

Caracterización de una grúa viajera

FERRER, Miguel*†, ALMARAZ, Ángel, REYNALDO-LEDESMA, Jaime, RAMOS-LAZARO, Gabriela, y GUANDULAY-ALCANZAR, Miguel Ángel

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato

Recibido Enero 21, 2014; Aceptado Mayo 22, 2014

Resumen

El presente trabajo trata sobre la caracterización de una grúa viajera tipo monopunte, con la finalidad de encontrar las condiciones adecuadas y seguras de operación en la misma. Se propone un modelo de la estructura realizado en Solidworks, se establecieron características específicas de la estructura, tanto en material, tamaño así como perfiles a utilizar. Además se hace un estudio del comportamiento de los esfuerzos existentes en la estructura de la grúa, formada por una viga principal llamada puente, que será la encargada de cargar todo el peso del sistema. También se tomaron en cuenta los desplazamientos sucedidos en la estructura, así como la obtención de un factor de seguridad, que deberá ser mayor que uno, para que tenga la sustentabilidad debida el sistema. Los análisis de esfuerzos se realizaron a través del cálculo de elementos finitos, utilizando el criterio de Von Mises, asegurando la viabilidad de la estructura. Por todo lo anterior es factible la construcción de la estructura para la grúa.

Grúa, puente, esfuerzos, desplazamiento, seguridad

Abstract

This work is about the characterization of a monopunte traveling crane type, in order to find right conditions and safe operating condition in the same. A model of the structure made of Solidworks is proposed, specific characteristics of the structure were established in material, size and profile to use. In addition, a study of the behavior of existing stress in the structure of the crane, including a main beam called bridge, will be responsible for loading the all weight of the system is made. Also they took into account the displacements occurred in the structure and obtain a safety factor, which must be greater than one, so you have the proper system sustainability. The stress analysis is performed through the finite element analysis, using the Von Mises criterion, ensuring the viability of the structure. By the above construction of the structure for the crane it is possible.

Crane, bridge, Stress, displacement, security

Citación: FERRER, Miguel, ALMARAZ, Ángel, REYNALDO-LEDESMA, Jaime, RAMOS-LAZARO, Gabriela, y GUANDULAY-ALCANZAR, Miguel Ángel. Caracterización de una grúa viajera. Revista de Prototipos Tecnológicos. 2015, 1-1:33-38

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: maferre@utsoe.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El uso de las gruas en los tiempos modernos ha significado un progreso trascendental para el desarrollo de la industria a nivel mundial, dentro de este ámbito, las gruas viajeras representan un especial aporte a la industria metalmeccánica, particularmente por la utilidad de mover cargas pesadas en espacios confinados a naves industriales, tales como la descarga de vehículos con cargas pesadas, maquinaria pesada, manipulación de materiales en industrias de maquinados, etc. Una grúa viajera monopuente, así llamada por que consta de una viga central de deslizamiento, esta formada por un aparejo ensamblado sobre un carro deslizante, generalmente operado en forma eléctrica, este último montado sobre una viga llamada puente. El aparejo o polipasto con el que se sujetara la carga, se baja o sube por medio de una transmisión de cadenas y motor eléctrico. El puente esta sujetado a dos vigas o traveses, en el mismo plano y orientado de forma transversal, cerrando la estructura y también haciendo la función de rieles por donde se deslizará el puente a lo largo de los mismos, transportando el polipasto con la carga. Además la estructura se levanta por seis columnas o pilares, esto de acuerdo a las necesidades del sitio. Figura 1.



Figura 1 Grúa viajera monopuente para uso industrial.

La parte primordial de la estructura es el puente, ya que será en esta viga donde se concentrará toda la carga del sistema, sometiéndola a esfuerzos a considerar en su diseño. Para realizar el diseño del puente se utilizan generalmente perfiles para vigas tipo I estandar, o perfiles tipo I armados en cajón, este último perfil consta de dos almas principales y dos patines de las mismas dimensiones respectivamente.

La deformación ocasionada por la carga en la viga puente es definitivamente un punto importante a considerar en los cálculos de diseño.

