo parabólico al operar una grúa tipo RTG (Hoist/Trolley) y proporcionar recomendaciones para superarlas.

Antecedentes

En los últimos años la mayoría de los puertos de Panamá, América Latina y el Caribe, cuyo tráfico principal son los contenedores, han experimentado un vigoroso crecimiento. En la mayoría de los casos este crecimiento se relaciona con el mayor desarrollo del comercio exterior de las respectivas economías, pero también ha habido un crecimiento substancial en la oferta por servicios de contenedores tanto navieros como en puertos. En las últimas dos décadas gran cantidad de puertos a nivel mundial mostraron un crecimiento promedio de 13% en el tráfico de contenedores entre los cuales se registra Panamá, sin embargo, desde el 2019 que decreció 2.8% y posteriormente declinan las exportaciones 11.9% adicional hasta el tercer cuatrimestre del 2020 (UNCTAD, 2020). Dado el grado de productividad, Panamá se perfila como un país a la vanguardia en esta importante actividad económica en el trasbordo de contenedores en la región.

Sobre estos aspectos de la medición de producto vida y economía de los puertos. Marlow y Paixao (2004) señalan: “los indicadores portuarios se han clasificado en dos categorías; financieras y operacionales”. Para Wang, Song and Cullinani (2002) “productividad y eficiencia son dos conceptos importantes que se utilizan con frecuencia para medir el funcionamiento de esta industria”. Aunque con el tiempo estos conceptos han sido utilizados indistintamente, ambos definen la productividad como: “Un proceso en el cual los recursos, insumos y la capacidad asignada, las entradas (“inputs”) son transformadas en productos o servicios denominados, las salidas (“outputs”). En todo caso la productividad se puede definir como: “el resultado del cociente entre la cantidad de bienes o servicios producidos en función de un intervalo de tiempo definido”. La eficiencia la definen como productividad relativa considerando una mezcla de factores políticos o medidas que adopte el gobierno, mano de obra, infraestructuras, demandas de las compañías navieras, la evolución tecnológica o de las economías, las presiones de la globalización o las operaciones portuarias en general.

El movimiento de grúas es un factor primordial e importante en las labores portuarias y, por ende, afecta los indicadores de rendimiento. En este aspecto se define el movimiento de equipos como: “el número total de maniobras efectuadas”, por ejemplo; de las grúas de muelle tipo STS, máquinas apiladoras de contenedores tipo Reach Stacker, grúas de patio tipo RTG y montacargas en general, todas las descritas en función de un intervalo de tiempo definido, considerando tanto los movimientos efectuados para la manipulación de contenedores movilizados en la descarga como la carga de un buque portacontenedores. En el caso que nos ocupa haremos énfasis en las grúas pórtico de patio tipo RTG.

Para efecto de cálculo sobre la productividad de las grúas en este estudio, se estima, que la estadística reportada por cada terminal incluye todos los movimientos efectuados por las grúas tanto de transferencia hacia o

desde el muelle como en cubierta, estiba en el patio, entre otras. Una definición posible de los tipos de movimientos se enmarca en:

- Contenedores descargados (desembarcado de transbordo e importación).
- Contenedores cargados (embarcados de trasbordo tránsito de salida y exportación)
- Reestiba de contenedores (a bordo – movimientos) (Indicadores de productividad para industrias portuarias)

Un análisis estadístico de fuentes indicadoras económicas de la República de Panamá referente a la productividad en la actividad portuaria en el área de contenedores movilizados según las actividades y eficiencia, en este caso de las grúas con los tipos mencionados anteriormente refleja lo siguiente:

- 2016; la actividad portuaria cayó 9.1% (La Estrella de Panamá)
- 2017; se movilizaron 6.3 millones de contenedores.
- Crece la actividad de contenedores 12.6% en los primeros cinco meses (Autoridad Marítima de Panamá, AMP).
- Mayo de 2017; se movilizaron 2 803 196 contenedores.
- Enero a mayo 2017; Panamá Ports Company Cristóbal, puerto de mayor movimiento con un incremento del 74.9% según cifras de AMP y un incremento de 94% en TEU (contenedores de 20 pies) llenos (Diarios La Prensa Panamá, 12 de octubre de 2017), cuenta con 28 hectáreas de almacenaje, 970 metros de muelle para contenedores y 13 grúas pórticos.
- Panamá Port Company Balboa cuenta con 47 hectáreas de almacenaje 1,710 metros muelle para contenedores, 25 grúas pórticos con un mayor movimiento de TEU vacíos con 10.3% y contenedores llenos de 0.3%.
- Otro puerto de un fuerte dinamismo – Colon Container Terminal (CCT) con un movimiento de contenedores de 15.3% en enero a mayo 2017 subsidiaria de la transnacional Evergreen tiene 1,258 metros de muelles, 1,032 conectores para contenedores refrigerados y 400 TEU destinado a contenedores de alto riesgo.
- Manzanillo International Terminal (MIT) con resultados alentadores de un incremento de 21.9%.
- Panamá Internacional Terminal subsidiaria de PSA, ubicada en las riberas del canal, tiene patio de contenedores con capacidad para 450,000 TEU con tres grúas pórticos y 9 grúas de patio rodante (RTG). Sus operaciones con contenedores iniciaron formalmente en 2012.
- Según estadísticas de la AMP, el movimiento de contenedores aumentó a 10.3% en el periodo de los años 2018 – 2019.
- En América Latina y el Caribe, Panamá es el segundo país con mayor movimiento de contenedores en el año 2018 según la Comisión Latina y el Caribe (CEPAL).

De acuerdo con la misma fuente, otros países con esta importante actividad son: México, Chile, Colombia, Perú, Ecuador, Argentina, Jamaica y República Dominicana (La Economía en Panamá. Autoridad Marítima de Panamá (AMP), 2017).

La realidad es que cada terminal portuaria se encarga de capacitar al personal que participa en las distintas operaciones para la manipulación de carga. Esto representa un desafío debido a que los mismos son entrenados en los equipos que deben estar destinados para las tareas y operaciones propias de la actividad comercial. Esto representa un gasto adicional debido a la reducción de la disponibilidad de los equipos para las labores de mantenimiento.

