
Beneficios de la simulación por medio de los software Arena & ProModel en la logística
portuaria

Carlos Mario Cafiel Ávila

Jesús Miguel Herrera Méndez

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR
Facultad de Ciencias Básicas, Ingenierías Y Arquitectura
Programa de Ingeniería Industrial
Diplomado Logística de Puerto
Sincelejo
2017

Beneficios de la simulación por medio de los software Arena & ProModel en la logística
portuaria

Carlos Mario Cafiel Ávila

Jesús Miguel Herrera Méndez

Artículo de Revisión Presentado como Requisito Final para Cumplir con el Diplomado en
Logística de Puerto Optar al Título de Ingeniero Industrial

Director

Pablo Cesar Pérez Buelvas

Ingeniero Industrial – Máster en Marketing Magement

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR
Facultad de Ciencias Básicas, Ingenierías Y Arquitectura
Programa de Ingeniería Industrial
Diplomado Logística de Puerto
Sincelejo
2017

Nota de Aceptación

Los Estudiante han
aprobado la sustentación
y presentación y la nota asignada
es 3.9



Director

Evaluador 1

Evaluador 2

Sincelejo, Sucre, 18, de Mayo de 2017.

Tabla de contenido

Resumen.....	6
Abstract.....	7
Introducción	8
1.Método	9
2.Que Es La Simulación	10
3.Historia De La Simulación.....	11
4.Simulación En Los Puertos.....	13
5.Software Para La Simulación En Los Puertos.	16
5.1.Software Arena.	16
5.2.Software ProModel.....	18
Conclusión	21
Referencias Bibliográficas	22

Lista De Figuras

<i>Figura 1.</i> Presentación de Arena	16
<i>Figura 2.</i> Presentación ProModel	18
<i>Figura 3.</i> Interacción entre los pasos de la simulación.....	19
<i>Figura 4.</i> Vista de procesos	19

Resumen

A través de la historia el hombre ha buscado los mecanismos para poder optimizar las operaciones o actividades que este realiza, para nuestro caso las operaciones que se desarrollan en un puerto marítimo no es la excepción, donde estaremos hablando a lo largo del trabajo de su historia, aplicabilidad y beneficios que ofrecen a los procesos de optimización en los puertos.

El transporte marítimo es el actual medio de exportación e importación en gran parte de las mercancías y materias primas a nivel mundial. Por esto los puertos marítimos están en un contante cambio para la mejora continua de sus operaciones, un gran paso para este crecimiento es la incorporación de la simulación en sus actividades portuarias tomando a estas como una herramienta necesaria para la coordinación y estabilidad de los puertos.

La simulación dentro de los puertos marítimos no solo cumple el deseo de futurizar eventos operacionales del puerto, también apoya a la toma de decisiones en el momento que se presente algún acontecimiento inesperado en la actividad portuaria; para esto el poder incorporar software de simulación como ARENA y ProModel, es una gran ventaja para las operaciones portuarias, donde estos software tienen la habilidad de poder pronosticar el resultado de los procesos. Lo que quiere decir que el puerto estará preparado para poder responder a las operaciones en el momento que estas sean requeridas en vista que el proceso ha sido anteriormente optimizado.

De igual forma comentaremos de algunas de las innumerables aplicabilidad de los anteriores programas aplicado a los procesos dentro de un puerto marítimo.

Palabras claves: simulación, optimización, cargue, descargue, línea de muelle, minimización, expansión, competitividad.

Abstract

Throughout history man has sought the mechanisms to be able to optimize the operations or activities that this one performs, for our case the operations that take place in a maritime port is not the exception, where we will be speaking throughout the work of its history, Applicability and benefits that they offer to the processes of optimization in the ports.

Shipping is the current means of exporting and importing much of the world's commodities and raw materials. This is why the seaports are in a constant change for the continuous improvement of their operations, a great step for this growth is the incorporation of the simulation in their port activities taking these as a necessary tool for coordination and stability of the ports.

The simulation within the seaports not only fulfills the desire to futurize operational events of the port, also supports the decision making at the moment that there is an unexpected event in the port activity; For this to be able to incorporate software of simulation like ARENA and ProModel, is a great advantage for the port operations, where these software have the ability to be able to predict the result of the processes. This means that the port will be ready to be able to respond to operations when they are required in view of the previously optimized process.

