

Diseño y Modelado Virtual de una Grúa-Torre Fija con Pluma Horizontal Giratoria

Héctor P. Jaramillo Loor
Federico Camacho Brausendorff, M. Sc

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
jaramillo.hector.htm@gmail.com
fcamacho@espol.edu.ec

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo el diseño de una grúa-torre fija de 80 metros de altura con una pluma horizontal giratoria de 40 metros de alcance y con capacidad máxima de 15 toneladas. El desarrollo de este trabajo está dividido en cinco partes. Primero se dará a conocer las principales características de las Grúas-Torre. Luego, establecido ciertos parámetros tales como: alcance, altura y capacidad máxima de carga, se procede a diseñar los componentes estructurales con la ayuda del software comercial SAP2000® y a seleccionar los diferentes componentes mecánicos que dotarán de los grados de libertad a la máquina de elevación y transporte de carga. Una vez modelada la estructura y comprobado que cada elemento pase satisfactoriamente el análisis de capacidades-esfuerzos se representará gráficamente en tercera dimensión la Grúa-Torre a fin de visualizar ciertos detalles de diseño y, con la ayuda de una pequeña animación, observar cómo funciona el sistema de giro y traslación del carro distribuidor de carga. Se analizarán los costos de implementación y puesta en marcha y de esta manera tener una idea global del costo del proyecto.

Palabras Claves: Grúa-Torre, Elevación y Transporte de Carga, Sistema de Giro, SAP2000®

Abstract

This work aims to design a Tower Crane about 80 meters high with a horizontal jib about 40 meters and a maximum capacity of 15 tons. The development of this paper is divided into five parts. First we'll see the main features of the tower cranes. Once some parameters set such as: range, maximum height and maximum capacity, we proceed to design structural components with the help of the commercial software SAP2000® and select the mechanical components that will provide the degrees of freedom of the lifting and transport load machine. When each member of the structure has satisfied the capabilities-efforts analysis, we proceed to represent in three dimensions the Tower Crane to be able to see certain details of design and with the help of a small animation be able to visualize how work the slewing system and load distribution. After we will analyze the costs of implementation and operation to have an overall idea of the project cost.

Keywords: Tower Crane, Lifting and Transport load, Slewing System, SAP2000®

1. Generalidades de una Grúa-Torre

La grúa-torre consiste básicamente en un mástil metálico, que soporta en su parte superior una pluma horizontal giratoria. Los movimientos de un aparato de este tipo son los siguientes: de traslación de la grúa a través de carriles metálicos; de giro; de traslación del carro a través de dos carriles metálicos conformados sobre la pluma; y de elevación de carga. Estos movimientos son accionados mediante motores eléctricos independientes. El movimiento de traslación de la grúa se lleva a cabo mediante unos rodillos de rodadura accionados por motores eléctricos. Generalmente, sobre la torre se dispone una

plataforma con un rodamiento axial de bolas que habilita el giro de la pluma. Un motor eléctrico dispuesto verticalmente acciona un piñón que ataca una corona solidaria al rodamiento.

Las partes de una grúa torre se muestran en la Figura 1 y son: 1. Pluma, 2. Torre, 3. Contra-pluma, 4. Cabeza de torre, 5. Contrapeso, 6. Mecanismo de elevación, 7. Mecanismo de giro, 8. Mecanismo de traslación de la grúa, 9. Tirante de pluma, 10. Tirante de contra-pluma, 11. Contrapeso de base.

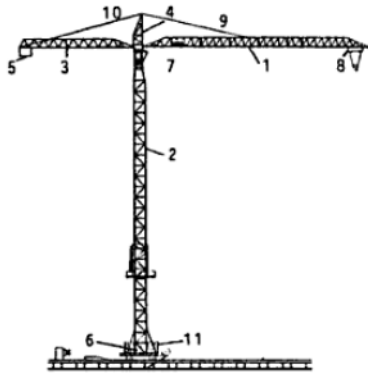


Figura 1. Partes de una grúa torre [1].

2. Diseño y selección de los componentes mecánicos

2.1. Diseño de forma de grúa-torre seleccionada

La Grúa-Torre seleccionada es del tipo fija, con una pluma horizontal de 40 metros de alcance, cuya altura será de 80 metros y capaz de levantar hasta 15 toneladas. La Figura 2 muestra las características mencionadas como parte del diseño de forma de la Grúa-Torre. La torre estará conformada por tramos de estructura metálica en celosía, en su conjunto tendrá una altura de 81 metros; sin embargo existe otra estructura que se denomina cabeza de torre que tendrá 7.5 metros de altura y se acoplará a la Torre, ahí se alojarán las poleas del sistema de elevación, además servirá de bastidor para los tensores de la pluma y contra-pluma. La pluma también estará conformada por tramos y tendrá una longitud máxima de 40 metros, y en la parte inferior se situará el carro distribuidor de carga. La contra-pluma será el elemento que servirá para equilibrar la Grúa, estará unida a la Torre en la zona opuesta de la unión con la Pluma, formada de varios perfiles metálicos. La longitud aproximada de la contra-pluma será de 15 metros.