La deflexión o desplazamiento que un punto se mueve desde su posición original, considerada en la mitad de la viga, y_i , con una carga en este sitio, se analiza mediante la teoría de Castigliano, es decir la deflexión estará relacionada con la derivada parcial de la energía de deformación de la viga respecto a la carga aplicada. Así mismo dependerá del momento flexionante así como del material y perfil de la viga.

$$y_i = \frac{\partial U}{\partial P_j} = \int \frac{M}{EI} \frac{\partial M}{\partial P_j} dx \quad (1)$$

La confiabilidad en el manejo de cargas dentro de las instalaciones industriales utilizando gruas viajeras es relevante. Es por lo anterior que se hace necesario un estudio y análisis estructural de la grúa monopuente, características con las que debería ser confiable dentro de las condiciones y demanda requeridas por el usuario, de esta manera se realiza la caracterización de los elementos estructurales necesarios para la funcionalidad de la grúa viajera, considerando condiciones específicas en el diseño mecánico, tales como un análisis de los esfuerzos a los que estará sometida la estructura debido a las cargas aplicadas, para ello la selección de perfiles adecuados en las vigas del puente, rieles así como columnas, además de los materiales necesarios para la estructura.

Todo lo anterior considerando el peso total de toda la estructura.

Metodología a desarrollar

Las condiciones de diseño de la grúa viajera monopuente que sustenta el diseño propuesto serán de acuerdo a un tamaño del claro en la viga central de 7.5 m, carga centrada de 5 toneladas (49050 N), esto es considerando el peso de la estructura. Respecto a los seis pilares de la estructura que hacen la función de columnas tendrán una altura de 6.5 m. Además el material tendría que ser dúctil.

De esta manera se propone un modelo para la solucionar el problema estructural, figura 2. Considerando la utilización de perfiles tipo I armados en cajón, el material a utilizar será acero estructural ASTM A-36, por ser un material dúctil, más del 5 % de elongación, esto con la finalidad de homogenizar todo el sistema de la estructura.



Figurar 2 Modelo propuesto de grúa viajera y su estructura para uso industrial (fuente propia).

Análisis de esfuerzos

A continuación se procede a realizar un análisis estático, mediante un análisis de elementos finitos, utilizando el software Solidworks para calcular los esfuerzos existentes, así como la zona de mayor riesgo en la viga.

Utilizando el criterio de esfuerzos de Von Mises con el software Solidworks, para materiales dúctiles y haciendo la consideración de la carga centrada en 5 toneladas, además los soportes de la viga puente serán articulados, así como las seis columnas se consideran empotradas, tomando en cuenta que cada columna tiene cuatro aristas obteniendo un total de 24 sujeciones por las seis columnas. En cuanto al material propuesto será acero estructural, ASTM A-36, tiene una resistencia a la cedencia de 250 MPa. El tipo de malla elegido fue fino y se fue adecuando conforme se realizaban las distintas corridas del programa. Figura 3.

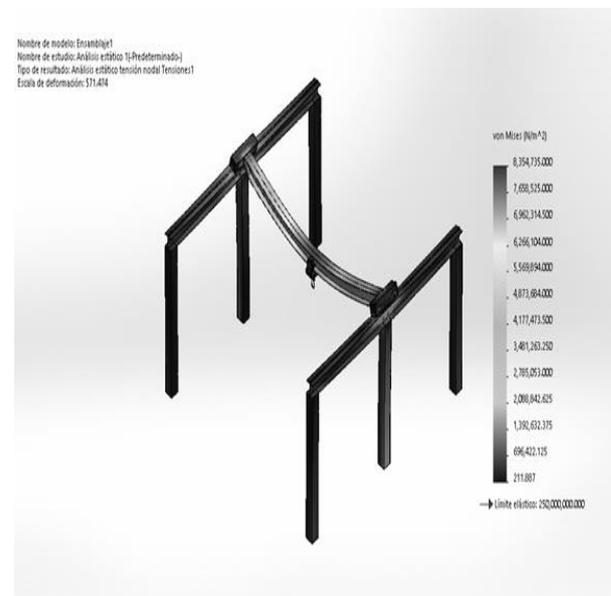


Figura 3 Análisis de esfuerzos en la estructura utilizando el criterio de Von Mises.