METODOLOGÍA

Construir modelos para resolver problemas complejos es un tema central en las formas de la ciencia contemporánea mediante los modelos formales, la matemática genera interrelaciones con otras disciplinas y se relaciona con los problemas sensibles de la sociedad; a su vez, la informática y la inteligencia artificial han contribuido a que la ciencia enfrente problemas de creciente complejidad y que la construcción de modelos sea de interés general.

Para la matemática, el creciente interés por los modelos marca un cambio de tendencia en la investigación; según Brwcka, Dix y Kolonige (1997), esta se caracteriza como paso del pensamiento deductivo (monótono) a la inducción (no-monótona). El pensamiento deductivo procede por información completa, contrario con lo que sucede con la mayoría de las inferencias de la vida diaria y del sentido común, caracterizadas por la información incompleta. Esta condición fue puesta de relieve por los investigadores de inteligencia artificial cuando abordaron la representación del conocimiento de sentido común y la solución de los correspondientes problemas de decisión. Por otro lado, la evaluación técnica en las personas logra determinar cómo se lleva a cabo la operación con grúas RTG; en carga y descarga de contenedores con mayor seguridad, lo que repercutiría en mayor productividad, menos riesgos y pérdidas.

Grúas para contenedores tipo RTG

Para reducir los tiempos de carga y descarga de grandes buques portacontenedores, el área de almacenamiento de contenedores (depósito) necesita manejarse de la mejor y más eficiente forma posible. Dependiendo del grado de automatización en las terminales portuarias modernas, esto puede realizarse por medio de un tipo de grúa para el manejo de estos, como la RTG sobre neumáticos (por sus siglas en inglés).

Estas son modernas, grandes y eficientes de la industria marítima mundial. Si bien la tarea de este tipo de grúa es muy similar — manejar la entrada y salida de contenedores y colocarlos en bloques o pilas — los requisitos técnicos y funcionales para estos tipos de máquinas son considerablemente importantes de tomar en cuenta.

La función principal de estas grúas es descargar contenedores de camiones o tractores de terminales y cargarlos en el bloque de contenedores o viceversa. Por lo general, las RTG tienen una extensión equivalente de 5-8 contenedores de ancho y 3-6 de altura. Las grúas RTG estándar están equipadas con motores diésel o eléctricas, para proporcionar la potencia necesaria para trasladarse y levantar cargas. La transmisión de energía y datos al carro (trolley) de la RTG es provista por sistemas de cables tipo festón o cadenas porta cables eléctricas.

Principales movimientos de la grúa pórtico (RTG)

Actualmente los procesos de capacitación de los operadores de grúas incluyen la medición de los movimientos que principalmente consisten en trasladar los contenedores desde el camión al patio y viceversa (Morrish, 1996). El movimiento de traslado de los contenedores a las pilas o grupo de contenedores conocido como movimiento de una mano o en forma de U invertida (rectilínea) lo que hace más lento el proceso (Papaioannou, Pietrosanti, Holderbaum, Becerra, & Mayer, 2017) Las nuevas corrientes de productividad en los terminales portuarios, están

cambiando este esquema de operación y apuntan a realizar maniobras en las que se puedan realizar ambos movimientos (trolley-hoist) de forma simultánea. Este cambio se efectúa, para acortar la distancia e impactar el tiempo empleado en las maniobras, aumentando la cantidad de contenedores que se puedan mover en el tiempo determinado y, por lo tanto, mejora la productividad (KosucKi, MAleNTA, & ZACZYŃSKI, 2020).

La grúa cuenta con tres movimientos principales de acuerdo con su diseño y propósito para el manejo de los contenedores. El movimiento de izaje y descenso vertical de la carga denominado técnicamente (hoist); el movimiento horizontal denominado (trolley) que consiste en el traslado del contenedor desde la posición del camión articulado al punto de almacenaje a colocarlo regularmente en el espacio comprendido dentro de esta; y el movimiento de traslado o desplazamiento de la grúa denominado (gantry) que efectúa este equipo recorriendo las diferentes áreas de almacenaje de contenedores, donde se le solicita realice las tareas de apilado y estiba de contenedores. La grúa es de tipo móvil y su desplazamiento dentro del patio de contenedores se puede hacer entre los diferentes bloques de apilamiento y calles, en el área que se denomina “patio de contenedores”; a diferencia de las grúas pórticos de barco – muelle que solo recorren el muelle de manera lateral de izquierda a derecha, las grúas pórticos de patio sobre neumáticos de goma o RTG (Rubber Tyred Gantry Crane) pueden efectuar varios tipos de movimiento en el patio de la siguiente manera:

- Movimiento o desplazamiento lateral de izquierda a derecha a lo largo del área de apilado de los contenedores desde el cual realiza su trabajo de rutina. Este es el movimiento natural de desplazamiento y el más utilizado del denominado (gantry) debido a su diseño y manejo.
- Movimiento o desplazamiento hacia adelante y hacia atrás para cambiar de calle o zona de apilado de contenedores. Al trasladarse de una calle a otra requiere de este movimiento para cumplirlo. Es el segundo movimiento denominado (gantry) y solo se realiza para los cambios de calle tal como se describe.
- Movimiento o desplazamiento sobre su propio eje logrando ejercer una rotación de 360° en ambos sentidos (sentido horario o anti-horario). Este tipo de movimiento también denominado (gantry) es útil para poder desplazarse a calles que no están totalmente paralelas entre sí o requieren desplazarse en patios que una sección pueda estar orientadas en forma horizontal y posteriormente desplazarse a otras áreas que estén orientadas en forma vertical, haciendo posible el uso de las tres formas de desplazamiento de gantry para hacer efectivos los cambios de calles planteados.

Los movimientos de la grúa descritos como gantry en resumen se le conocen de la siguiente manera:

- Gantry 0 grado – es el desplazamiento lateral de izquierda a derecha en un bloque o área de almacenamiento.
- Gantry 90 grados - es el desplazamiento hacia adelante y hacia atrás para cambiar de calles dentro del patio de contenedores.