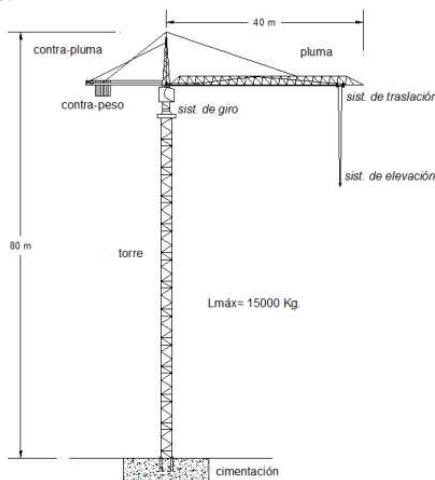


Figura 2. Diseño de forma de Grúa-Torre Seleccionada

El movimiento de elevación se consigue por un cable metálico cuyos extremos están fijados por una parte al tambor de enrollamiento y en el tope de la pluma, este transcurre por el carro elevador y de él colgará un polipasto. La Figura 3 nos muestra un esquema del sistema de elevación. La velocidad de elevación será 10 m/min.

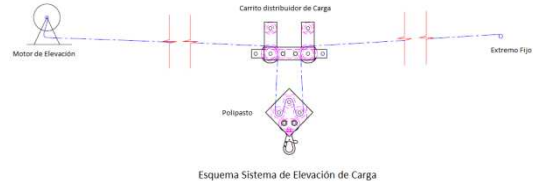


Figura 3. Esquema sistema de elevación de carga

Para obtener el movimiento de traslación del carro elevador se dispone en sus extremos de un segundo sistema de cables que circula por un motor independiente abrazando su tambor de salida, al girar el motor se tensiona uno de los ramales del cable metálico y éste tira del carro. La Figura 4 nos muestra un esquema del sistema de traslación.

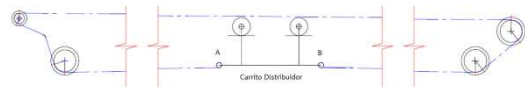


Figura 4. Esquema sistema de traslación

Para resolver la rotación de la parte superior se contará con un mecanismo corona-piñón (Figura 5) junto con un rodamiento en el cual la rueda dentada conducida se encuentra fija a la estructura y al girar la rueda conductora transmite una fuerza tangencial que se traduce en movimiento al vencer el par de giro del rodamiento.

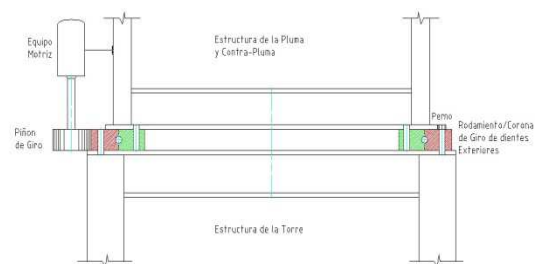


Figura 5. Esquema de la plataforma de giro

2.2. Componentes estructurales

La estructura metálica de las grúas torre es siempre en celosía y se compone en: estructura superior y torre. La estructura superior consta de la pluma, los tirantes o tensores y la cabeza de la torre. Los Tirantes se disponen para reducir la flecha en punta de la pluma y disminuir los esfuerzos de flexión en pluma. Su inclusión en una grúa de estas características es fundamental debido a los fuertes voladizos que

alcanza la pluma. La Torre, está solicitada a flexión y a compresión. La concentración de esfuerzos sucede en su extremo superior debido a la zona de aplicación de cargas y asimismo una zona crítica es la parte inferior de la torre debido al empotramiento.

En base al Esquema de pre-cálculo de una Grúa-Torre (Figura 6), obtenemos el siguiente análisis: los Tirantes trabajan a tracción, la cabeza de la torre trabaja a compresión, flexión y cortadura, su esfuerzo de trabajo será: $\sigma = \sqrt{(\sigma_c + \sigma_f)^2 + 3\tau_c^2}$ [2]. La pluma trabaja en su tramo A-B a flexión y a cortadura y en su tramo B-D a compresión. El tramo B-C trabaja a flexión si el carro se sitúa a lo largo del propio tramo.