Similarly we will comment on some of the innumerable applicability of the previous programs applied to the processes within a maritime port.

Keywords: simulation, optimization, load, download, dock line, minimization, expansion, competitiveness.

Introducción

En el siguiente trabajo hablaremos de los beneficios de la utilización de la simulación en los puertos marítimos por medio de la aplicación de los software ARENA y ProModel, lo cual garantiza un alto nivel productivo (Torres, Hoyos, Villegas, & Fernandez, 2013), por lo tanto, ayuda al desarrollo en las operaciones portuarias, por medio de sucesos repetitivos programados en los software.

La simulación por parte de estos software toma una gran importancia de acuerdo a su utilización al momento de aplicarlos en las exportaciones e importaciones, como herramienta para poder dirigir estos procesos (Torres, Hoyos, Villegas, & Fernandez, 2013). Lo que garantiza un anticipado proceso de reacción ante cualquier eventualidad que presente dicha actividad.

Muchos puertos marítimos utilizan la simulación por medio de estos software para poder estimar su crecimiento y desarrollo, como la estandarización y eficiencia de los procesos dentro del puerto (Contreras , Baesler, & Maldonado, 2010). Al aplicar la simulación en estos software es fácil poder realizarle modificaciones de la codificación cada vez que esta lo requiera, lo que garantiza el bajo índice de errores en los procesos realizados dentro del puerto (Ortiz & Serrano, 2006), de igual manera se estará hablando de la aplicación de los dos software de simulación en las áreas de almacenamiento, cargue y descargue de productos en los puertos marítimos (Valencia, 2014).

1. Método

De acuerdo a la investigación beneficios de la simulación por medio de los software Arena y ProModel en la logística portuaria, se realiza una investigación y revisión de artículos relacionados con este tema. Esta sección del trabajo se realizara en tres fases.

1.1. Fase 1. En esta etapa se hace la elección del tema con su debido enfoque, además se establecerán los criterios de recolección de la información de fuentes confiables.

1.2. Fase 2. Se realiza la búsqueda de los artículos que traten el tema de simulación en puertos marítimos con los software ARENA & ProModel.

1.3. Fase 3. Se crea el artículo una vez analizada la información con su debida conclusión respecto a los beneficios que brinda la simulación en los puertos marítimos por medio de los anteriores software.

2. Que Es La Simulación

Es una de la más poderosas herramientas de análisis disponibles para el diseño y operación de procesos o sistemas complejos (Mancilla, 1999). Y proceso virtual que imita situaciones reales que existen en nuestro medio, lo cual logra dar experiencias de cómo resolver posibles inconvenientes que podamos encontrar en nuestro sitio de aplicación, es decir, nos ayuda a buscar la mejor solución sin tener que poner en riesgo las operaciones reales que están en el sistema (Mancilla, 1999).

El concepto de simulación no es nuevo, la simulación es una herramienta que se ha venido utilizando desde el año 1960, donde se pretendía entender por medio de esta herramienta datos confiables al momento de optimizar algún proceso (Torres, Hoyos, Villegas, & Fernandez, 2013).

De igual forma la simulación nos permite tomar decisiones, aunque, en algún caso nos puede arrojar resultados un poco inciertos y nos da indicativos para poder construir un mejor sistema y a la vez tener mejores resultados del estudio. Lo que facilitaría la toma de decisiones del problema que se está abordando, esto es un gran apoyo para las empresas y organizaciones y poder implementar simulaciones para la optimización de sus procesos o servicios, ya que si el modelo de simulación no se asemeja a la realidad que se está llevando a cabo se puede mejorar o cambiar hasta lograr obtener por medio de la simulación datos más reales del estudio, lo que garantiza las realidades de las predicciones futuras que se quieren representar en la simulación (Torres, Hoyos, Villegas, & Fernandez, 2013).

La simulación más que todo es la actualidad que se realiza por medio de software lo que hace más eficiente los procesos de cálculos, variables o datos numéricos, así mismo existen simulaciones físicas como de expansión que también se trabajan con software para poder tener una mayor percepción (Bellsola, Daamen, Vellinga, & Hoogendoorn, 2015).

