



UNIVERSIDAD NACIONAL “SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ESTUDIO DINÁMICO DE UNA GRÚA TORRE FIJA Y DESPLAZABLE.

Investigación formativa

INTEGRANTES:

BAUTISTA REQUEZ, Julio

SANTOS ROSALES, Jonatan

VARGAS PINTO, Wagner

VERGARAY DE LA CRUZ, Miguel

Docente: **Ing. MENACHO LOPEZ, VICTOR MANUEL**

Huaraz – Perú

30 de Octubre, 2022-I

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación

1.2. Formulación del problema de investigación

1.3. Justificación e importancia de la investigación

1.4. Objetivo general y específico

CAPITULO II

II. MARCO TEORICO

2.1. Fundamentos teóricos de la investigación

2.2. Marco conceptual

CAPITULO III

III. MARCO METODÓLOGICO

3.1. Hipótesis central de la investigación

3.2. Metodología de la investigación

3.3. Diseño de la investigación

3.4. Técnicas e instrumentos de la investigación

CAPÍTULO IV

IV. ANÁLISIS DINÁMICO

4.1 Movimiento de la grúa torre (descripción de la cinemática y cinética del movimiento de la grúa)

CAPITULO V

V. CONCLUSIONES

CAPITULO VI

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

RESUMEN

En este trabajo nos centraremos en el estudio de la descripción de una de las grúas más utilizadas en el mundo de la construcción, la grúa torre.

Una grúa torre fija y desplazable son máquinas de funcionamiento electromecánico o hidráulico con un eje vertical giratorio y un brazo con varias poleas, que sirven para levantar pesos y llevarlos de un punto a otro a lo largo de su radio de giro, de esta manera facilita el labor de quienes desempeñan en cada una de las etapas constructivas, mediante esta máquina se hace posible que el proceso constructivo sea más fácil y rápido, seguro, de mayor calidad y de menor costo, mejorando considerablemente la productividad.

El estudio de la grúa torre consiste en describir las estructuras que la conforman, así como conocer los elementos que forman parte de este y que permitirán a la grúa realizar las tareas para las que ha sido diseñada. Por ello en este trabajo de investigación se hizo el “el análisis dinámico del movimiento de una grúa torre” aplicando los conocimientos aprendidos en cada capítulo, con los cuales se definió los tipos de movimiento.

ABSTRACT

In this work we will focus on the study of the description of one of the most used cranes in the world of construction, the tower crane.

A fixed and movable tower crane are electromechanical or hydraulic operating machines with a rotating vertical axis and an arm with several pulleys, which are used to lift weights and carry them from one point to another along its radius of gyration, thus facilitating the work of those who perform in each of the construction stages, through this machine it is possible for the construction process to be easier and faster, safer, of higher quality and lower cost, considerably improving productivity.

The study of the tower crane consists of describing the structures that make it up, as well as knowing the elements that are part of it and that will allow the crane to perform the tasks for which it has been designed. For this reason, in this research work, the "dynamic analysis of the movement of a tower crane" was made, applying the knowledge learned in each chapter, with which the types of movement were defined.

INTRODUCCIÓN

En la industria de la construcción y edificación, es frecuente la necesidad de transportar materiales de grandes bloques a ciertas distancias o alturas, de esta manera facilitar la ejecución de las obras de envergadura. Por ende, en el presente trabajo de investigación se basa en el estudio la dinámica del movimiento de una grúa torre fija y desplazable. Para lo cual se plantean los siguientes objetivos. Conocer las partes de la grúa torre, así como también sus diferentes usos, analizar y comprender la dinámica de una grúa y describir los movimientos de los elementos de los mecanismos de la máquina. En forma general en el presente trabajo se abordará en describir y analizar los movimientos de los componentes de la maquina en estudio.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Al ser el tema de investigación, el análisis de una maquinaria pesada, y habiendo tomado a la grúa torre como objeto de estudio nos corresponderá explicar todo lo concerniente a ella, ya sea: Los tipos de grúas, elementos de una grúa, características de la grúa, tipos de movimiento que realiza, y sus distintos mecanismos que ella posee, teniendo presente que todo ello se llevara a cabo para explicar, comprender y analizar explícitamente la cinemática y cinética de esta maquinaria, esto se realizara debido a la necesidad de comprender la dinámica de este dispositivo, siendo este un elemento importante para la industria de la construcción y edificación.



Figura 01: *Grúa torre en funcionamiento.*

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

Ya que, en la actualidad las grandes construcciones necesitan de estas máquinas, para facilitar el trabajo por ende es necesario tener conocimientos sobre el funcionamiento dinámico de los componentes de estas máquinas para su manipulación.

Teniendo en cuenta ello, en el presente informe nos avocaremos a describir el mecanismo y funcionamiento de cada elemento que compone a la grúa torre, por consiguiente, formularemos la siguiente pregunta:

¿Cómo es el funcionamiento dinámico de los elementos de la grúa torre?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Ante la necesidad de mover grandes cargas en la construcción es necesario el análisis de la maquina en mención. En la antigüedad, el uso de rampas y rodillos era común para el traslado de grandes cargas en las construcciones, de manera que un elevado número de trabajadores era necesario para trasladar las cargas, por ello fue que a medida que paso el tiempo se dejó de usar estos instrumentos y se comenzaron a usar las grúas como material de trabajo, ya que esto facilitaba a levantar cargas superiores al promedio normal. Por ello es necesario realizar un análisis de esta maquinaria, ya que ello nos ayudará a comprender su funcionamiento, de esta manera tendremos conocimiento de las diversas partes que lo componen, y su utilidad en el área de trabajo, teniendo en cuenta que también se hará el análisis cinemático y cinético para una comprensión total del sistema.

1.4. OBJETIVO

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Describir el movimiento de los elementos de la grúa torre fija y desplazable.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Describir qué elementos intervienen en el funcionamiento de las grúas torre.
- ✓ Analizar los distintos mecanismos de la grúa torre para los diferentes tipos y partes que forman parte de las grúas torre que permite el cambio de velocidades
- ✓ Evaluar los distintos movimientos cinéticos y cinemáticos que la grúa torre emplea en su dinámica.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 FUNDAMENTOS TEORICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para poder abordar y entender con detenimiento el presente tema de investigación, se es necesario tener en cuenta conocimientos previos sobre movimiento cinético, cinemático y algunas definiciones básicas en el área de la dinámica.

2.1.1. MARCO DE REFERENCIA

Un marco de referencia corresponde a un cuerpo rígido (lugar del espacio generadas por él) desde el cual se puede describir el movimiento (relacionado con el concepto de posición de la partícula). El concepto de posición es un concepto que es relativo a un determinado sistema de referencia o de coordenada.

2.1.2. CUERPO RIGIDO

Se llama «Cuerpo rígido» a una agrupación, usualmente continua, de partículas con una propiedad fundamental: La distancia entre dos partículas cualesquiera del cuerpo rígido permanece invariable; es decir, constante, de esta manera se conserva la forma geométrica del sistema y la distribución espacial de su masa.

Cuerpo rígido es una idealización, porque todos los cuerpos se deforman en alguna medida cuando se someten a efectos de un sistema de fuerzas (F_i) y/o pares o momentos (C_i), pero si la deformación es suficientemente pequeña (despreciable, comparada con las dimensiones del cuerpo), la suposición de rigidez es correcta, produciendo resultados aceptables.