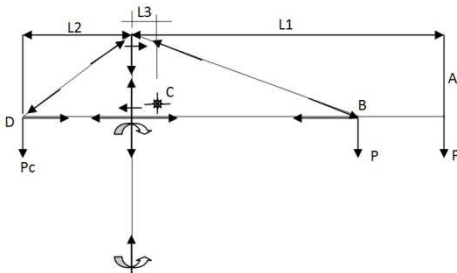


Figura 6. Esquema de pre-cálculo de una grúa torre

2.2.1. Torre. Estará conformada por tramos con la siguiente configuración mostrada en la figura 7, la misma que indica el caso particular del tramo base o tipo1.

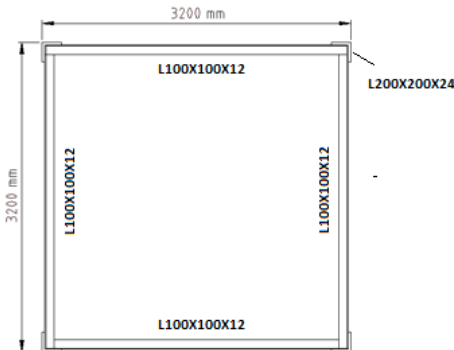


Figura 7. Configuración Tramo Tipo 1-6

La Tabla 1 nos indica qué longitud cada tramo de la torre tendrá.

Tabla 1. Tramos tipo de la estructura torre

Tramo	Longitud[mm]	Cantidad	Altura [mm]
Tipo 1	6000	1	6000
Tipo 2	6000	4	30000
Tipo 3	6000	2	42000
Tipo 4	6000	3	60000
Tipo 5	6000	3	78000
Tipo 6	1500	1	79500
Tipo 7G	1500	1	81000
Tipo 8CT	7500	1	88500

2.2.2. Pluma. En su gran mayoría la pluma estará compuesta por tubos bajo norma ASTM A53 y en la parte inferior por UPN120 que es donde actuará el carro distribuidor de carga. La estructura estará formada en celosía a fin de obtener una estructura ligera. La figura 8 nos muestra cómo está configurada la pluma en el caso particular del tramo tipo P4.

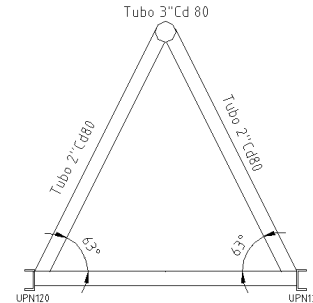


Figura 8. Configuración Tramo Tipo Estructura de Pluma

La Tabla 2 nos indica las longitudes de los tramos de la pluma.

Tabla 2. Tramos tipo de la estructura pluma

Tramo	Longitud[mm]	Cantidad
Tipo P1	9660	1
Tipo P2	12000	1
Tipo P3	12000	1
Tipo P4	6000	1

2.2.2. Pluma. La contra-pluma equilibrará la grúa torre y ahí se alojarán los contrapesos. Estará conformada por 2 tramos (ver Tabla 3). Su configuración será similar a la de la pluma.

Tabla 3. Tramo tipo de estructura contra-pluma

Tramo	Longitud[mm]	Cantidad
Tipo CP1	9160	1
Tipo CP2	6000	1

2.3. Sistema de elevación

El sistema de elevación estará conformado por un cable metálico, tambor de enrollamiento y poleas, y el equipo motriz que hace posible el movimiento del sistema. El sistema de elevación estará ubicado en la estructura superior de la Grúa-Torre. La Figura 9 ilustra la ubicación de las poleas del sistema de elevación.

La potencia necesaria para el movimiento de elevación estará dada por la siguiente expresión:

$$P = \frac{G_2 \cdot v_{elev}}{4500 \cdot \eta} (CV) [2]$$

donde:

G2 es carga de elevación
 Velev es velocidad de elevación
 η es rendimiento mecánico

reemplazando los datos conocidos se obtiene:

$P \approx 31.98 \text{ kW} \approx 43 \text{ hp}$
 Por lo tanto se selecciona un motor de 50 hp.