3. Historia De La Simulación

Se dice que la simulación emergió en 1777 con un planteamiento llamado “la aguja de buffon”, es un clásico problema geométrico de probabilidad, que se desarrolla con la finalidad de poder calcular el valor de PI (π) a partir de iteraciones con el lanzamiento de una aguja sobre un papel donde este tiene trazos de líneas uniformes (Robinson, 2005).

La simulación desde sus inicios y hasta el día de hoy se ha realizado como un modelo matemático desarrollándose como una realidad ficticia (Robinson, 2005). Y de igual un sistema asistido por ordenador, mediante el análisis y modelamiento matemático. Desde los años 1950 se genera el arranque de la simulación por medio de software (Robinson, 2005). Mejorando así la capacidad de respuesta del evento que se desea.

El uso moderno de la simulación tiene momentos en los años 40 a mediados de la segunda guerra mundial, cuando los físicos Jonh Von Neumnn y StanislawUlam crearon la famosa simulación de Montecarlo (Mancilla, 1999). Que se afrontó para realizar problemas de disfunción de neutrones en el diseño y desarrollo de bombas de hidrogeno que a su vez tuvieron el respaldo del laboratorio nacional de los Alamos, California, siendo un proceso demasiado difícil para darle solución de manera analítica y demasiado costoso para dar respuesta de forma experimental (Robinson, 2005).

Para los años 60 Keith Douglas diseño un programa que tenía como objetivo poder simular la cadena de producción de una empresa, determinando el estado maquinas: disponibles, ocupada, no disponibles y averiada. La simulación de los cambios de estado de las maquinas marcando cual sería el estado de la planta de distribución (Robinson, 2005).

Paralelo a tocher, IBM desarrollaba el General purpose simulation system (GPSS), el cual se creó para simular la gestión de llamadas telefónica, el control de tráfico urbano, reservas de billete de avión, etc. La facilidad de uso del GPSS lo acreditó como el lenguaje de simulación más popular de la época (Robinson, 2005).

En 1963 se desarrolló SIMSCRIPT, una tecnología alternativa al GPSS basada en FORTRAN que es un lenguaje de programación de alto nivel de propósito general, mas encaminada que necesariamente no tenían que ser expertos informáticos (Robinson, 2005).

También se fundó el WSC (Winter Simulation Conference), lugar que desde sus inicios y hasta ahora es donde se guardan las aplicaciones y lenguajes derivados de la simulación (Robinson, 2005).

En los 60 fue un periodo de grandes avances en la simulación, pero en los años 70 fue el momento de continuo desarrollo e innovación, los software y hardware mejoraron continuamente y con ella la tecnología. Lenguajes nuevos de programación fueron diseñados, tales como: GPSSH-19 Y SLAM18, en esta década se introdujeron al mercado los primeros microordenadores (Robinson, 2005).

En los años 80 llegaría la revolución, para esta fecha la simulación tenía una comercialización muy limitada debido a que el manejo de la computación especializada y los software eran muy costosas y no estaban al alcance de la mayoría de las organizaciones. Dos cosas ayudaron a mitigar esta problemática, el desarrollo del software VIS y la llegada de microcomputadores razonablemente poderosos a las organizaciones (Robinson, 2005).

En los años 90 simulación tiene una evolución continua, esta época se caracterizó porque poco a poco las computadoras personales iban teniendo más poder, al igual que su bajaba precio, llega Windows y la web mundial, y obviamente la simulación de aprovecha (Robinson, 2005).

Surgen computadores más potentes y esto facilita desarrollar mejores modelos de simulación, en otras palabras, tiene cambios constantes en campos como, realidad virtual, integración de software, optimización de simulación, desarrollo de modelos interactivos visuales y simulación del sector de servicios (Robinson, 2005).

4. Simulación En Los Puertos.

La simulación en los puertos marítimos se desarrolla para poder analizar el comportamiento de los cambios en el puerto de acuerdo a la mejora de los procesos ya sean de forma cuantitativa o cualitativa, donde se espera tener mejoras en la economía, optimización y confiabilidad (Arango, Cortes , Onieva, & Escudero, 2012).

Ya sabiendo lo que es la simulación ahora podemos hablar de la simulaciones en los puertos, pero antes dejaremos claro que la simulación se puede aplicar para toda una serie de variables o de ideas que tengan inmersa en ellas, con un gran número de variables que se deben analizar para ver la factibilidad, optimización, rentabilidad, entre otras características, de un estudio o problema en puerto (Marichal, y otros, 2016).