2.2.8.1. CONSIDERACIONES ELEMENTALES

En los cuerpos rígidos, tenemos que tener presente las siguientes consideraciones.

- a) Una partícula tiene posición, velocidad y aceleración.
- b) Un cuerpo rígido tiene orientación, velocidad angular y aceleración angular.
- c) Un punto P del espacio no pertenece a un sólido en concreto, sino a todos ellos simultáneamente.

2.1.3. CINEMATICA DE LOS DIVERSOS TIPOS DE MOVIMIENTO EN \mathcal{J} .

2.1.3.1. MOVIMIENTO DE TRASLACION EN \mathcal{J}

Un cuerpo rígido se mueve con traslación pura cuando se mueve paralelo a sí mismo, lo que significa que cualquier recta contenida en el cuerpo mantiene su dirección en el movimiento. Entonces se cumple que: Cualquier punto del cuerpo rígido recorre trayectorias idénticas con la misma velocidad y aceleración y, en consecuencia, se puede hablar de una única velocidad o aceleración para el cuerpo rígido.

a) Traslación Rectilínea: Se da cuando las trayectorias del movimiento de todas las partículas del cuerpo, son rectas paralelas entre sí.

b) Traslación Curvilínea: Se da si las trayectorias del movimiento de las partículas del cuerpo, queda a lo largo de líneas curvas, que entre si son congruentes.

2.1.3.2. MOVIMIENTO DE ROTACION ALREDEDOR DE UN EJE FIJO EN \mathcal{J}

Es un movimiento con desplazamiento alrededor de una recta fija, pudiéndose darse en el espacio o en el plano, generalmente se da cuando es representado en un plano mediante una chapa o disco.

2.1.3.3. MOVIMIENTO GENERAL EN EL PLANO EN \mathcal{J}

Cuando un cuerpo se sujeta a un movimiento general en el plano, experimenta una combinación de una traslación y una rotación. La traslación ocurre dentro del plano de referencia y la rotación alrededor de un eje perpendicular al plano de referencia a través del punto base o conveniente.

2.1.3.4. MOVIMIENTO DE ROTACIÓN ALREDEDOR DE UN PUNTO FIJO EN \mathcal{J}

Es un movimiento en el espacio con desplazamiento alrededor de un punto fijo.

2.1.3.5. MOVIMIENTO GENERAL EN EL ESPACIO EN \mathcal{J}

En este tipo de movimiento, se considera a todos los movimientos no estudiados anteriormente y que resulta de la combinación de estos.

2.1.4. LEYES DE NEWTON Y DE EULER

2.1.4.1. LEYES DE NEWTON

a) **Primera Ley (Principio de Inercia):** Todo cuerpo continúa en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo y uniforme a menos que sea obligado a cambiar de estado por fuerzas que actúan sobre él. Es equivalente a expresar que "es posible adoptar, por lo menos un marco de referencia, para la cual toda partícula aislada continua en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo y uniforme".

b) **Segunda Ley (Principio de masa o Ley fundamental de la Dinámica):** Esta ley se encarga de cuantificar el concepto de la fuerza. La aceleración que adquiere un cuerpo es proporcional a la fuerza neta aplicada sobre el mismo. La constante de proporcionalidad es la masa del cuerpo.

c) **Tercera Ley (Principio de acción y reacción):** A toda acción ejercida sobre una partícula, se opone una reacción igual y de sentido contrario que ejerce la propia partícula. Se refiere a la interacción entre dos partículas y en otras palabras señala que toda vez que una partícula ejerce una fuerza sobre otra, ésta ejerce sobre la primera una fuerza de igual intensidad y dirección, pero de sentido contrario.

2.1.4.2. LEYES DE EULER

a) **Primera Ley:** Para un sistema de partículas la suma de las fuerzas externas, que actúan sobre el sistema es igual a la suma de los productos masa i ésima por la aceleración i ésima ($m_i \bar{a}_i$) de las partículas que forman el sistema; deducida a partir de la segunda ley de Newton.

Esta ley usamos al momento de elevar y distribuir cargas a través de la flecha.

- b) Segunda Ley:** Para un sistema de partículas, la suma de los momentos de las fuerzas externas respecto a un punto es igual a la suma de los momentos de $(m_i \bar{a}_i)$ respecto al mismo punto.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

La grúa torre es una herramienta de construcción, utilizada para elevar cargas y distribuir las en un radio de efecto definido por la pluma, las cargas van en un gancho montado en un carro que a su vez se desplaza a lo largo de la pluma. Hay distintos tipos de grúas torre, a continuación, mostraremos los tipos y algunas de sus características y usos:

2.2.1. TIPOS DE GRÚA TORRE

La grúa torre es una herramienta de construcción, es utilizada para elevar cargas y distribuir las en un radio de efecto definido por la pluma, las cargas van en un gancho montado en un carro que a su vez se desplaza a lo largo de la pluma. Hay distintos tipos de grúas torre, a continuación, mostraremos los tipos y algunas de sus características y usos:

2.2.1.1. GRÚA TORRE FIJA

La grúa torre fija como indica su nombre es una grúa la cual su base no posee la capacidad de hacer movimientos de translación.

Estas grúas son las que tienen bases de fundición o cualquier otro tipo de base que sea fija, de manera que se pueden definir de dos tipos según su base:

- a) Las grúas empotradas, que usan los primeros tramos de la grúa para ser encofradas con hormigón en una zapata con las dimensiones acordes a la resistencia del suelo y el peso del lastre.
- b) Las grúas sobre el chasis de base, sin ruedas, apoyado en una losa resistente, con el lastre de base conveniente.

Apernado el chasis de base a alguna losa o en vigas de adecuada resistencia. En caso de grúas de versión trepadora, sobre sus marcos o anillos convenientemente afianzados a los pisos.

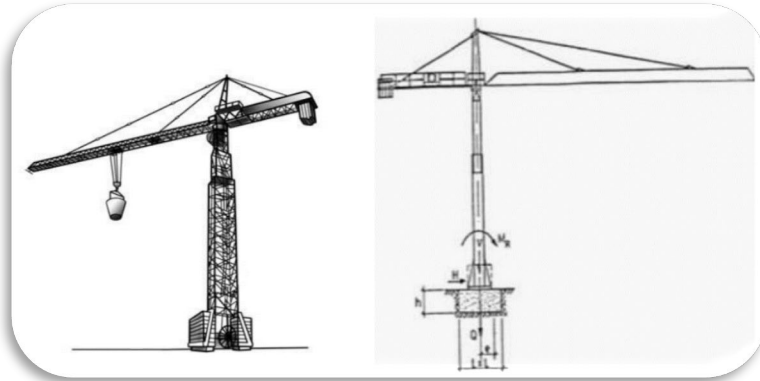


Figura 02: Grúa torre fija, con lastre y empotrada.

2.2.1.2. GRÚA TORRE DESPLAZABLE

Estas grúas son las que poseen la capacidad de desplazar su base durante el servicio, normalmente mediante carriles. Estas grúas tienen limitada altura ya que esta tiene que ir en función de la estabilidad de la misma y sin necesidad de contrapesos adicionales, tanto en estado de servicio como fuera de él.