- Gantry Spin Turn – es el desplazamiento en forma de rotación en sentido horario o antihorario para facilitar los cambios de calles en los puntos donde no estén alineados los bloques de apilamiento de contenedores.

Los movimientos de la grúa descritos como hoist en resumen se le conocen de la siguiente manera:

- Hoist up – Movimiento vertical para elevar el contenedor a la altura que se requiera en la maniobra de apilado.
- Hoist down - Movimiento vertical para descender el contenedor a la altura que se requiera en la maniobra de apilado.

Los movimientos de la grúa descritos como trolley en resumen se le conocen de la siguiente manera:

- Trolley forward – Movimiento horizontal desde la posición del camión articulado donde se ubica el contenedor y moverlo al punto de almacenaje donde será colocado este como parte de la maniobra de apilado.
- Trolley backward – Movimiento horizontal desde la posición donde esté apilado el contenedor hacia el camión articulado para proceder a colocar en el chasis y se complete el despacho de este. (Ver figura 4).

Estos tipos de grúas se utilizan para apilar contenedores con las siguientes condiciones, basadas en su diseño:

- El ancho permite colocar hasta 6 filas de contenedores debajo de su estructura para completar el espacio denominado bahía (bay), término aplicado de manera similar a los lugares donde se apilan a bordo de los buques portacontenedores.
- El alto de la estiba o pila tiene como límite 6 contenedores debido al soporte estructural de estos recipientes metálicos con carga en su interior.
- El equipo no tiene una limitación física de recorrido dentro del patio de contenedores, gracias a su desplazamiento denominado gantry.
- La capacidad de almacenamiento de una bahía (bay) en forma teórica es 6 filas de ancho por 6 contenedores en cada fila representa contenedores. Para realizar las tareas de mover los contenedores que se encuentren debajo de otros se requiere disponer de espacios sin apilar en esta bahía para ello. Por tal motivo se dejan un mínimo de 5 espacios sin apilar, con ello se concluye que cada bahía (bay) solo puede almacenar 31 contenedores de manera efectiva.
- Los bloques que conforman la suma de varias bahías consecutivas entre sí, dependen del diseño de cada patio y cómo la empresa en su estrategia de administración de estos espacios decida. En muchos casos el largo de estos bloques va desde 100 a 200 metros de largo y terminales mucho más grandes pueden tener bloques de 300 e incluso 400 metros de largo. Estas distancias también influyen por los tamaños de los contenedores, debido a que varios tamaños normalizados (ISO – International Organization for Standardization); entre ellos contenedores de 20 y 40 pies de largo. La mezcla de medidas es una de las razones por las cuales se presentan confusiones en cuanto a la descripción de estos temas. Para ello, colocamos las conversiones oficiales para 20 pies (6.06 metros) y para 40 pies (12.2 metros).

La grúa pórtico de patio sobre neumáticos de goma – RTG, en su inicio se impulsaba por electricidad desde un generador acoplado a un motor diésel que, por medio de movimiento mecánico, se lograba dicha alimentación.

Con los avances y los cambios tecnológicos que procuran mayor eficiencia energética y reducir el consumo de combustible fósil, hay varios sistemas de alimentación eléctrica llamados por su forma de conectarse para recibir la electricidad y los mecanismos que permiten esta conexión; cable eléctrico por carrete (cable reel), alimentación por barra electrificada (busbar) e híbrido que cuenta con una mezcla de dos sistemas donde se involucra motor diésel acoplado a generador eléctrico y cable reel o busbar.

La grúa como mencionamos en detalles anteriores cuenta con un sistema informático de monitoreo, que algunos fabricantes lo denominan MIS (Management Information System), Sistema de Administración de Información; otros lo llaman CMS (Crane Monitoring System), Sistema de Monitoreo de Grúa. Estas plataformas de monitoreo conectados al PLC permiten al personal de mantenimiento de la grúa establecer una base de información útil que no se aplica de manera única al estado físico de la máquina, sino que una sección de esa información se utiliza para monitorear los indicadores de rendimiento (productividad, producción y utilización) con los cuales se registra la efectividad de las operaciones que se llevan a cabo con los equipos. Precisamente estos indicadores tienen como punto principal conocer el tiempo promedio entre ciclos (Average Cycle Time – Avg.CT) en valores de minutos, segundos y determinar en función de la cantidad de contenedores movidos los datos efectivos de esas operaciones. La grúa por sus características constructivas tiene como principios de movimientos las siguientes combinaciones, elevar – trasladar – descender (hoist up, trolley forward, hoist down) y realizada esta primera combinación termina su ciclo de la misma forma elevar – trasladar (hoist up, trolley backward), mientras se espera la siguiente instrucción. Estas maniobras usualmente se planteaban una acción a la vez, dando como resultado que la forma de portal (pórtico) es similar a las maniobras que describimos y se le considera a este método de manejo, operación en forma rectilínea descrita como un movimiento vertical ascendente, seguido de otro horizontal hacia adelante y luego otro vertical descendente, para retornar en esa misma secuencia.

Con el transcurso de las décadas y con los objetivos de reducir la distancia de desplazamiento, el tiempo empleado en las maniobras de apilamiento y despacho de contenedores, se presentan las alternativas de reducir la distancia de cada maniobra e incluso se plantea las posibilidades de combinar alguna de ellas al mismo tiempo, siempre que las alturas de apilado de los contenedores lo permitan de manera segura. Con estos retos se inicia en algunas terminales portuarias las operaciones llamadas no lineales, realizando el izaje vertical o descenso mientras se realiza el traslado hacia adelante o hacia atrás. Las maniobras o combinaciones descritas antes generan un efecto de movimiento curvo debido al efecto de esta acción. De allí, que la forma del movimiento deja de ser rectilíneo y pasa a ser una curva que depende de la altura de una pila y puede tomar diferentes aspectos, entre ellos un arco, semi elipse, parábola, semi óvalo y hasta una cicloide. La importancia de realizar movimientos dobles (overlap) se traduce en una distancia menor de recorrido y sobre todo en un menor tiempo, motivo principal del análisis de este trabajo, para destacar los principios matemáticos que sustenten este supuesto, al cual nos avocamos como proyecto final de graduación. El principio de demostrar la distancia y tiempo empleado entre el movimiento rectilíneo y cualquiera de las descripciones de curva, para nuestro caso el parabólico, nos sitúa en dos modelos matemáticos de principio, sin embargo el segundo (no lineal) presenta mayores desafíos en su demostración, tomando en cuenta que tanto la altura de las pilas, será variante en función de lo almacenado en ese momento y que con cada movimiento de apilado o despacho; las alturas de las pilas cambian constantemente y en otros casos el remover contenedores que se encuentren encima del que se despacha, genera mayores contrastes y desafíos para la demostración.