Como las compañías portuarias no son tan flexibles ante cualquier cambio que se quieran desarrollarse en ellas ya que sería un procedimiento costoso cambiar un equipo o hacer una nueva área de almacenamiento diciéndolo de esta forma, por lo tanto buscan modelos de simulación que interpreten por medio del análisis de datos los eventos futuros al momento de hacer cualquier cambio en las operaciones (Muñoz, 2014).

Una de las simulaciones más usadas es el expansionamiento en los puertos (Chena & Nuoa, 2013). Donde se necesita predecir cuanto se debe expandir el puerto en todas sus áreas y el número de equipos que debe tener para poder completar con facilidad las operaciones dentro del puerto (Bellsola, Daamen, Vellinga, & Hoogendoorn, 2015). También funciona la simulación para poder estimar el número de clientes que llegaran al puerto. No obstante también da la simulación el nivel óptimo de las operaciones esto refiriéndonos a los equipos y maquinarias que se manejan para no incurrir en costos de no operacionalidad.

Por lo anterior la simulación en los puertos es una actividad que se hace para no incurrir en costos que se volverán gastos al momento de no ser productivos para el puerto. Un ejemplo es la compra de equipos para las operaciones del puerto (Contreras , Baesler, & Maldonado, 2010). Que no son necesarios o no tendrán la ocupación en puerto y su nivel de ocupación será bajo en los

procesos productivos, lo cual se podría remplazar por otro equipo que tenga iguales características o que simplemente tenga la flexibilidad de realizar esa operación.

Los puertos dedicados a las exportaciones, importaciones, y de más actividades, siguen en un constante cambio en la mejora de sus procesos. Los puertos buscan mejorar la capacidad de poder ser más competitivos ante en mercado y esto depende de diversas variables que deben ser modificadas y en muchos casos remplazadas en las operaciones para garantizar la vidas productiva de un puerto.

Un proceso de simulación importante actualmente implementado y utilizado por la mayoría de los puertos es minimización del cargue y descargue de contenedores (Arango, Cortes, Onieva, & Escudero, 2012). Como también el flujo de las cargas contenerizadas (Barreto & Maldonado, 2014). Por lo que al minimizar estos tiempos de operaciones se garantiza la entrada para más barcos a la línea de muelle.

Un punto importante en las operaciones de un puerto es el descargue de contenedores de un barco que ya ha atracado a la línea de muelle y que su estadía dependerá totalmente de cuantas grúas se les hayan sido asignadas (Arango, Cortes, Onieva, & Escudero, 2012). Por tanto el modelo de simulación en este punto es muy importante para la optimización de las operaciones que se le realizan al barco en la estadía en el puerto.

Muchas decisiones no pueden ser tomadas usando técnicas de investigación de operaciones tradicionales (Casacas, 2005) por lo que se requiere de métodos más flexibles que puedan ser modificables de acuerdo a cada nuevo evento que se pueda presentar.

Los puestos dedicados al transporte de contenedores, cargas generales, cargas específicas, a granel, entre otras operaciones. Están desarrollando procedimientos de simulación por medio de software para poder analizar cualquier cambio que pueda presentarse en un puerto marítimo (Arango, Cortes, Onieva, & Escudero, 2012). Estos cambios corresponden al análisis de las variables, las operaciones y de más procesos como también operaciones que se realizan dentro del puerto. Por tanto las compañías portuarias buscan simular cada proceso que se desarrolla en el

puerto para poder ver sus posibles beneficios o percances (Arango, Cortes, Onieva, & Escudero, 2012).

La simulación también pueden hacer referencias al impacto económico que tienen los puertos hacia el desarrollo de la ciudades llamando a esta relación ciudad – puerto (Arango, Cortes , Onieva, & Escudero, 2012). Donde se habla del impacto socio económico y las posibles afectaciones que podría tener la población civil ajena a las operaciones portuarias pero que tiene relación directa con su economía y desarrollo social, de igual forma la comunidades se ven afectadas en cualquier punto que se direcciona con la actividad del puerto una de ellas es el Foreland e Interlan, en este saco se basa sobre toda desarrollada dentro de la ciudad. La simulación es tomada para estos casos como método de respuesta a posibles acontecimientos que puedan pasar en el futuro con el propósito de tener la mínima afectación ante cualquier acontecimiento negativo dentro de la ciudad – puerto (Arango, Cortes, Onieva, & Escudero, 2012) . Y un amplio número de respuestas para la solución de los mismos.