Figura 03: Grúa torre desplazable sobre raíles de Yantai Haishan

2.2.1.3. GRÚA TORRE DESMONTABLE

La grúa torre desmontable es una grúa destinada a ser montada y desmontada con frecuencia de manera que su diseño lo facilita, por otro lado, posee ciertas limitaciones tanto en la cantidad de carga soportable como en su altura.



Figura 04: *Grúa torre desmontable en proceso de montaje*

2.2.1.4. GRÚA TORRE AUTODESPLEGABLE

Es cuya torre está constituida por un solo bloque, la pluma está montada sobre la torre vertical la cual tiene capacidad de girar. Esta torre está unida a una



Figura 05: *Grúa torre auto desplegable en proceso de despliegue*

base la cual puede ir provista de ruedas para facilitar su desplazamiento, permitir un rápido despliegue de la grúa como así también su replegamiento.

2.2.1.5. GRÚA TORRE MONOBLOC

La grúa torre monobloc es un tipo de grúa muy parecido al anterior, la grúa desmontable, toda la grúa forma parte de un solo bloque y esta se auto despliega sin necesidad de montajes adicionales. En ciertas ocasiones la base posee ruedas de manera que se facilita su desplazamiento.

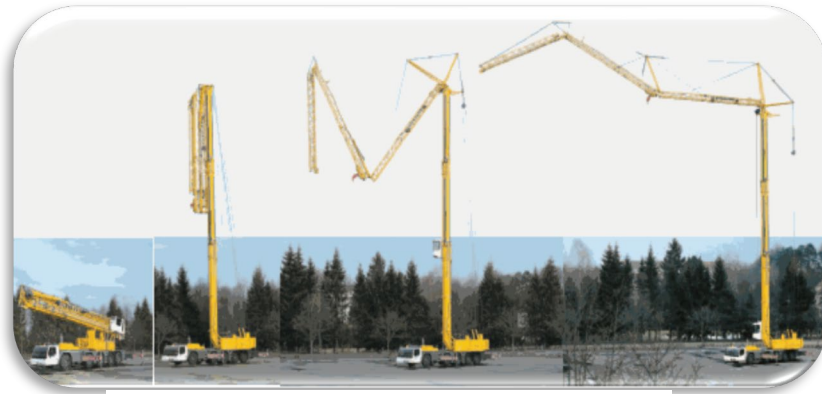


Figura 06: *Proceso de despliegue de una grúa torre monobloc.*

2.2.1.6. GRÚA TORRE TREPADORA

La grúa torre trepadora es una grúa que se instala apoyada en la misma construcción de manera que esta va ganando altura a medida que la construcción avanza.



Figura 07: *Grúa torre trepadora instalada en un edificio*

2.2.2. ELEMENTOS DE UNA GRÚA TORRE FIJA Y DESPLAZABLE.

Gracias a la similitud que presentan todos los tipos de grúa torre que se explicaron anteriormente, podemos decir que comparten ciertas partes de su composición

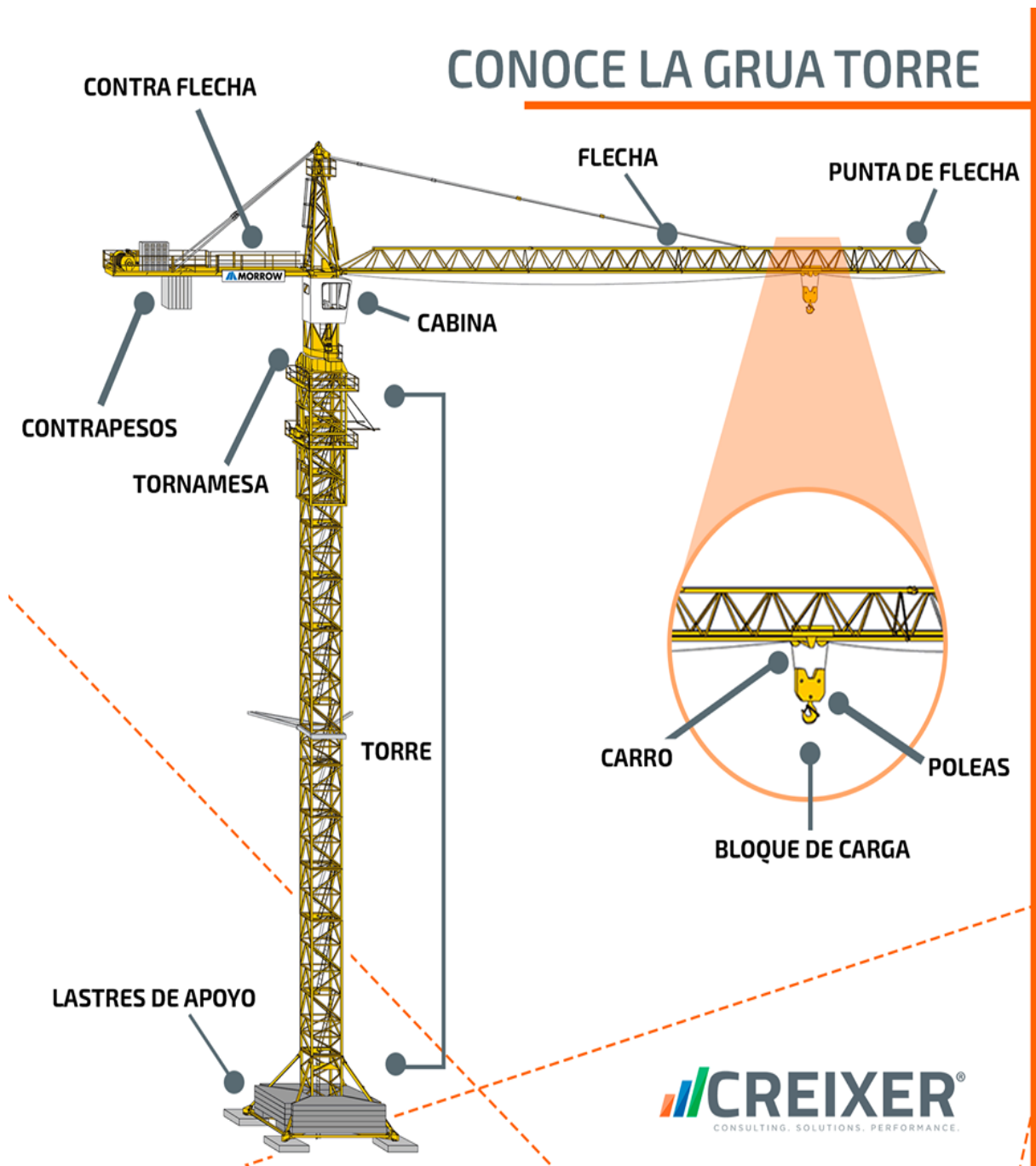


Figura 08: partes de la grúa torre fija

2.2.2.1. PLUMA O FLECHA

Es una estructura de celosía metálica de sección normalmente triangular, cuya principal misión es dotar a la grúa del radio o alcance necesario.

2.2.2.2. CARRO PLUMA

Consiste en un carro que se mueve a lo largo de la pluma a través de unos carriles.

2.2.2.3. CONTRA FLECHA

La longitud oscila entre el 30 y el 35 % de la longitud de la pluma. Al final de la contra pluma se colocan los contrapesos. Esta unido al mástil en la zona opuesta a la unión con la flecha.