El interés de esta demostración subyace en la cantidad de modelos matemáticos planteados en los diferentes programas para simular estos procesos de almacenaje, apilado y recepción o entrega de contenedores, que las

empresas prestadoras de estos servicios tienen y buscan mejores formas de realizar las tareas con los dos factores principales de influencia, tiempo y menor recurso para hacer el trabajo.

Además, busca establecer las diferencias entre el movimiento de U invertida (rectilínea) y el movimiento de Overlapping (parabólica). Estos indicadores de productividad se han modelado matemáticamente y se han integrado en el proceso de capacitación y así obtener la información que nos generarán los indicadores. Se ha tomado como referencia el simulador de grúa pórtico de patio sobre neumáticos de goma – RTG (por sus siglas en inglés) que dará el reporte del ejercicio realizado por el participante, utilizando información basados en el movimiento de U invertida (rectilínea) y sobre esta información establecer el modelo matemático correspondiente; que emplearemos para una evaluación técnica basada en el movimiento de overlapping (parabólica), en un simulador de grúas RTG.

Interpretación de variables

Son fundamentales para establecer criterios de evaluación, utilizando las relaciones entre ellas y junto al modelo matemático harán operativo e idóneo el desempeño de los operadores lo cual es coherente con los objetivos del proyecto.

Las variables para estudiar son generadas por el simulador y están divididas en dos grupos; las independientes que pueden ser modificadas y las dependientes cuyo comportamiento es influenciado por las anteriores.

Las variables dependientes en este estudio son las siguientes:

- 1) Reportes de los simuladores
- 2) Cantidad de movimientos por hora
- 3) Productividad del operador - empresa

Las variables independientes identificadas se listan a continuación:

- 4) Movimiento de Trolley = x
- 5) Movimiento de Hoist = y
- 6) Movimiento de Gantry = z
- 7) Tiempo = t
- 8) Distancia recorrida = d
- 9) Velocidad = v
- 10) Oscilación = o
- 11) Altura = h

Modelo parabólico al operar una grúa tipo RTG (Hoist/Trolley)

Para analizar el aprendizaje de los estudiantes portuarios se les realizó un examen para saber su conocimiento acerca de los modelos parabólicos al operar una grúa tipo RTG(Hoist/Trolley), ver figura 1.

- Peor de los escenarios (Franco 1)

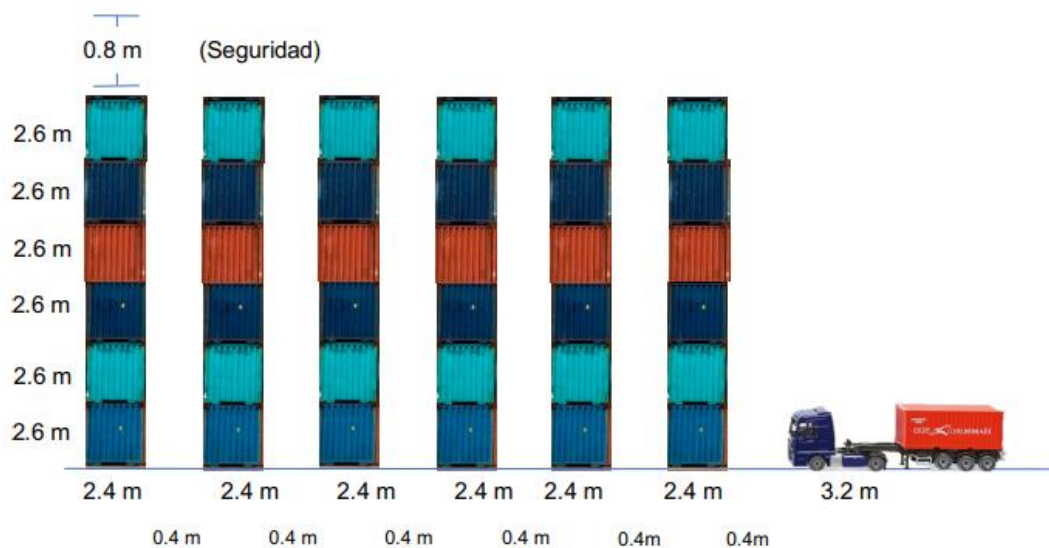


Figura 1 Representación de las dimensiones de los contenedores en el puerto.

Para este examen debían calcular las variables de la modelo parabólica, cuyas respuestas se muestran a continuación,