El apilamiento de los contenedores (Veloqui, y otros, 2014). Es uno de las áreas dentro del puerto donde mayormente se necesita y es necesaria la simulación para poder diseñar un mecanismo de respuesta en el momento antes de la operación. Estos procesos de simulación minimizan el tiempo de operación (Lemus, 2015). Y garantiza el tránsito de contenedores con mayor eficiencia.

La simulación dentro de un puerto ayuda el consumo de combustibles (Hernandez, Sung, & Myong, 2012). En todas las operaciones que realizan los equipos que funcionen con combustibles. La minimización del combustible se ve representada por la simulación en el ruteo de los vehículos como equipos (Hernandez, Sung, & Myong, 2012). Siendo así una programación de operaciones para los equipos.

5. Software Para La Simulación En Los Puertos.

5.1. Software Arena.

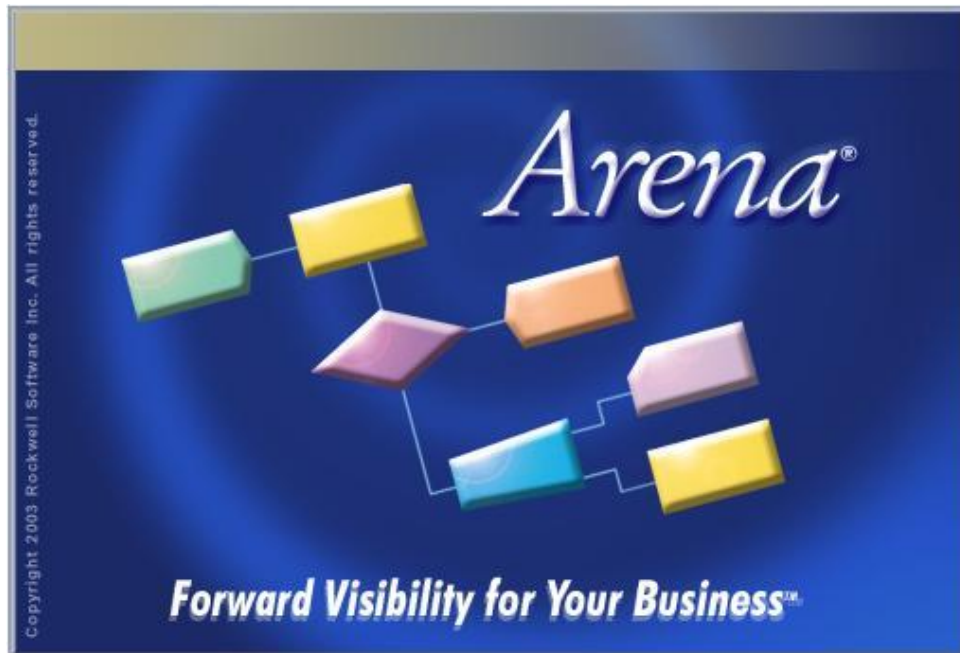


Figura 1. Presentación de Arena

Fuente: (Mourtzis, Dunkas, & Bernidaki, 2014)

Tomaremos en este campo el software ARENA aplicado a la simulación del cargue de Coque en el puerto de barranquilla (Miranda, Acosta, Acosta, & Gomez, 2014), donde la toma de estos datos no son estocásticos y el modelo de simulación en Arena es asistido por computadora buscando mejorar los tiempos de procesos y reducir los cuellos de botellas en el descargue del Coque (Carbón Siderúrgico) al puerto de barranquilla.

La simulación de esta operación varía en la toma de datos ya que varían en cada mes del año lo que dificulta un poco más el modelo matemático que debe ser incluido en el software, al momento de la implementación del software se determinó una reducción en el ingreso a puerto de los camiones a realizar la operación de descargue como también la reducción de instancia de los

vehículos cargados con coque en los patios y por último se pudo lograr el objetivo de reducción de los tiempos de descargue de coque por medio de los vehículos (Miranda, Acosta, Acosta, & Gomez, 2014).