2.2.2.4. CONTRAPESO

Son estructuras de hormigón prefabricado que se colocan para estabilizar el peso y la inercia que se produce en la flecha de la grúa.

2.2.2.5. PLATAFORMA O SOPORTE GIRATORIO

Estructura orientable capaz de soportar la pluma, contra pluma y torreta porta tirantes en la grúa torre, la contra pluma en la torre vertical, y la contra pluma y el contrapeso en la grúa torre auto desplegable.

2.2.2.6. CORONA DE GIRO

Componente destinado a transmitir los esfuerzos (momentos de carga, fuerzas horizontales y verticales) de la parte giratoria a la parte fija de la grúa torre y que es accionado por el mecanismo de orientación de la parte giratoria.

2.2.2.7. TORRE O MASTIL

Es una estructura de celosía metálica de sección normalmente cuadrada, cuya principal misión es dotar a la grúa torre de altura suficiente y esta fija.

2.2.2.8. BASE

Se encuentra en la parte inferior y es un soporte para la estructura (grúa torre), puede ser móvil o estático.

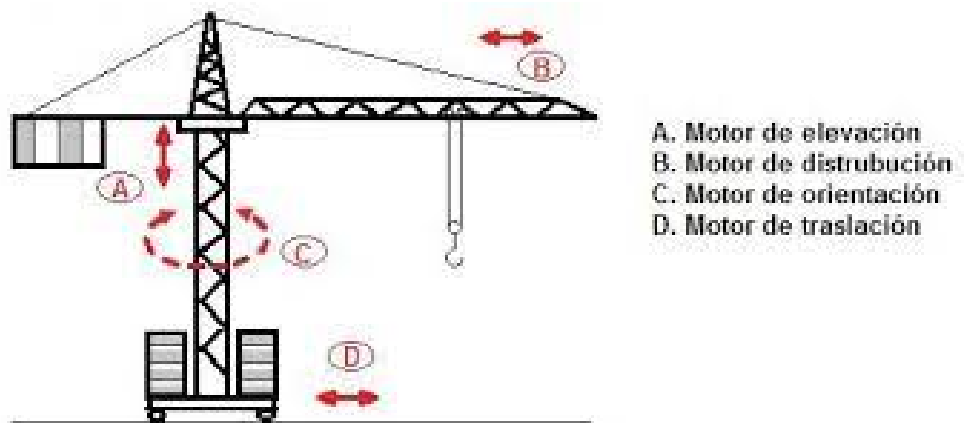
2.2.2.9. LASTRE

Puede estar formada por una zapata enterrada o bien por varias piezas de hormigón prefabricado en la base de la grúa.

2.2.2.10. CABLES POLEAS Y GANCHOS

El cable de elevación es una de las partes más delicadas de la grúa y, para que dé un rendimiento adecuado, es preciso que sea usado y mantenido correctamente.

2.2.3. MOTORES DE LA GRÚA TORRE FIJA Y DESPLAZABLE



2.2.3.1. MOTOR DE ELEVACIÓN

Es el motor más potente de la máquina; es asíncrono de polos conmutables o síncrono de anillos lozantes y normalmente de 20 a 50 HP. Su función es mover el huinche. Normalmente posee 3 velocidades eléctricas, pero en algunos casos llega a tener hasta 15 velocidades mecánicas; posee freno electromagnético directo incorporado. El motor se ubica normalmente en la torreta, o en la pluma o en la contra pluma, pero también hay modelos más antiguos que lo ubican en el chasis. La secuencia de velocidad es:

MICRO – MEDIA – ALTA – MEDIA – MICRO

Micro velocidad: Es aquella que utiliza al comienzo y al final (5 o 6 m/min.)

Velocidad media: Corresponde a la etapa transitoria del movimiento (aprox. 25 o 30 m/min.)

Alta velocidad: Velocidad normal de elevación o descenso (aprox. 50 o 60 m/min.) y puede alcanzar en grúas grandes los 210 m/min.

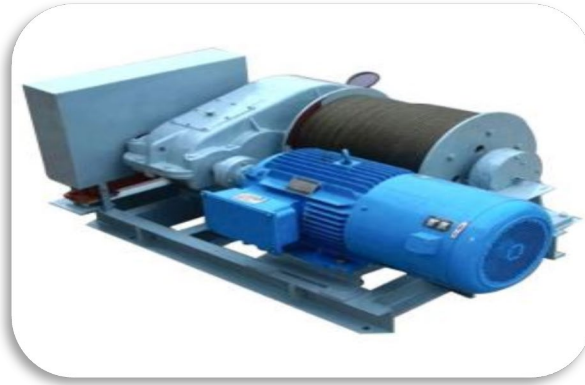


Figura 08: *Motor de elevación*

2.2.3.2. MOTOR DE DISTRIBUCIÓN

Posibilita el movimiento de traslación del carro en la pluma. Su potencia va desde 1 HP en adelante. El carro alcanza una velocidad aproximada de 30 m/min. Este motor en la mayoría de los casos posee dos velocidades; una lenta aprox. de 10 a 22 m/min y una alta aprox. de 60 m/min; con respecto a la pluma en movimiento rectilíneo o radial, también hay modelos que llegan a tener hasta 3 o más velocidades. También cuenta con un freno electromagnético incorporado.

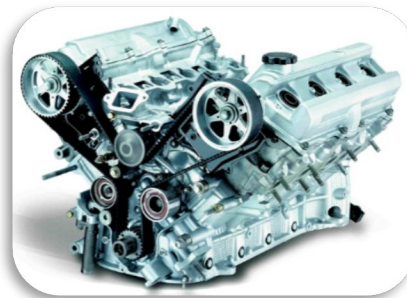


Figura 9: *Motor de distribución*

2.2.3.3. MOTOR DE ORIENTACIÓN

Un motor trifásico es una máquina rotativa alimentada eléctricamente, capaz de transformar la energía eléctrica en mecánica. este es un motor eléctrico es uno de los

dispositivos más importantes que se han inventado estos motores se utilizan en todas partes desde el bombeo del agua que bebemos hasta en ascensores y grúas e incluso la refrigeración de centrales nucleares. Funcionan a través de una fuente de potencia monofásica, por lo que su cableado está compuesto

por dos tipos de cables: neutros y calientes. Habitualmente, son motores con un tamaño reducido y con poco par, aunque los hay con potencias de hasta 3 kW.

Este motor permite girar la pluma y contra pluma en 360°. Posee una potencia mínima de 3 HP, dependiendo del tamaño de la grúa; también posee un freno electromagnético incorporado. En algunos modelos posee uno o más acoplamientos hidráulicos para obtener un giro progresivo sin torsión excesiva de la estructura de la cabeza de la grúa torre.