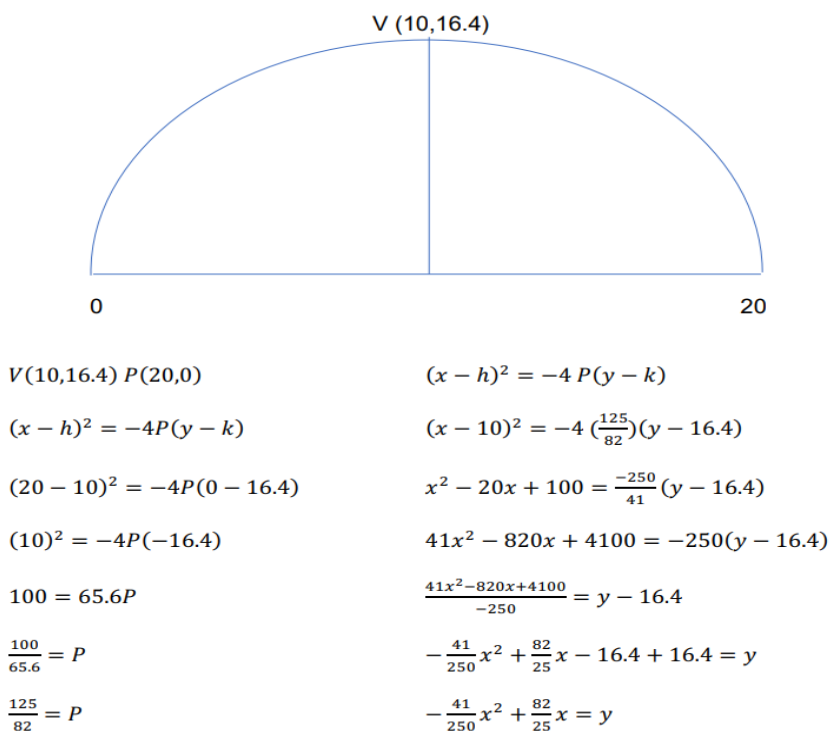


Figura 2 Representación las ecuaciones del movimiento parabólico.

$$y = -\frac{41}{250}x^2 + \frac{82}{25}x$$

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{41}{125}x + \frac{82}{25}$$

$$L = \int_a^b \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx$$

Figura 3 Representación las ecuaciones del movimiento parabólico. Continuación.

$$L = \int_0^{19.62} \sqrt{1 + \left(-\frac{41}{125}x + \frac{82}{25}\right)^2} dx$$

$$L = \int_0^{19.62} \sqrt{\left(1 + \frac{1681}{15625}x^2 - \frac{6724}{3125}x + \frac{6724}{625}\right)} dx$$

$$L = \int_0^{19.62} \sqrt{\left(\frac{7349}{625} - \frac{6724}{3125}x + \frac{1681}{15625}x^2\right)} dx$$

Calculamos con la ayuda de la regla de Simpson (con n=10)

$$\Delta x = \frac{19.62 - 0}{10} = \frac{19.62}{10} = 1.962$$

$x_0 = 0$	$x_5 = 9.81$
$x_1 = 1.962$	$x_6 = 11.772$
$x_2 = 3.924$	$x_7 = 13.734$
$x_3 = 5.886$	$x_8 = 15.696$
$x_4 = 7.848$	$x_9 = 17.658$
	$x_{10} = 19.62$

Figura 4 Resolución de las ecuaciones del movimiento parabólico.

$$\begin{aligned}
 I \approx & \frac{1.962}{3} \left[\sqrt{\frac{7349}{625}} + 4 \sqrt{\frac{7349}{625} - \frac{6724}{3125}(1.962) + \frac{1681}{15625}(1.962)^2} \right. \\
 & + 2 \sqrt{\frac{7349}{625} - \frac{6724}{3125}(3.924) + \frac{1681}{15625}(3.924)^2} + 4 \sqrt{\frac{7349}{625} - \frac{6724}{3125}(5.886) + \frac{1681}{15625}(5.886)^2} \\
 & + 2 \sqrt{\frac{7349}{625} - \frac{6724}{3125}(7.848) + \frac{1681}{15625}(7.848)^2} + 4 \sqrt{\frac{7349}{625} - \frac{6724}{3125}(9.81) + \frac{1681}{15625}(9.81)^2} \\
 & \left. + 2 \sqrt{\frac{7349}{625} - \frac{6724}{3125}(11.772) + \frac{1681}{15625}(11.772)^2} + 4 \sqrt{\frac{7349}{625} - \frac{6724}{3125}(13.734) + \frac{1681}{15625}(13.734)^2} \right]
 \end{aligned}$$

Figura 5 Resolución de las ecuaciones del movimiento parabólico. Continuación.

$$\begin{aligned}
 & + 2 \sqrt{\frac{7349}{625} - \frac{6724}{3125}(15.696) + \frac{1681}{15625}(15.696)^2} + 4 \sqrt{\frac{7349}{625} - \frac{6724}{3125}(17.658) + \frac{1681}{15625}(17.658)^2} \\
 & + \sqrt{\frac{7349}{625} - \frac{6724}{3125}(19.62) + \frac{1681}{15625}(19.62)^2} \Bigg] \\
 & \approx \frac{1.962}{3} [\sqrt{11.7584} + 4\sqrt{7.950942423} + 2\sqrt{4.971762013} + 4\sqrt{2.82085877}] \\
 & + 2\sqrt{1.498232693} + 4\sqrt{1.003883782} + 2\sqrt{1.337812039} + 4\sqrt{2.500017462} \\
 & + 2\sqrt{4.490500051} + 4\sqrt{7.309259807} + \sqrt{10.95629673} \\
 & \approx 38.80 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Figura 6 Resolución de las ecuaciones del movimiento parabólico. Continuación.

- Mejor de los escenarios (Alfa 6)