Como hemos estado mencionando a lo largo del trabajo donde se dice que los puertos están en un constante cambio para la mejora de sus procesos y que ello requiere de nuevas instalaciones como equipos y maquinarias para poder ser competitivos, a raíz de esto el transporte interno dentro del puerto corre un gran problema de colapsar o estar en un constante tráfico cruzado de los contenedores dentro del puerto. El software arena es una herramienta que se aplica para poder mejorar estos procesos portuario y permitir que exista una reducción en los posibles inconvenientes de transporte interno y reducción de los espacios recorrido por parte de los vehículos de carga de contenedores en el puerto (Muñoz, 2014). Siendo este método una gran ayuda para la solución del transporte interno que se desarrolla en un puerto.

El software Arena tiene una facilidad como flexibilidad para el desarrollo de problemas mediante heurísticas (Griego, 2006). Lo que facilita la aplicación de este software en vista que los modelos heurísticos ya están planteados.

El software Arena se puede tomar en procesos logísticos dentro del puerto para el desarrollo de todas aquellas organizaciones que transforman la MP dentro del puerto, el cual se aplicaría para la mejora en los procesos y análisis de productividad de dichas organizaciones (Mourtzis, Dunkas, & Bernidaki, 2014). Así mejorando la competencia y la productividad del puerto. Otro sistema que se podría optimizar con el software arena es el tránsito vial (Puerto, Ferero, Rivera, & Herrera, 2015). Lo que se podría implementar en un puerto para mejorar su tránsito y movimiento vehicular interno.

5.2. Software ProModel



Figura 2. Presentación ProModel

Fuente: (Mourtzis, Dunkas, & Bernidaki, 2014)

El software ProModel arranca su inicio de aplicación en los años 1988 con una muy fácil interface para la representación de las simulaciones, siendo que ya los sistemas no sería tan complejos y de fácil interpretación ya que ProModel hacia todo el debido proceso dando unos resultados inmediatos (ProModel M. d.).

Para este trabajo de grado tomaremos el software ProModel como herramienta aplicada a la logística portuaria, donde se tendrá en cuenta como serían los beneficios de este programa al momento de aplicarlo a los puertos marítimos. Como también es muy didáctico por la representación visual física que este posee (Cantu, Guardado, & Balderas, 2016).



Figura 3. Interacción entre los pasos de la simulación

Fuente: (Ahmad & Anisanh, 2013)

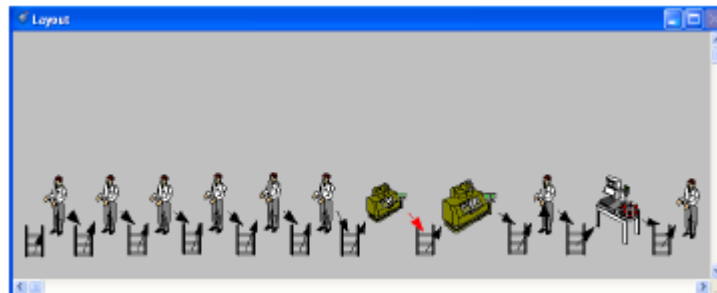


Figura 4. Vista de procesos

Fuente: (Ahmad & Anisanh, 2013)

Por medio de la simulación con el software ProModel aplicado a las exportaciones marítimas de *commodities* en la presencia de cargas sueltas y granel (Guerrero & Henriques, 2014). Donde se reducen los tiempos de procesos, reducción en los inventarios y en costos de mantenimiento. Todo esto es gracias a la aplicabilidad del software ProModel siendo una ayuda didáctica que toma datos y fórmulas matemáticas después de un estudio estadístico de los procesos que se desena simular en la operación (Guerrero & Henriques, 2014).

La aplicabilidad de la simulación con el software ProModel puede ayudar a la línea de producción de los puertos (Ahmad & Anisaih, 2013). Tomando como referencia la inter relación de los procesos. Con esto se quiere decir que un puerto es un sistema logístico que tiene todas sus operaciones inter conectadas, las cuales son indispensables para cumplir un buen servicio, podemos tomar como ejemplo el sistema de transporte externo al puerto el cual se relaciona con el sistema de inventario en la llegada a puerto y en el despacho a los patios de almacenamiento hasta llegar la carga al destino final. Para ello el sistema de simulación puede tener una notable importancia en toda esta logística.