Figura 10: *Motor de orientación*

2.2.4. FUNCIONAMIENTO DE LAS PARTES

- a) **Mecanismos de elevación:** El movimiento de elevación se consigue por el rozamiento del cable, los extremos están fijados por el extremo al eje de salida por un motor y el tope de la pluma, este transcurre por el carro elevador y de él cuelga el poli plasto, este elemento, este elemento es muy importante ya que reduce las fuerzas que debe ejercer el motor para sustentar la carga este mecanismo tiene un tipo de movimiento rectilíneo.
- b) **Mecanismos de traslación:** Para obtener la traslación del carro elevador se dispone en un extremo un segundo sistema de cables que transforma la energía eléctrica en energía mecánica circula por un motor abrazando su tambor de salida, al girar el motor debido al rozamiento y el hilo se tracciona uno de los lamares del filamento y esta tira del carro.
- c) **Mecanismos de rotación:** Para la rotación de la parte superior se instaló un sistema de engranes junto con un rodamiento en la cual la rueda de entrada conducida se encuentra fija a la estructura y al girar la rueda

conductor transmite una fuerza tangencial que se traduce en movimiento al vencer el par de giro del rodamiento generado o producido por el motor de giro.

d) **Sistema electrónico:** Cabe mencionar que todos los motores están controlados por radio frecuencia gracias al sistema electrónico que cuenta la grúa torre.

2.2.5. EXPLICACION DEL MOVIMIENTO DE ALGUNO DE LOS ELEMENTO QUE CONFORMAN A LA GRUA TORRE

2.2.5.1 PLUMA

La pluma es la parte que está formada por una estructura reticular, este elemento está sujeto a un movimiento circular.



Figura 11: *Pluma de la grúa torre*

2.2.5.2 CARRO PLUMA

El carro pluma es un elemento que está sujeto mediante una serie de rodajes a la pluma, estos rodajes permiten que este se desplace a través de ella, teniendo este un movimiento de traslación rectilínea.

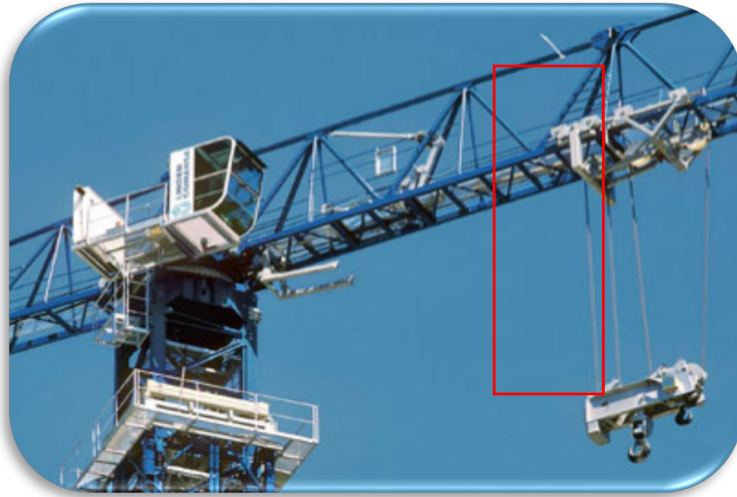


Figura 12: *Carro pluma de la grúa torre*

2.2.5.3 CONTRA PLUMA

Sería lo mismo que la pluma, pero estaría ubicada a la parte trasera a ella, estando sujeta al movimiento que la pluma tenga.



Figura 13: *Contra pluma de la grúa torre*

2.2.5.4 CONTRAPESO

El contrapeso funciona como soporte y sostén para guardar un equilibrio en la parte superior de la grúa torre, en este lugar se colocan pesos para equilibrar la pluma y que esta no pandee.



Figura 14: *Contrapeso de la grúa torre*

2.2.5.5 PLATAFORMA O SOPORTE GIRATORIO

La plataforma es una superficie plana que funciona como soporte giratorio, esto permite que esta sea orientable, esta es montada sobre la parte superior de la torre vertical unida a la base de la grúa.



Figura 15: *Plataforma o soporte giratorio*

2.2.5.6 CORONA DE GIRO

La corona de giro es como una especie de engranaje, que funciona como un mecanismo utilizado para transmitir potencia mecánica de un componente a otro.



Figura 16: Corona de giro de la grúa torre

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 HIPÓTESIS

La grúa torre en análisis presenta una buena estructura y desenvolvimiento cinético y cinemático, cumpliendo dinámicamente con todas las funciones necesarias que hacen posible su servicio.

3.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 MÉTODO

Deductivo, pues se inicia con estudio general de los hechos observables para llegar a conclusiones, cuya aplicación es de carácter particular.

3.2.2 ORIENTACIÓN

Aplicada, debido a que se enmarca dentro de fundamentos teóricos ya establecidos.

3.2.3 ENFOQUE

Cualitativo, puesto que asume una realidad subjetiva, dinámica y compuesta por multiplicidad de contextos

3.2.4 TIPO

Descriptivo, debido a que se realiza considerando a la maquinaria estudiada y sus componentes, se miden conceptos, es decir se observan a la maquinaria tal como se presenta y como se desenvuelve en su contexto natural dentro de la zona de estudio.

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Nuestra investigación es de carácter no experimental documental

✓ **No experimental:** Sería no experimental porque es una investigación la cual se realiza sin manipular deliberadamente variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlo.

✓ **Documental:** Será documental porque nuestra investigación se fundamenta en trabajos previos, información y datos divulgados y su originalidad se refleja en el enfoque de acuerdo al pensamiento de los autores responsables de la investigación.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACION

Para el uso de técnicas e instrumentos de recolección de datos, se tomará en cuenta que esta es una investigación que necesitará información y bibliografía de fuentes pasadas del internet: manuales de guas torre, páginas web de fabricantes, videos donde se aprecian de mejor manera el funcionamiento y movimiento de la grúa torre fija y desplazable.

CAPITULO IV

ANÁLISIS DINÁMICO

4.1. MOVIMIENTOS DE LA GRÚA TORRE

Teniendo en cuenta cada parte de la estructura y toda la estructura, presenta los tipos de movimiento.