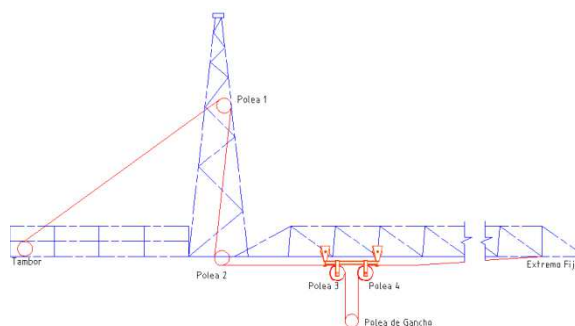


Figura 9. Diagrama de ubicación de poleas sistema de elevación

2.4. Sistema de giro

El sistema de giro está conformado por los siguientes componentes: corona y piñón de giro, rodamiento de giro, un motor, un reductor, acoplamiento y los tornillos de fijación del rodamiento de giro.

Para la selección del rodamiento de giro nos basaremos en las recomendaciones del catálogo de SKF[3], para ello hay que tener en cuenta las capacidades de carga dinámica y estática del rodamiento en relación con las cargas aplicadas y los requisitos en relación con la fiabilidad y vida de servicio. Las cargas y momentos que actúan sobre un rodamiento de giro a partir del peso inherente de los componentes que lleva, y las otras fuerzas inerciales son dadas o pueden ser calculadas.

Considerando las condiciones expuestas en la figura 10, las cargas resultantes y los momentos aplicados al rodamiento pueden ser estimados, utilizando las siguientes ecuaciones:

$$F_a = Q_a + G_1 + G_2$$

$$M_t = Q_a \cdot L_3 + G_2 \cdot L_2 + F_v \cdot H_v - G_1 \cdot L_1$$

donde:

Q_a carga a elevar en el extremo de la pluma.

G_1 contrapeso

G_2 peso de la estructura superior

F_a carga axial resultante aplicada al rodamiento.

F_v fuerza externa/fuerza del viento

Al determinar el tamaño del rodamiento debemos tener en cuenta fuerzas adicionales. Estas fuerzas dependen del tipo y modo de operación de la máquina o equipo y los requerimientos de operación en vida de

servicio y fiabilidad. Esto estaría hecho multiplicando la carga axial y momento resultante por un factor f_L .

$$F_{ar} = f_L \times F_a$$

$$M_{tr} = f_L \times M_t$$

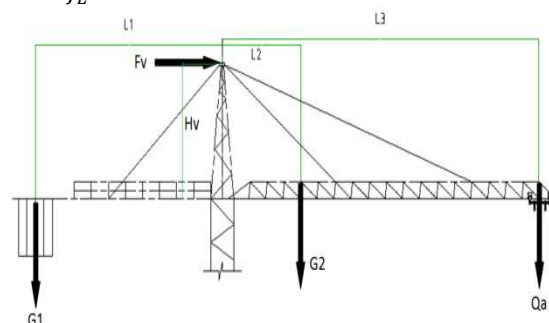


Figura 10. Esquema de distribución de carga

Se utiliza un factor de 1.33 [3], y se obtiene finalmente:

$$F_{ar} = 350.51 \text{ kN}$$

$$M_{tr} = 697.19 \text{ kN}$$

A partir de F_{ar} y M_{tr} se obtiene el rodamiento RKS.161.16.1644 del catálogo de @SKF [3].

La potencia de giro correspondiente a una velocidad de régimen es la siguiente:

$$P_w = \frac{M \cdot n}{716,2 \cdot \eta} [2]$$

donde,

P_w = Potencia de giro a régimen permanente (CV)

y,

$$M = Q \mu \frac{D}{2} [2]$$

con:

Q = carga de la estructura giratoria (daN)

μ = coeficiente de rozamiento

donde:

$$Q = 38102.4 \text{ daN}$$

$$\mu = 0.0075 [2]$$

$$n = 2 \text{ RPM}$$

$$D = 1.647 \text{ m}$$

Reemplazando los datos se obtiene una potencia de giro, $P_w = 0.76 \text{ HP}$ por lo tanto se seleccionará un motor cuya potencia de giro sea de 3 a 5 HP.

Seleccionaremos un reductor cuya relación de transmisión, $i=50$ y cuya velocidad de salida sea $N_2=36 \text{ RPM}$. El par requerido a la salida del reductor es obtenido a partir de la siguiente expresión:

$$M = 9550 \cdot \frac{Pot}{N_2} \cdot Rd$$

Reemplazando obtenemos: $M = 841 \text{ N.m}$

Se ha previsto un acoplamiento flexible entre el conjunto Motor-Reductor y el Piñón de Giro, que

amortigüe de pequeños choques o vibraciones hacia el conjunto Motor-Reductor. Con este acoplamiento también se asegura la correcta alineación del piñón de ataque y el conjunto Motor-Reductor que siempre se produce por imperfecciones y/o deformaciones de la superficie de apoyo.