Conclusión

La aplicabilidad de la simulación en la logística de puertos es una gran oportunidad de poder anticiparse a las operaciones portuarias y de esta forma poder predecir el comportamiento de las operaciones, de igual forma funciona en la gran mayoría para medir índices de factibilidad y flexibilidad en los procesos reduciendo costo y sin correr riesgos, ya que estos no entran de forma directa a la simulación.

La simulación es un proceso ficticio que nos ayuda a aumentar la eficiencia de un proceso y a la vez a prevenir posibles eventualidades que se puedan presentar, esta tiene una gran importancia dentro de las terminales portuarios ayudándolos a obtener la información para realizar una mejora continua y reducir costos de la mejor manera posible, además, busca cuales pueden ser las posibles eventualidades que se le puedan presentar y cuál es la mejor manera de realizar los procesos dentro del puerto ayudando así a tener la mejor respuesta ante cualquier inconveniente presentado en las actividades del puerto.

Además la simulación por medio de software tiene un comportamiento positivo ante las actividades y operaciones portuarias, donde estas al momento de ser implementadas arrojan una gran variedad de información que con el debido análisis se puede optimizar tiempos, espacio, operaciones, entre muchas. Vale decir que la simulación tiene un campo innumerable de aplicación dentro de los puertos marítimos.

Referencias Bibliográficas

- Ahmad, K., & Anisaih, S. (2013). Application of Discrete Event Simulation for Production Line Performance Evaluation. *Icogoia 2013*. Malaysia.
- Arango, C., Cortes, P., Onieva, L., & Escudero, A. (2012). Modelo de simulación y optimización para la gestión de muelle del puerto de Algeciras. Sevilla, España: Vigo.
- Arango, C., Cortes, P., Onieva, L., & Escudero, A. (2012). Modelo de simulación y optimización para la gestión de muelles del puerto de Algeciras. *6th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*. (págs. 798-805). Sevilla: Vigo.
- Araujo, A., Portugal, D., Couceiro, M. S., Sales, J., & Rocha, R. P. (2014). Desarrollo de un robot móvil compacto integrado en el middleware ROS. *revista Iberoamericana de de automática e informática industrial*, 315-326.
- Barreto, I., & Maldonado, L. (2014). *Simulación de flujo de carga contenerizada movilizadora por medios terrestres y marítimos, que tiene como destino la zona de actividad logística Cartagena de Indias en conexión a la sociedad portuaria regional de Cartagena*. Cartagena: Cartagena de Indias D.T.
- Bellsola, X., Daamen, W., Vellinga, T., & Hoogendoorn, S. P. (2015). *Simulating the port wet infrastructure: review and assessment*. Países Bajos: Transportation Research Procedia.
- Cantu, J., Guardado, M., & Balderas, J. (2016). Simulación de procesos, una perspectiva en pro del desempeño operacional. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 1-33.
- Casacas, A. C. (2005). Simulation and the Lean Port Environment. *Maritime Economics y Logistics*, 11-12.
- Castillo, M., & Ricardo, M. (21 de febrero de 2014). Simulación del flujo de carga contenerizada movilizadora por medios terrestres y marítimos, que tienen como destino un nuevo puerto en Cartagena ubicado en el corregimiento de Santa Ana. Cartagena, Colombia: Cartagena de Indias D.T. y C.
- Chena, L., & Nuo, W. (2013). *Dynamic simulation of land use changes in port city*. China: Procedia - Social and Behavioral Sciences 96(2013) 981-992.
- Contreras, M. J., Baesler, F., & Maldonado, L. (2010). *Optimización de las operaciones portuarias mediante simulación y metodología de superación de superficie de respuesta*. Chile: Ingeniería Industrial - Año 9 N° 2: 73-92, 2010.