4.1.1 EN EL PLANO VERTICAL

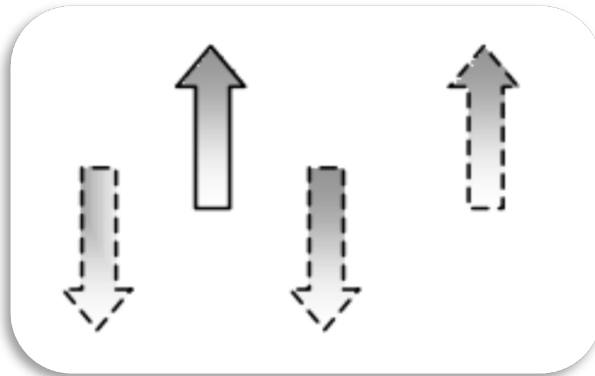


Figura 30: *Sentido que tiene el movimiento vertical*

4.1.2 EN EL PLANO HORIZONTAL

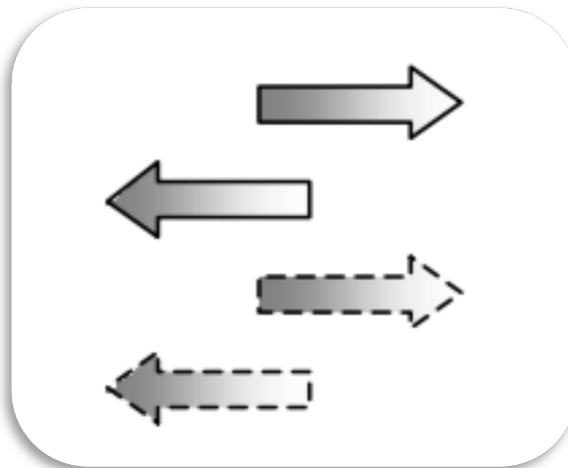


Figura 31: *Sentido que tiene el movimiento horizontal*

4.1.3 MOVIMIENTO GIRATORIO DE 360°

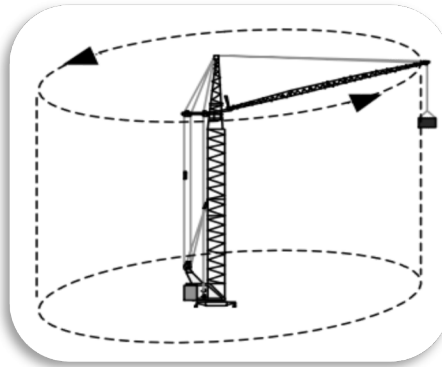


Figura 32: *Capacidad de giro de la pluma y contra pluma*

4.1.4 MOVIMIENTO GIRATORIO Y DE TRASLACIÓN DE LA BASE PARA GRUAS CON MOVIMIENTO

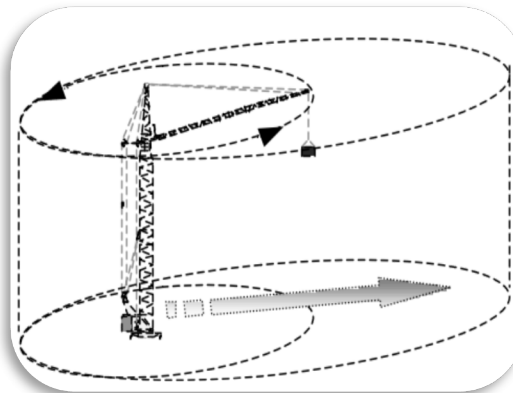


Figura 33: *Movimiento que presentan mediante traslación y giro*

4.1.5 FUNCIONAMIENTO CINEMATICA Y CINETICA DE LA GRÚA TORRE

Una Grúa Torre consiste básicamente en una torre que soporta en su parte superior una pluma horizontal giratoria sobre la cual hay un carro que se desplaza radialmente (ver figuras 16 y 1). Esto permite que el punto del que pende la carga pueda moverse hacia cualquier posición horizontal deseada dentro del alcance de la Grúa utilizando sus grados de libertad horizontal y radial siempre y cuando no haya movimiento pendular. La elevación y el descenso de la carga se consigue al variar la longitud del cable del mecanismo de elevación, este grado de libertad permite a la grúa iniciar y finalizar el proceso de transporte de materiales.

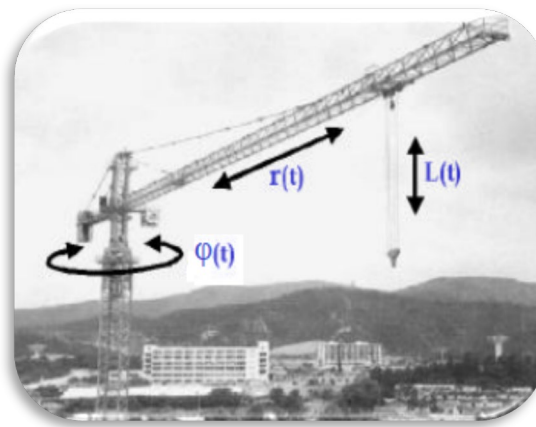


Figura 3417: Movimiento de una grúa torre

La Figura 14 detalla la estructura simplificada de una Grúa Torre, la cual consiste de:

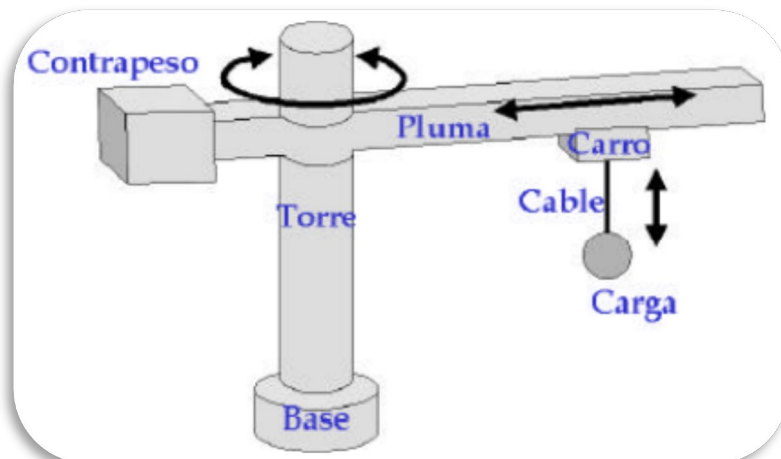


Figura 35: Estructura simplificada de una grúa torre

ENUCIADO

El movimiento del gancho de una grúa se puede describir empleando tres coordenadas: su altura z respecto al suelo, la distancia ρ del carro al mástil de la grúa, y el ángulo φ que gira la pluma alrededor del mástil. En un momento dado se conocen los valores de estas tres coordenadas (ρ, φ, z) , así como los de sus derivadas primeras $(\dot{\rho}, \dot{\varphi}, \dot{z})$ y segundas $(\ddot{\rho}, \ddot{\varphi}, \ddot{z})$ respecto al tiempo. Con esta información, determine la velocidad y aceleración del gancho respecto al suelo.

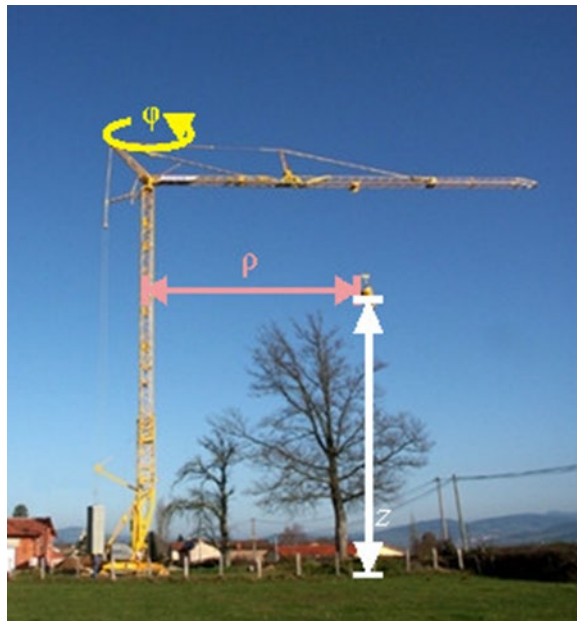


Figura 3618: Movimiento del gancho de una grúa

Este problema ilustra el uso de las llamadas coordenadas cilíndricas, así como de las coordenadas polares, que son una particularización de éstas para el caso bidimensional. Aunque obtendremos los resultados en el contexto del movimiento relativo de las diferentes partes de una grúa, las expresiones resultantes son aplicables en general.

Tenemos aquí cuatro sólidos:

El mástil “1”: Es la columna que soporta al resto de la estructura.

La pluma o flecha “2”: Es la estructura horizontal sujeta al mástil.

El carro “3”: Es la estructura que se desliza sobre la pluma.