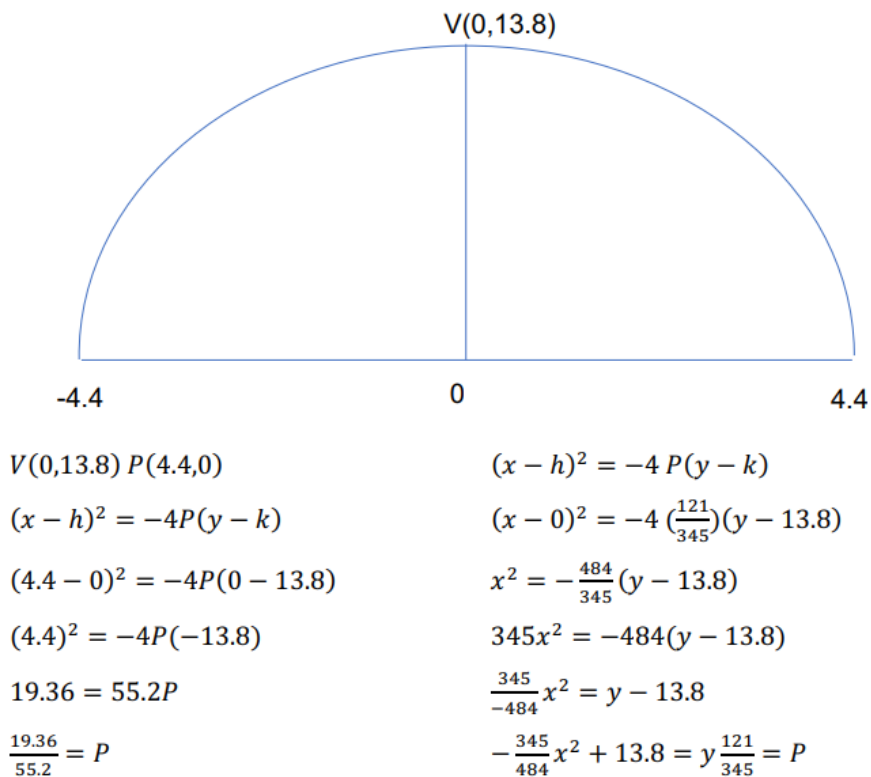


Figura 7 Representación de las ecuaciones del movimiento parabólico mejor escenario.

$$y = \frac{-345}{484}x^2 + 13.8$$

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{345}{242}x$$

$$L = \int_a^b \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx$$

$$L = \int_0^{4.2} \sqrt{1 + \left(\frac{-345}{242}x\right)^2} dx$$

$$L = \int_0^{19.62} \sqrt{1 + \left(\frac{119025}{58564}x^2\right)} dx$$

Calculamos con la ayuda de la regla de Simpson (con n=10)

$$\Delta x = \frac{4.2 - 0}{10} = \frac{4.2}{10} = 0.42$$

$$x_0 = 0$$

$$x_5 = 2.1$$

$$x_1 = 0.42$$

$$x_6 = 2.52$$

$$x_2 = 0.84$$

$$x_7 = 2.94$$

$$x_3 = 1.26$$

$$x_8 = 3.36$$

$$x_4 = 1.68$$

$$x_9 = 3.78$$

$$x_{10} = 4.2$$

Figura 8 Representación de las ecuaciones del movimiento parabólico mejor escenario. Continuación.

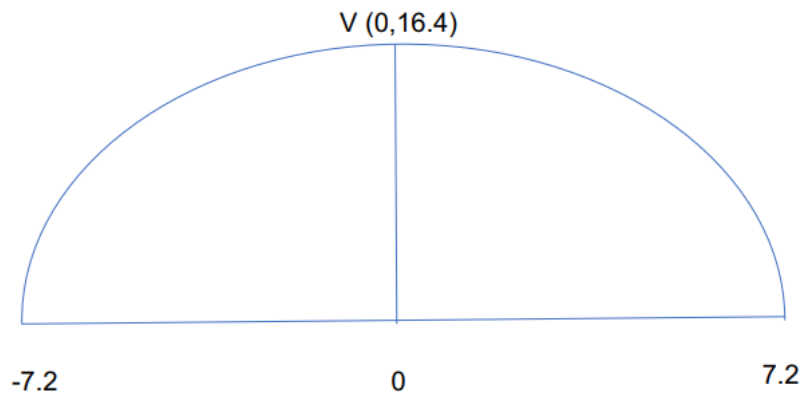
$$I \approx \frac{0.42}{3} \left[\sqrt{1} + 4 \sqrt{1 + \frac{119025}{58564}(0.42)^2} + 2 \sqrt{1 + \frac{119025}{58564}(0.84)^2} \right. \\ \left. + 4 \sqrt{1 + \frac{119025}{58564}(1.26)^2} + 2 \sqrt{1 + \frac{119025}{58564}(1.68)^2} + 4 \sqrt{1 + \frac{119025}{58564}(2.1)^2} \right]$$

Figura 9 Resolución de las ecuaciones del movimiento parabólico mejor escenario.

$$\begin{aligned}
 &+2\sqrt{1+\frac{119025}{58564}(2.52)^2}+4\sqrt{1+\frac{119025}{58564}(2.94)^2}+2\sqrt{1+\frac{119025}{58564}(3.36)^2} \\
 &+4\sqrt{1+\frac{119025}{58564}(3.78)^2}+\sqrt{1+\frac{119025}{58564}(4.2)^2} \\
 &\approx \frac{0.42}{3}[\sqrt{1}+4\sqrt{1.358513933}+2\sqrt{2.434055734}+4\sqrt{4.226625401}] \\
 &+2\sqrt{6.736222936}+4\sqrt{9.962848337}+2\sqrt{13.90650161}+4\sqrt{18.56718274} \\
 &+2\sqrt{23.94989174}+4\sqrt{30.0396286}+\sqrt{36.85139335} \\
 &\approx 13.62
 \end{aligned}$$

Figura 10 Resolución de las ecuaciones del movimiento parabólico mejor escenario. Continuación.

- El escenario medio (Charlie 3)



$$V(0,16.4) \quad P(7.2,0)$$

$$(x-h)^2 = -4P(y-k)$$

$$(7.2-0)^2 = -4P(0-16.4)$$

$$(7.2)^2 = -4P(-16.4)$$

$$51.84 = 65.6P$$

$$\frac{51.84}{65.6} = P$$

$$(x-h)^2 = -4P(y-k)$$

$$(x-0)^2 = -4\left(\frac{162}{205}\right)(y-16.4)$$

$$x^2 = -\frac{648}{205}(y-16.4)$$

$$205x^2 = -648(y-16.4)$$

$$\frac{205}{-648}x^2 = y-16.4$$

$$\frac{-205}{648}x^2 + 16.4 = y$$

Figura 11 Representación de las ecuaciones del movimiento parabólico escenario medio.

$$\frac{162}{205} = P$$

$$y = \frac{-205}{648} x^2 + 16.4$$

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{205}{324} x$$

$$L = \int_a^b \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx$$

$$L = \int_{-2}^{6.9} \sqrt{1 + \left(\frac{-205}{324} x\right)^2} dx$$

$$L = \int_{-2}^{6.9} \sqrt{1 + \left(\frac{42025}{104976} x^2\right)} dx$$

Calculamos con la ayuda de la regla de Simpson (con n=10)

$$\Delta x = \frac{6.9 + 2}{10} = \frac{8.9}{10} = 0.89$$

$$x_0 = -2$$

$$x_5 = 2.45$$

$$x_1 = -1.11$$

$$x_6 = 3.34$$

$$x_2 = -0.22$$

$$x_7 = 4.23$$

$$x_3 = 0.67$$

$$x_8 = 5.12$$

Figura 12 Representación de las ecuaciones del movimiento parabólico escenario medio. Continuación.