- Contreras , M. J., Baesler, F., & Maldonado, L. (2010). optimizacion de las operaciones portuarias mediante simulacion y metodologia de superacion de superficie de respuesta. Cncepcion, Chile: Ingeniería Industrial - Año 9 N° 2: 73-92.
- Giraldo, J. A., Toro, C. A., & Jaramillo , F. A. (07 de Mayo de 2013). Aprendiendo sobre la secuenciacion de trabajos en un Job Shop mediante el uso de simulacion. Formación Universitaria.
- Griego, J. (2006). *Desarrollo de un sistema de soporte para la toma de decisiones en la planificacion de las operaciones de transporte de cargue flubial mediante Simulacion y optimizacion Heuristica*. Barranquilla.
- Guerrero, M., & Henriques, A. (2014). Simulación de eventos discretos de la cadena logística de exportacion de commodities. *Revista Chilena de Ingenieria*, 257-262.
- Hernandez, A., Sung, W., & Myong, S. (2012). *Fuel Consumption within Cargo Operations*. Korea: Copyringht.
- Lemus, A. (2015). *simulacion de las tareas del patio de contenedores de una terminal portuaria. san cristobal - España.*: La Laguna.
- Mancilla, A. M. (1999). Herramientas para el estudio de sistemas reales. *Ingenieria y Desarrollo. Universidad del Norte*. Bogota, Colombia: sevier.
- Marichal, G. N., Hernandez , A., Rojas , J. A., Melon, E., Rodriguez , J. A., & Padron, I. (2016). Sistema inteligente de apoyo de maniobras de grandes busques en puertos. *Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, 304-309.
- Medina Baquero, S. I. (27 de Mayo de 2013). Desarrollo de una herramienta de apoyo a la toma de decisiones basada en simulación para la ejecucion de la programacion detallada de transporte sobre un poliducto de Ecopetrol s.a. Bogota, Colombia.
- Miranda, L., Acosta, C., Acosta, G., & Gomez, A. (2014). Analisis de cola aplicado al servicio de descargue de camiones con coque en la empresa puerto de Barranquilla Mediante la utilizacion del software Arena. *Revista Cinematica Teknos*, 17-24.
- Modelo de Simulacion y Optimizacion Logistica. (2013). *Revista ingenieria industrial UPB*, 11-25.
- Mourtzis, D., Dunkas, M., & Bernidaki, D. (2014). Simulation in manufacturing: Review and challenges. *CIRP Sponsored DET 2014 Conference* (págs. 213-229). Rio Patra: Elsevier.
- Muñoz, L. (2014). *Simulación mediante arena para resolver un problema de transportes en una zona portuaria*. sevilla.

- Ortiz, J. E., & Serrano, L. A. (2006). Simulación de Sistema de Transporte. *Revista ingeniería e investigación*, 51-57.
- Palma, J., Dias, K. C., Leal, F., & da Silva, R. (2015). Urban solidwaste management by process mapping and simulation. *Pesquisa Operacional*, 143-163.
- ProModel, L. (s.f.). manual de introduccion a promodel.
- ProModel, M. d. (s.f.). uma introducao do ProModel.
- Puerto, S., Ferero, S., Rivera, E., & Herrera, J. (2015). *Modelo y simulacion de una interseccion vial usando el Software Arena*. Bogota: Pataquiva-Mteus, A.Y.
- Riascos, I. (2013). Modelado de los procesos de importación y exportación de carga contenedorizada en la distribución física internacional propuesta para la sociedad portuaria regional de buenaventura. Cali, Colombia.
- Robinson, S. (2005). *Discrete-event Simulation: from the pioneers to the present, what next?* Journal Operation Research Society.
- Sapiña, R., Yarza, I., Martin-Soberon, A. M., Monfort, A., & Monterde, N. (2001). Herramientas de simulación en terminales portuarias de contenedores. Valencia.
- Torres, D., Hoyos, J. J., Villegas, M., & Fernandez, J. D. (2013). Modelo de simulación y optimización logística. *Revista Ingeniería Industrial UPB*, 9-26.
- Valencia, A. (2014). Impacto de la Estrategia de Distribucion Local en la Calidad y Costos del Coque Metalurgico para la Exportacion. Bogota, Colombia.
- Veloqui, M., Turias, I., Cerban, M. M., Gonzalez, M. J., Buiza, G., & Beltran, J. (2014). *Simulating the landside congestion in a container terminal*. The. italia: CrossMark.
- Vilela, D. (Septiembre de 2011). Simulador de grua panamax para movimiento de contenedores en puerto. Curuña.