El gancho “4”: Es el extremo del cable que pende del carro

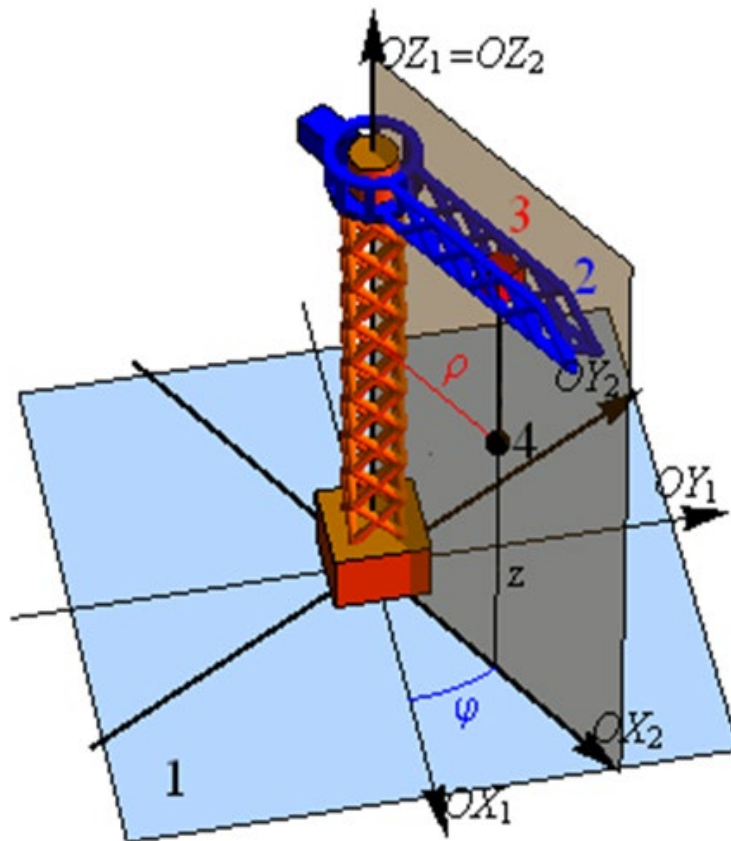


Figura 37: Figura para el análisis vectorial

Como sistema de ejes en el que expresar los diferentes vectores consideraremos uno ligado a la pluma (sólido “2”). Los elementos de este sistema son

Origen O: El punto donde el mástil se apoya en el suelo (plano $z = 0$).

Eje OZ2: El definido por el mástil.

Eje OX2: Uno paralelo a la pluma contenido en el plano $z = 0$ (y que por tanto gira como la pluma en torno al mástil).

Eje OY2: El ortogonal a los dos anteriores, con la orientación dada por la regla de la mano derecha.

El movimiento general del gancho se puede escribir, por tanto, como una composición de tres movimientos elementales:

Movimiento (21)

La pluma rota en torno al mástil.

Movimiento (32)

El carro se traslada horizontalmente sobre la pluma.

Movimiento (43)

El gancho se traslada verticalmente respecto al carro.

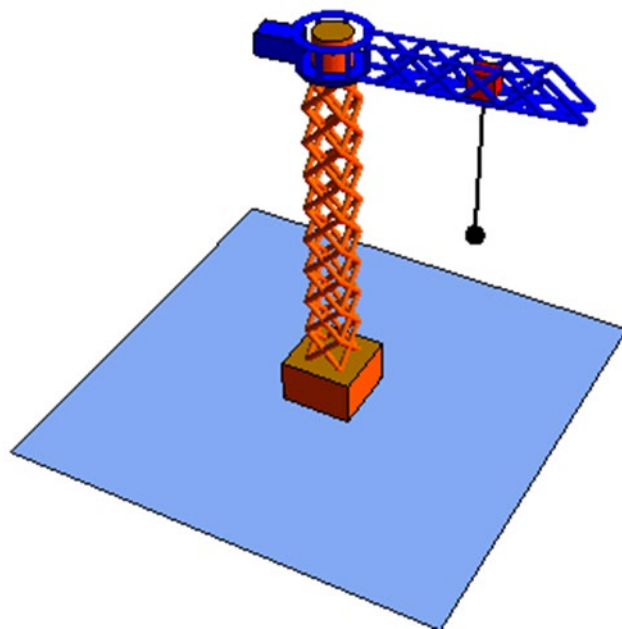


Figura 38: rotación 21

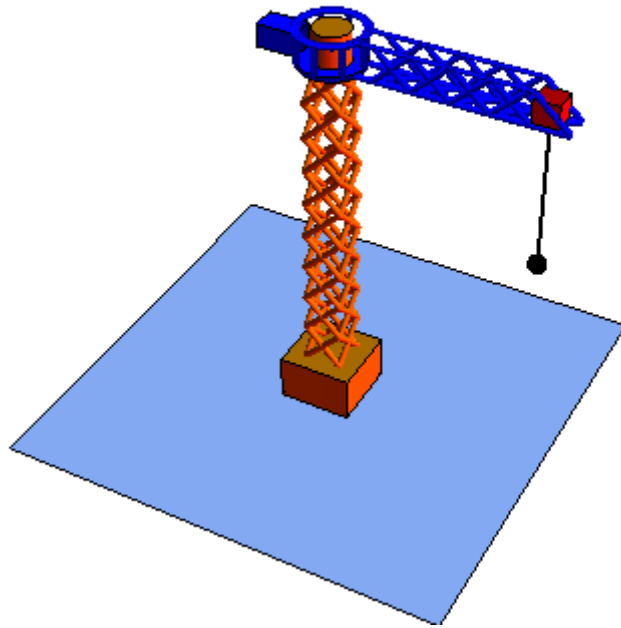


Figura 39: Traslación 32

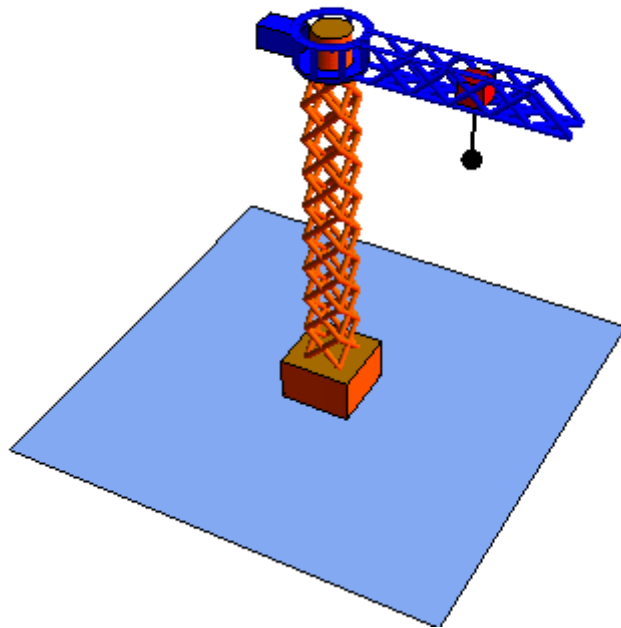


Figura 40: Traslación 43

Velocidad

Al tratarse de una composición de tres movimientos, la velocidad del gancho G respecto al suelo se escribirá como la suma

$$\{41\} = \{43\} + \{32\} + \{21\} \Rightarrow \vec{v}_{41}^G = \vec{v}_{43}^G + \vec{v}_{32}^G + \vec{v}_{21}^G$$

Sin embargo, a la hora de abordar un problema donde hay más de tres sólidos implicados, la mejor estrategia consiste no en componerlos todos a la vez, sino en irlos componiendo progresivamente, de forma que calculamos la velocidad en varias etapas. En este caso, podemos hallarla como

$$\{41\} = (\{43\} + \{32\}) + \{21\} = \{42\} + \{21\} \Rightarrow \begin{cases} \vec{v}_{41}^G = \vec{v}_{42}^G + \vec{v}_{21}^G \\ \vec{v}_{42}^G = \vec{v}_{43}^G + \vec{v}_{32}^G \end{cases}$$

También es conveniente tomar nota de los resultados intermedios, pues suelen ser necesarios más tarde.