$$\begin{aligned}
 I &\approx \frac{0.89}{3} \left[\sqrt{1 + \frac{42025}{104976}(-2)^2} + 4 \sqrt{1 + \frac{42025}{104976}(-1.11)^2} \right. \\
 &+ 2 \sqrt{1 + \frac{42025}{104976}(-0.22)^2} + 4 \sqrt{1 + \frac{42025}{104976}(0.67)^2} \\
 &+ 2 \sqrt{1 + \frac{42025}{104976}(1.56)^2} + 4 \sqrt{1 + \frac{42025}{104976}(2.45)^2} + 2 \sqrt{1 + \frac{42025}{104976}(3.34)^2} \\
 &+ 4 \sqrt{1 + \frac{42025}{104976}(4.23)^2} + 2 \sqrt{1 + \frac{42025}{104976}(5.12)^2} + 4 \sqrt{1 + \frac{42025}{104976}(6.01)^2} \\
 &\left. + \sqrt{1 + \frac{42025}{104976}(6.9)^2} \right] \\
 &\approx \frac{0.89}{3} [\sqrt{2.601318397} + 4\sqrt{1.493246099} + 2\sqrt{1.019375953}] \\
 &+ 4\sqrt{1.179707957} + 2\sqrt{1.974242112} + 4\sqrt{3.402978419} + 2\sqrt{5.465916876} \\
 &+ 4\sqrt{8.163057485} + 2\sqrt{11.49440024} + 4\sqrt{15.45994515} + 2\sqrt{20.05969222} \\
 &\approx 19.62 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Figura 13 Resolución de las ecuaciones del movimiento parabólico escenario medio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un estudio entre 60 operarios portuarios del Centro de Entrenamiento Logístico y Portuario INADEH – Panamá Pacífico, donde fueron evaluados según este contenido y luego se realizaron los análisis pertinentes, de los cuales 40 tuvieron dificultades al aprender el modelo parabólico. Se utilizó una encuesta para recopilar información sobre las dificultades enfrentadas por los operarios y se realizaron entrevistas para profundizar en las causas de estas dificultades. Los resultados de la encuesta mostraron que los operarios portuarios enfrentan varias dificultades al aprender el modelo parabólico, entre las cuales se destacan:

- Falta de entrenamiento: 65% de los operarios indicaron que no recibieron entrenamiento suficiente para operar la grúa tipo RTG (Hoist/Trolley).
- Complejidad del modelo: 40% de los operarios indicaron que el modelo parabólico es muy complejo y difícil de entender.

- Falta de motivación: 25% de los operarios indicaron que no se sienten motivados para aprender el modelo parabólico.

Además, las entrevistas revelaron que los operarios enfrentan otras dificultades, como la falta de recursos y la falta de apoyo de la empresa. Con el instrumento elaborado se consideró la existencia de dificultades conceptuales en cada una de las acciones realizadas por el estudiante con la siguiente escala valorativa:

- Si el tanto por ciento de las respuestas correctas era menor a 70: la situación es no favorable y son las acciones de mayor dificultad.
- Si el tanto por ciento de las respuestas correctas estaba entre 70 y 90 la situación es favorable y son las acciones de dificultad media.
- Si el tanto por ciento de las respuestas correctas era mayor a 90: la situación es muy favorable y son las acciones con menor dificultad.

Se aplicó el criterio de expertos como un método de consenso para validar el examen para lo que se utilizó como referente la propuesta de Díaz-Ferrer, Cruz-Ramírez, Pérez-Pravia y Ortiz-Cárdenas (2020). Los resultados de este estudio sugieren que los operarios portuarios enfrentan varias dificultades al aprender el modelo parabólico al operar una grúa tipo RTG (Hoist/Trolley). Estas dificultades son similares a las reportadas en la literatura, que incluyen la falta de entrenamiento, la complejidad del modelo y la falta de motivación.

La falta de entrenamiento es una de las dificultades más importantes que los operarios enfrentan. Es fundamental que las empresas proporcionen entrenamiento suficiente y de calidad para que los operarios puedan aprender y dominar el modelo parabólico. Además, la complejidad del modelo puede ser una barrera para su aprendizaje, por lo que es importante que se proporcione apoyo y recursos adecuados para ayudar a los operarios a comprender y aplicar el modelo. La falta de motivación también es una dificultad importante que puede afectar la capacidad de los operarios para aprender el modelo parabólico. Las empresas pueden ayudar a aumentar la motivación de los operarios proporcionando incentivos y reconocimientos para aquellos que se esfuerzan por aprender y dominar el modelo.

Limitaciones del trabajo

- Tamaño y representatividad de la muestra: El estudio se realizó con una muestra de 60 operarios pertenecientes a un único centro de formación (INADEH – Panamá Pacífico). Aunque el tamaño es adecuado para un estudio exploratorio, limita la generalización de los resultados a otros contextos portuarios, países, tipos de terminales o niveles de experiencia operativa.
- Dependencia del entorno de simulación: Los datos utilizados para el análisis del modelo parabólico provienen fundamentalmente de simuladores de grúas RTG. Si bien estos entornos reproducen condiciones operativas realistas, no capturan completamente la complejidad, presión temporal, condiciones ambientales y factores humanos presentes en operaciones reales, lo que puede afectar la validez externa de los resultados.
- Ausencia de medición longitudinal del aprendizaje: El estudio evalúa las dificultades de aprendizaje en un momento determinado del proceso formativo, pero no incorpora un seguimiento longitudinal que permita analizar la evolución del dominio del modelo parabólico en el tiempo ni el impacto sostenido de la capacitación basada en TIC.