El piñón de giro es el elemento que impulsa la corona o rodamiento de giro; el piñón ataca el gran rodamiento y de esa manera se convierte en la primera etapa de reducción. Para la selección del piñón se requiere las velocidades angulares, ω o RPM's de entrada y salida del moto reductor y la velocidad de giro de la estructura superior.

Se requiere que la velocidad de giro de la Torre-Grúa sea máximo de 2RPM, por lo tanto el sistema Corona-Piñón se podrá expresar bajo la siguiente relación:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

El motor de giro lleva acoplado a su estator un freno electromagnético que actúa cuando falla la alimentación eléctrica.

2.5. Sistema de traslación

Se lo conoce también como sistema de distribución de carga. Y consiste en un sistema de cables y poleas, carro distribuidor, motor de traslación y tambor de enrollamiento. El sistema de traslación consiste en dos cables; uno va desde un extremo del Carro, pasando por la Polea 1 y enrollando en un extremo del Tambor de traslación, el otro va enrollando al Tambor por el otro extremo, pasando por la Polea 2 y se engancha en el otro extremo del Carro (ver Figura 11).

El carro traslada la carga a lo largo de la pluma y en él se alojan las poleas del sistema de elevación. El carro se desplaza con movimiento rectilíneo por la longitud de la pluma utilizando el carril conformado por UPN 120, para realizar su movimiento va dotado de 4 ruedas y el movimiento es posible gracias al motor que estará instalado en la pluma y el sistema de cables, poleas y el tambor de enrollamiento.

La potencia necesaria para el movimiento de traslación estará dada por la siguiente expresión:

$$P_w = \frac{(G_1 + G_2)W \cdot v_{tras}}{4500000 \cdot \eta} (CV) [2]$$

siendo,

G2 = 15680 daN,

G1 = peso muerto de carro (daN)

vtras = velocidad de traslación

W = coeficiente de rozamiento:

7 para cojinetes de rodamiento

20 para cojinetes de desplazamiento

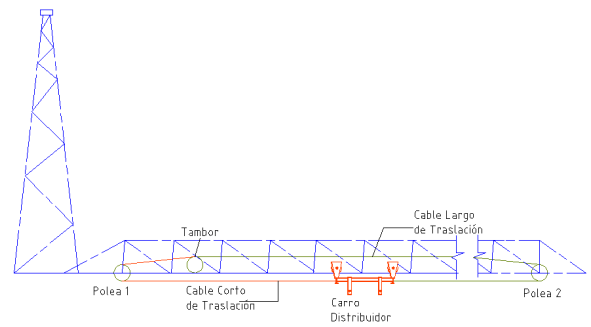


Figura 11. Sistema de traslación o distribución de carga

Datos conocidos:

G1= 208.74 daN

G2= 15680 daN

vtras@figura 12= 40m/min

W= 7

La velocidad de traslación del carro va a ser una función lineal de la luz de la grúa torre, según la figura 12.

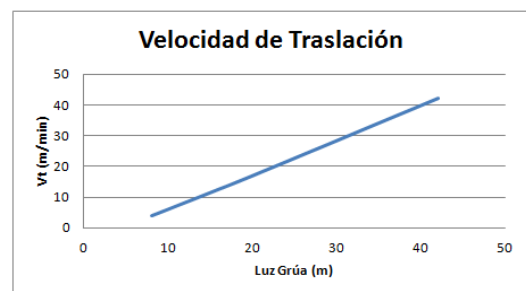


Figura 12. Velocidad de traslación del carro.

Reemplazando los datos se obtiene $P_w = 1.14HP$

Esta es la potencia continua, sin embargo se debe tener en cuenta también el par necesario para la aceleración: $M_A = M_w + M_b (daN \cdot m)$ [2]

MA = Par de arranque,

MW= Par resistente,

MB = Par de aceleración,

El par de arranque sólo se debe considerar en motores de traslación, como es el caso, y no debe superar el par máximo del motor.

$$M_w = \frac{PW \cdot 716}{n1} (daNm)$$

$$M_b = \frac{\Sigma GD_1^2 \cdot n1}{375 \cdot ta}$$

siendo,

n1 = la velocidad del motor rpm.

ta = es el tiempo de aceleración, ΣGD_1^2 la suma de pares de inercia referidos al eje motor.