Respecto a la deflexión que ocurrirá en el centro del puente debido a la carga en este sitio, se calculará dicha deflexión y_i , mediante la teoría de Castigliano, ecuación 1, y considerando la viga simplemente apoyada en un extremo y en el otro extremo teniendo un apoyo de rodamiento, figura 4.

La viga se analizara a través de dos cortes, el primero originado justo antes de aparecer la fuerza P hasta el punto A, el segundo corte será después de la fuerza P hasta el punto A.

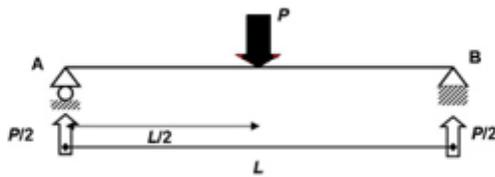


Figura 4 Viga simplemente apoyada con carga puntual a la mitad de la viga.

El momento generado en el primer corte está dado por la ecuación 2, donde x es la distancia del corte hacia el punto A.

$$M = P/2 \cdot x \quad (2)$$

Así la derivada parcial de M respecto a P es:

$$\partial M / \partial P = x/2 \quad (3)$$

Aplicando la ecuación 1, se tiene que la deflexión en el primer corte, considerando los límites de la integral de 0 hasta $L/2$, entonces,

$$y_1 = 1/EI \int_0^{L/2} [(P/2 \cdot x)(x/2)] dx \quad (4)$$

Resolviendo 4, se obtiene el valor

$$y_1 = (PL^3)/96EI \quad (5)$$

Respecto al segundo corte, el momento será:

$$M = P/2(L - x) \quad (6)$$

Y la derivada parcial de la ecuación 6 respecto a P será:

$$\partial M / \partial P = (L - x)/2 \quad (7)$$

Aplicando la ecuación 1, y considerando los límites del corte desde $L/2$ hasta L , la deflexión en el segundo corte será:

$$y_2 = 1/EI \int_{L/2}^L [P/2(L - x)((L - x)/2)] dx \quad (8)$$

Resolviendo 8, se obtiene,

$$y_2 = (PL^3)/96EI \quad (9)$$

Ambos valores y_1 así como y_2 se suman para obtener la deflexión máxima posible en la viga:

$$y_{max} = (PL^3)/96EI \quad (10)$$

Aplicando la ecuación 10, utilizando una fuerza de 49050 N, longitud de 7.5 m, módulo de Young de 200 GPa, con un perfil tipo I armados en cajón y el momento de inercia de $1.26 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$, se obtiene una deflexión máxima de 8.5 mm.

De la misma manera se realizó un análisis estático con Solidworks para determinar el desplazamiento mayor a suceder predeciblemente en la parte central del puente, considerando los soportes de pasador y rodamiento respectivamente, Figura 5.

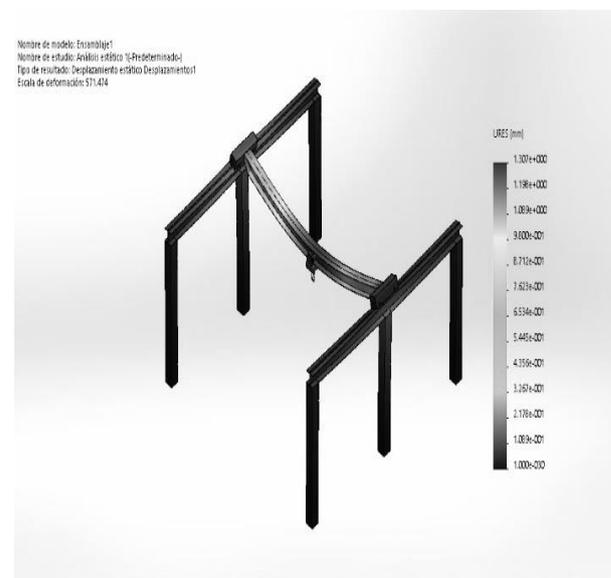


Figura 5 Análisis de los desplazamientos en la estructura grúa monopuente.

Factor de seguridad

El factor de seguridad es la relación existente entre el esfuerzo real (σ_{real}), dividida entre el esfuerzo máximo (σ_{max}), que el material puede soportar, esto es:

$$F.S = \sigma_{\text{real}} / \sigma_{\text{max}} \quad (11)$$

Este factor de seguridad deberá ser mayor o igual que uno para que la estructura pueda ser confiable.