- Limitación en la validación empírica del modelo matemático: Aunque se plantea y resuelve un modelo matemático para describir el movimiento parabólico (overlapping), su validación se centra en escenarios teóricos y simulados. No se contrastan los resultados con mediciones directas de productividad y tiempos en operaciones reales de terminales portuarias.
- Variables organizacionales y psicosociales no modeladas: Factores relevantes como la cultura organizacional, el estilo de supervisión, la experiencia previa del operador, la carga laboral, el estrés operativo y los incentivos empresariales no se integran formalmente al modelo matemático ni al análisis estadístico, pese a su influencia reconocida en el aprendizaje y desempeño.
- Enfoque en un único tipo de equipo y configuración operativa: Este estudio se limita a grúas RTG (Hoist/Trolley) y no considera otros equipos portuarios (STS, RMG, Reach Stackers) ni diferentes configuraciones de patio, lo que restringe la extrapolación del modelo propuesto a otros entornos operativos.

CONCLUSIONES

El presente estudio permitió identificar y analizar las principales dificultades que enfrentan los operarios portuarios en el aprendizaje del modelo parabólico al operar grúas tipo RTG (Hoist/Trolley), destacándose la insuficiencia del entrenamiento recibido, la elevada complejidad conceptual del modelo matemático y la falta de motivación como los factores más influyentes en el proceso formativo. Los resultados evidencian que una proporción significativa de los operadores presenta limitaciones para comprender y aplicar maniobras no lineales de tipo overlapping, a pesar de su impacto positivo en la productividad y eficiencia operativa. El uso de simuladores como herramienta TIC demostró ser un recurso valioso para la enseñanza y evaluación técnica, al permitir la modelación matemática de los movimientos y la obtención de indicadores de desempeño en un entorno seguro y controlado. No obstante, los hallazgos deben interpretarse con cautela, dado que el estudio se circunscribe a un único centro de formación, a un tamaño muestral limitado y a escenarios predominantemente simulados, lo que restringe la generalización de los resultados a operaciones reales y a otros contextos portuarios. Asimismo, aunque el modelo matemático propuesto constituye un primer acercamiento riguroso para describir el movimiento parabólico en grúas RTG, su validación empírica en entornos operativos reales y su integración con variables organizacionales, humanas y ambientales quedan como líneas abiertas para investigaciones futuras. La ausencia de un enfoque longitudinal impide, además, evaluar el impacto sostenido de la capacitación basada en TIC sobre el desempeño del operador a largo plazo. En síntesis, este trabajo aporta una base conceptual, metodológica y matemática relevante para el diseño de programas de formación de operadores de grúas RTG apoyados en simuladores y modelos no lineales de movimiento. Sin embargo, se reconoce la necesidad de ampliar la muestra, diversificar los contextos de estudio, incorporar mediciones en operaciones reales y considerar factores humanos y organizacionales, con el fin de fortalecer la validez, aplicabilidad y alcance de los resultados obtenidos.

REFERENCIAS

- Bruzzone, A., Fadda, P., Fancello, G., Massei, M., Bocca, E., Tremori, A. D'Errico, G. (2011). Logistics node simulator as an enabler for supply chain development: innovative portainer simulator as the assessment tool for human factors in port cranes. *Simulation*, 87(10), 857–874.
- Calvo, A. C. (1999). La ruta interoceánica y el Canal de Panamá. Colegio Panameño de Historiadores E Institu Panama y Estudi.

- Clark, X., Dollar, D., & Micco, A. (2004). Port efficiency, maritime transport costs, and bilateral trade. *Journal of Development Economics*, 75(2), 417–450. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2004.06.005>
- Criscione, J. (2018). Realidad Virtual y su aplicación como Servicios de Entrenamiento.
- Esmer, S. (2008). Performance measurements of container terminal operations. F.R.S., K. P. (1900). X. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 50(302), 157–175. <https://doi.org/10.1080/14786440009463897>
- Jo, & Kim, T. (2019). Key Performance Indicator Development for Ship-to-Shore Crane Performance Assessment in Container Terminal Operations. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8, 6. <https://doi.org/10.3390/jmse8010006>
- Kosucki, A., Malenta, P., & Zaczęski, J. (2020). Energy Consumption and Energy Efficiency Improvement of Overhead Crane's Mechanisms. *EKSPLLOATACJA I NIEZAWODNOSC*, 22(2), 323.
- Labrut, Michelle. Panama Maritime Review Twitter.com Labrumichelee. 2020/21. (@labrutmichelle)
- Lozano, Á. (2015, March). Panamá invierte fondos públicos en logística. *Noticias Logística y Transporte*, p. 2.
- Moreno, Yaissel Urieta, Y. co. (2018, July). Abre otro centro de capacitación simulada. *Panamá América*, p. 2.
- Morrish, L. (1996). Modelling of spreader hoist systems in mobile gantry cranes.
- Palmer, S. (1999). Current port trends in an historical perspective. *Journal for Maritime Research*, 1(1), 99–111.
- Papaioannou, V., Pietrosanti, S., Holderbaum, W., Becerra, V. M., & Mayer, R. (2017). Analysis of energy usage for RTG cranes. *Energy*, 125, 337–344. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.122>
- UNCTAD Handbook of statistics 2020. United Nations, Geneva 2020 p. 16-19. https://unctad.org/system/files/official-document/tdstat45_en.pdf
- V., D. D. (2019, November). Movimiento de carga en el Sistema Portuario Nacional registra mejora de 4.5 por ciento. *Panamá América*, p. 4.
- Yaissel Urieta Moreno. (2018, March). Cursos del INADEH serán obligatorios para sacar licencia. *Panamá América*, p. 2.
- Congreso Internacional de Conocimiento e Innovación CIKI “Knowledge for business and social development”. Ciudad del Saber, Panama. 19 – 20 de noviembre 2020.
- Sutherland Jahiro. Artículo: Análisis de los movimientos de las operaciones de las grúas RTG en puertos de Panamá usando simulador E- Tech. *A Revista Brazilian Journal of Development BJD*. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7nl-354>. 13 de enero de 2021

Copyright © 2025, Autores: Sutherland, Jahiro, Martínez López, Yoan, de Castro Lozano, Carlos, Ramírez Uceda, José Miguel



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Atribución-No Comercial 4.0 Internacional