Para masas movidas linealmente:

$$GD_1^2 = \frac{(G_1+G_2) \cdot d^2}{\eta} (\text{daNm}^2) [2]$$

siendo

$$d = v_{tras} / \pi n_1$$

vtras= velocidad lineal de la masa

El valor ta a usar será: traslación carro o puente grúa, giro: 4s

Reemplazando se obtiene:

$$MA = 4,95 \text{ N.m}$$

A estas formulas se debe añadir la de la potencia necesaria para vencer la resistencia del viento.

$$P_V = \frac{S \cdot v_{tras}}{4500 \cdot \eta} F_V (CV) [2]$$

donde:

Fv = presión del viento (daN/m2),

S = superficie expuesta al viento,

vtras= velocidad de traslación (m/min),

Datos conocidos:

$$Fv=110 \text{ daN/m}^2 [2]$$

$$S = 2.2 * 0.160 = 0.352 \text{ m}^2$$

$$v_{tras} = 40 \text{ m/min}$$

Reemplazando se obtiene, PV= 0.4049CV

Al seleccionar un motor de traslación por su potencia se debe comprobar también el par de aceleración:

$$\begin{aligned} P_{motor} &\geq P_w + P_V \\ P_{motor} &\geq 1,16 + 0,4049 \\ P_{motor} &\geq 1,5649 \text{ CV} \\ P_{motor} &\geq 1,54 \text{ HP} \end{aligned}$$

Por lo tanto se selecciona un motor de 2HP.

2.6. Sistemas de Seguridad

Limitadores de traslación del carro: Este limitador actuara sobre el tambor de enrollamiento del huiñche del carro y limita el recorrido atrás o delante de éste y se contará con el detector de final de carrera del carro quien desconectará el motor de traslación cuando el carro sobrepase el límite establecido en ambos extremos de la pluma.

Limitador de carga máxima: El objetivo de este tipo de seguridad es impedir que se sobrepase la carga máxima que ha sido calculada para la grúa-torre.

Actuará directamente sobre el huiñche de elevación, debido a la tracción ejercida por el cable, limita igual que al caso anterior, la carga elevada en función de la distancia y la traslación del carro en función de la carga.

Limitador en recorrido en altura del gancho: evita que por un error de operación, el gancho golpee las catalinas del carro provocando que el cable de elevación se corte, o que se golpee el gancho en el suelo desenrollándose el cable del tambor o descarrilándose este cable de elevación de las catalinas guías.

3. Modelado virtual de la grúa torre

3.1. Análisis estructural en SAP2000

Una vez que se obtiene la Geometría del Modelo (Figura 13) y Seleccionado los Perfiles a comprobar se procede a definir las cargas y los estados de carga para el Modelo; se entiende como estado de carga las fuerzas, presiones, momentos, etcétera, a los que va a estar sometida la estructura, por acción de la maquinaria o el personal de trabajo, y por la acción de eventos naturales, tales como: viento y sismo.

En cuanto a las cargas vivas se considera la carga ejercida por el peso a elevar, se ha elegido tres casos para este tipo de carga: Cmov1, Cmov2, Cmov3.

La carga Cmov1 define a las fuerzas y reacciones provocadas cuando el peso a elevar se encuentra en el extremo de la pluma y su valor máximo no debe ser mayor a 3,2 toneladas, considerando el peso del carro.

La carga Cmov2 está definida por las fuerzas y reacciones provocadas por el peso a elevar cuando este se encuentra alejada 15 metros de la torre y cuyo valor no debe exceder a 6,2 toneladas incluyendo el peso del carrito distribuidor de carga.

Por último la carga Cmov3 estará definida por las fuerzas y reacciones provocadas por el peso a elevar cuando este se encuentre 3 metros alejada de la torre y su valor sea de 15 tonelada, que es la carga máxima de la Grúa-Torre.

La carga del viento que actúa sobre la estructura depende principalmente del factor de solidez, que es la relación entre el área de una cara de la estructura como si estuviera llena, con respecto al área real de dicha cara. Las fuerzas estáticas de diseño para evaluar la acción del viento sobre la estructura de la Grúa-Torre, vienen dado por la siguiente expresión:

$$F_A = 0,00483 C_F K_Z G_H A_e V^2 [4]$$

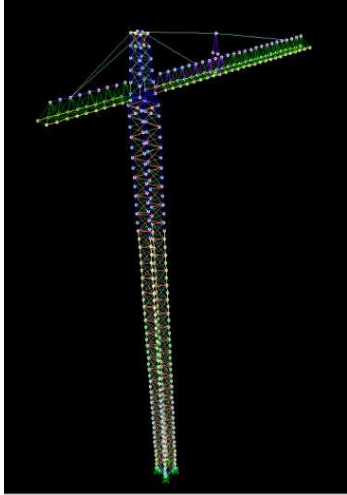


Figura 13. Panorámica grúa torre en SAP2000[7]

La carga provocada por un sismo se la consideró según las recomendaciones realizadas en el Código Ecuatoriano de la Construcción: Peligro Sísmico, Espectros de Diseño y Requisitos Mínimos de Cálculo Para Diseño Sismo-Resistente [5] .