Se calculó el factor de seguridad mediante el análisis estático, figura 6.

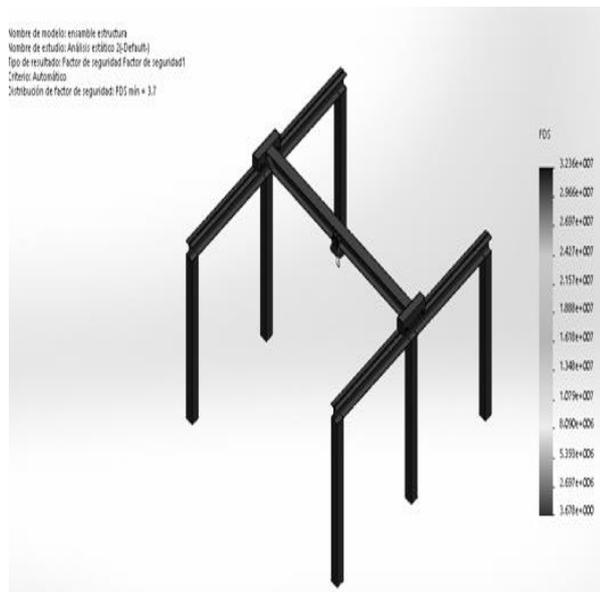


Figura 6 Análisis estático para calcular el factor de seguridad de la grúa monopuente.

Resultados

En relación al resultado obtenido del análisis de elementos finitos para calcular los esfuerzos sucedidos en la estructura, se observa que el valor mayor alcanzado es 8.35 MPa, está por debajo del valor especificado por la teoría de Von Mises para que exista ruptura, es decir 0.577 veces la resistencia a la cedencia. Con lo cual se va sustentando la viabilidad del diseño.

Respecto al análisis de los desplazamientos efectuado, primero, numéricamente resultando un valor máximo permitido de 8.5 mm, y a continuación por medio del software, figura 5, se observa un máximo de 1.3 mm, por lo cual se encuentra dentro de los parámetros estructurales permitidos.

En cuanto al factor de seguridad calculado, figura 6, se observa que el valor mínimo alcanzado es 3.6, esto dentro de las condiciones de confiabilidad necesarias para la estructura.

Conclusiones

A través del análisis y estudio realizado a la grúa monopuente se consideró asegurar las condiciones de trabajo adecuadas para máxima carga, los análisis de esfuerzos, desplazamientos así como factor de seguridad, comprueban la viabilidad de la grúa. La estructura denota una seguridad arriba del valor de 1, por cual es confiable. Así mismo los criterios de Von Mises para esfuerzos son satisfactorios, de igual manera los desplazamientos están por debajo del valor máximo permitido. Es por todo lo anterior que la estructura para la grúa será en todo caso confiable, y su construcción oportuna.

Referencias

G.W. Shepard, R.J. Kahler, J. Cross, (2000), Crane fatalities-a taxonomic analysis. Saf. Sci. 36(2), 83–93

P. F. Liu, L. J. Xing, Y. L. Liu, J. Y. Zheng,(2014),Strength Analysis and Optimal Design for Main Girder of Double-Trolley Overhead Traveling Crane Using Finite Element Method, Journal of Failure Analysis and Prevention, Volume 14, Issue 1, pp 76-86

Ferrer, M. A. (2014) Diseño de máquina de vibraciones para pruebas a contenedores transportables, Academia journals, Volumen 6, No.5, 1431-1432

FERRER, Miguel, ALMARAZ, Ángel, REYNALDO-LEDESMA, Jaime, RAMOS-LAZARO, Gabriela, y GUANDULAY-ALCANZAR, Miguel Ángel. Caracterización de una grúa viajera. Revista de Prototipos Tecnológicos. 2015

Pineda, P. I. (2007), Equipo de maniobras grúas viajeras, polipastos y malacates, NRF-183-PEMEX-2007.

Avallone, E. A., Baumeister, T., Manual del Ingeniero Mecánico, 9ª. Edición México, Mc Graw Hill