El código expresa un procedimiento de cálculo basado en un Cortante Basal y su distribución vertical de Fuerzas Laterales.

El Procedimiento de Cálculo de Fuerzas Estáticas utilizado se basó de la siguiente expresión matemática:

$$V = \frac{ZIC}{R\phi_P\phi_E} W \quad [5]$$

$$C = \frac{1,25 S^S}{T} \quad [5]$$

donde:

V (Cortante Basal de Diseño): El cortante basal de diseño V, que será aplicado a la estructura.

C: No debe exceder del valor de Cm establecido en la Tabla 3.2, no debe ser menor a 0,5 y puede utilizarse para cualquier estructura.

S: Su valor y el de su exponente se obtiene la Tabla 9.

R: Factor de reducción de respuesta estructural.

$\phi_P\phi_E$: Coeficientes de configuración estructural en planta y en elevación, respectivamente.

T: Periodo de Vibración.

Z: Valor en función de la zona sísmica adoptada.

El período, T se lo obtiene a partir de la corrida del programa SAP2000®, T= 4,11 s

Por lo tanto: C=0.5587 y el coeficiente de cortante basal, $\frac{ZIC}{R\phi_P\phi_E}=0.0558$

Siendo el coeficiente de cortante basal la variable de entrada para el software SAP2000 para la carga sísmica a considerar en el modelado.

Para la carga contrapeso se elige uno de tal manera que compense la mitad del momento de carga y el momento del pescante.

$$G_c \cdot d = G \cdot e + \left(P_c + \frac{Q}{2}\right) L \quad [6]$$

Por lo tanto se seleccionará un contrapeso de 13toneladas.

La Figura 14 nos muestra la ubicación de las fuerzas actuantes para la obtención del contrapeso.

Se corrió el programa considerando 3 casos, cada caso depende de la ubicación de la carga y el peso de la misma. Los 3 casos se encuentran representados en la figura 15. En los 3 casos corridos se obtuvo un resultado satisfactorio, donde todos los tramos pasaron la revisión Esfuerzo/Capacidad, así lo muestra la figura16.

La estructura de la pluma presenta una coloración celeste con valores de 0-0,5 lo que indica un factor de seguridad mayor a 2, es decir se están comportando muy satisfactoriamente; sin embargo se puede observar pocos elementos con coloraciones verdes y amarillas con valores entre 0,5-0,90, lo que indica un factor de seguridad entre 1,11-2, es decir un valor óptimo.

Los elementos que conforman los tramos de la estructura metálica de la Contra-Pluma no presentan ninguna novedad, pues al realizar la revisión Esfuerzo/Capacidad todos pasan.

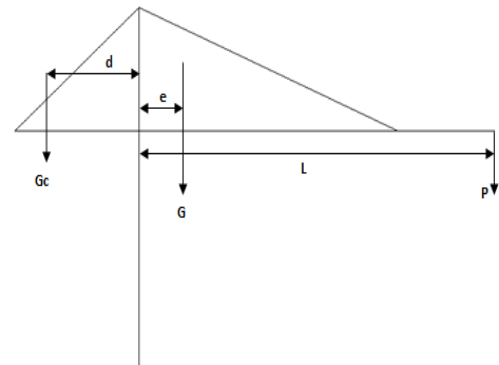


Figura 14. Esquema estructura superior para cálculo de contrapeso

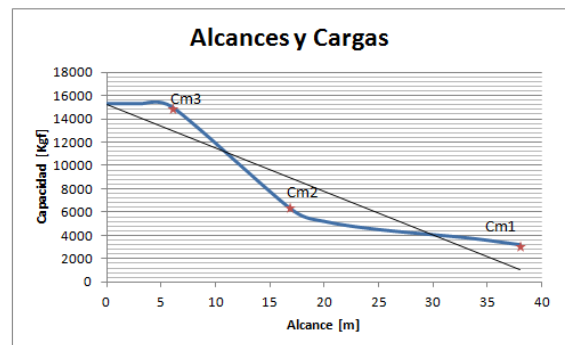


Figura 15. Alcances y cargas grúa torre

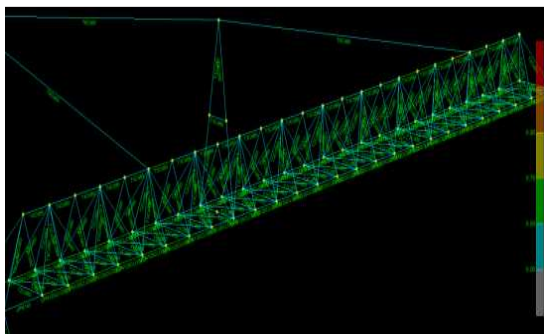


Figura 16. Prueba de capacidad/esfuerzo pluma

3.2. Modelado en Autodesk Inventor

Autodesk Inventor ® es un paquete de modelado paramétrico de sólidos en 3D, del cual nos basaremos para realizar la Representación Gráfica de la Grúa-Torre y a partir de ello obtener los planos generales y de detalle de la misma. Con la ayuda de este software realizaremos además una pequeña animación de la misma, con lo que se pretende visualizar el sistema de giro y el sistema de traslación o distribución de carga.

4. Costos de implementación

Se considera el costo de los equipos motrices, cables y mecanismos que dotan a la Grúa-Torre de sus grados de libertad. Así mismo se tendrá en cuenta la fabricación local de partes, y el costo del montaje y puesta en marcha.

A continuación se muestra la tabla 4 que indica un resumen de los costos de implementación estimativos.

Tabla 4. Resumen de costos estimativos de implementación

RESUMEN	
Fabricación de la Estructura Metálica	\$ 173.668,45
Importación de Equipos	\$ 50.027,44
Montaje y Puesta en Marcha	\$ 40.921,00
Total	\$ 264.616,89

5. Conclusiones

La necesidad de utilizar este tipo de maquinarias de transporte y elevación de carga es cada vez mayor. En la actualidad se observa muy a menudo en el país la construcción de edificios de alturas considerables, como es el caso del edificio *The Point* en la ciudad de Guayaquil que alcanzó ya su altura máxima de más de 137 metros (36 pisos), convirtiéndolo en el más alto del Ecuador por el momento, ya que en la ciudad de Quito se prevé inaugurar en el 2.018 un complejo de siete torres donde una de ellas sobrepasará los 40 pisos. Se observa también frecuentemente la construcción de complejos empresariales, como por ejemplo *City Plaza* en la ciudad de Guayaquil. La

industria cementera esta en completo crecimiento, se conoce a menudo de proyectos cada vez más ambiciosos de ampliación y de remodelación de plantas, donde el uso grúas torre tiene un valor muy importante para el desarrollo de los trabajos.

La Geometría propuesta de la Estructura Metálica de la Grúa-Torre fue modelada utilizando el Software SAP2000, obteniéndose los resultados esperados de acuerdo a LRFD-AISC [8]

La estructura metálica de la Grúa-Torre al ser una estructura compuesta por tramos de máximo 12 metros de largo, facilitaría su transporte y manipuleo, lo que redundaría en menores gastos de operación, rubro importante al momento de presupuestar un proyecto.

Las características geográficas de nuestro país no limitarían el uso de la Grúa-Torre en cualquier zona sísmica, utilizando para su diseño del Código Ecuatoriano de la Construcción la zona IV; además con respecto a las condiciones meteorológicas se consideraron velocidades del viento de hasta 80Km/h.

Cada elemento de los tramos en celosía trabaja en la condición más favorable; lo que permite reducir al mínimo las secciones resistentes del material utilizado, por lo que la celosía es particularmente adaptada para soportar las cargas externas, ayudada también del hecho de que su peso propio es bajo y que presentan poca superficie a la acción del viento. Por esa razón el uso de celosía permite realizar, a bajo costo construcciones livianas y de grandes dimensiones.

6. Referencias

- [1] Instituto Nacional de Normalización, INN (1997), NCh2422 Grúa-Torre- Terminología y Clasificación, Santiago, Chile.
- [2] Emilio Larrodé - Antonio Miravete (1996), Gropo I+D Transporte y Vehículos Área de Ingeniería e infraestructura de los transportes, Departamento de Ingeniería Mecánica, GRÚAS, Universidad de Zaragoza, España
- [3] Catálogo SKF Rodamiento de Giro
- [4] Anexo C: Fuerza de viento de diseño. ANSI/TIA-222-G
- [5] Código Ecuatoriano de la Construcción: Peligro Sísmico, Espectros de Diseño y Requisitos Mínimos de Cálculo Para Diseño Sismo-Resistente
- [6] Grúas Departamento de Ingeniería Mecánica Universidad Carlos III de Madrid
- [7] Análisis Estructural de la Grúa-Torre en SAP2000
- [8] AISC, Load and Resistance Factor Design Specification For Structural Steel Buildings (1999)