Tenemos entonces que la velocidad de G respecto al suelo puede hallarse mediante la suma instantánea

$$\vec{v}_{41}^G = \vec{v}_{42}^G + \vec{v}_{21}^G$$

El movimiento $\{21\}$ es una rotación alrededor del eje OZ como eje permanente. La velocidad del punto G en este movimiento es

$$\vec{v}_{21}^G = \vec{\omega}_{21} \times \vec{OG}$$

La velocidad angular de este movimiento la da la derivada temporal del ángulo que gira la pluma

$$\vec{\omega}_{21} = \dot{\varphi} \vec{k}_2$$

Por su parte, la posición del gancho respecto al origen se encuentra contenida en el plano OX_2Z_2 , a una distancia ρ y a una altura z

$$\vec{OG} = \rho \vec{i}_2 + z \vec{k}_2$$

Resulta la velocidad

$$\vec{v}_{21}^G = (\dot{\varphi} \vec{k}_2) \times (\rho \vec{i}_2 + z \vec{k}_2) = \rho \dot{\varphi} \vec{j}_2$$

Alternativamente, podíamos haber hallado esta velocidad observando que en un movimiento de rotación la celeridad de cada punto es igual al producto de la velocidad angular por la distancia al eje instantáneo de rotación, y su dirección y sentido vienen dados por la regla de la mano derecha.

El movimiento {42} por su parte es la composición de los movimientos {43} y {32}. Estos dos movimientos elementales son traslaciones paralelas a los ejes, con velocidades

$$\vec{v}_{43}^G = \dot{z} \vec{k}_2 \quad \vec{v}_{32}^G = \dot{\rho} \vec{i}_2$$

La composición de ellos es otra traslación, siendo su velocidad la suma de las dos anteriores

$$\vec{v}_{42}^G = \vec{v}_{43}^G + \vec{v}_{32}^G = \dot{z} \vec{k}_2 + \dot{\rho} \vec{i}_2$$

Sumando esta expresión a la hallada anteriormente obtenemos la velocidad del gancho respecto al suelo.

$$\vec{v}_{41}^G = \vec{v}_{42}^G + \vec{v}_{21}^G = \dot{\rho} \vec{i}_2 + \rho \dot{\varphi} \vec{j}_2 + \dot{z} \vec{k}_2$$

Aceleración

La aceleración la calculamos de manera parecida. De la composición de {42} con {21} tenemos

$$\vec{a}_{41}^G = \vec{a}_{42}^G + \vec{a}_{21}^G + 2\vec{\omega}_{21} \times \vec{v}_{42}^G$$

La aceleración en el movimiento {21} es la correspondiente a una rotación alrededor del eje OZ.

$$\vec{a}_{21}^G = \overbrace{\vec{a}_{21}^O} = \vec{0} + \vec{\alpha}_{21} \times \overrightarrow{OG} + \vec{\omega}_{21} \times (\vec{\omega}_{21} \times \overrightarrow{OG})$$

La aceleración angular de este movimiento es

$$\vec{\alpha}_{21} = \ddot{\varphi} \vec{k}$$

lo que nos da la aceleración

$$\vec{a}_{21}^G = (\ddot{\varphi}\vec{k}_2) \times (\rho\vec{v}_2 + z\vec{k}_2) + (\dot{\varphi}\vec{k}_2) \times \left((\dot{\varphi}\vec{k}_2) \times (\rho\vec{v}_2 + z\vec{k}_2) \right) = -\rho\dot{\varphi}^2\vec{v}_2 + \rho\ddot{\varphi}\vec{j}_2$$

El término de Coriolis en la expresión de arriba implica el producto de dos cantidades que ya calculamos previamente

$$2\vec{\omega}_{21} \times \vec{v}_{42}^G = 2(\dot{\varphi}\vec{k}_2) \times (\dot{\rho}\vec{v}_2 + \dot{z}\vec{k}_2) = 2\dot{\rho}\dot{\varphi}\vec{j}_2$$

La aceleración en el movimiento {42} se obtiene según la fórmula de Coriolis correspondiente

$$\vec{a}_{42}^G = \vec{a}_{43}^G + \vec{a}_{32}^G + 2\vec{\omega}_{32} \times \vec{v}_{43}^G$$

Al tratarse el movimiento {32} de una traslación, su velocidad angular es nula, lo que elimina el término de Coriolis. Las dos aceleraciones lineales valen, respectivamente

$$\vec{a}_{43}^G = \ddot{z}\vec{k}_2 \quad \vec{a}_{32}^G = \ddot{\rho}\vec{v}_2$$

y resulta la aceleración relativa

$$\vec{a}_{42}^G = \ddot{\rho}\vec{v}_2 + \ddot{z}\vec{k}_2$$

Sumando todos los términos llegamos a la expresión para la aceleración del gancho respecto al suelo

$$\vec{a}_{41}^G = (\ddot{\rho}\vec{v}_2 + \ddot{z}\vec{k}_2) + (-\rho\dot{\varphi}^2\vec{v}_2 + \rho\ddot{\varphi}\vec{j}_2) + (2\dot{\rho}\dot{\varphi}\vec{j}_2) = (\ddot{\rho} - \rho\dot{\varphi}^2)\vec{v}_2 + (\rho\ddot{\varphi} + 2\dot{\rho}\dot{\varphi})\vec{j}_2 + \ddot{z}\vec{k}_2$$

Coordenadas cilíndricas y polares

Coordenadas cilíndricas

Las variables $\{\rho, \varphi, z\}$ que aparecen en este problema poseen una aplicabilidad mucho mayor que la simple descripción del movimiento de una grúa, ya que sirven para identificar cualquier punto del espacio, según las relaciones

$$\begin{cases} x = \rho \cos(\varphi) \\ y = \rho \operatorname{sen}(\varphi) \\ z = z \end{cases}$$

Lo que hemos obtenido entonces es la expresión de la velocidad y la aceleración de una partícula, cuando su posición se describe mediante coordenadas cilíndricas. Habitualmente, cuando se emplean en este contexto general, a los vectores de la base asociada al sólido 2 se les llama

$$\vec{i}_2 = \vec{u}_\rho \quad \vec{j}_2 = \vec{u}_\varphi \quad \vec{k}_2 = \vec{u}_z$$

por tratarse de los vectores unitarios en las direcciones y sentidos en que aumentan ρ , φ y z , respectivamente. Con esta notación, la posición de una partícula, su velocidad y su aceleración, se escriben empleando coordenadas cilíndricas como

$$\begin{cases} \vec{r} = \rho \vec{u}_\rho + z \vec{u}_z \\ \vec{v} = \dot{\rho} \vec{u}_\rho + \rho \dot{\varphi} \vec{u}_\varphi + \dot{z} \vec{u}_z \\ \vec{a} = (\ddot{\rho} - \rho \dot{\varphi}^2) \vec{u}_\rho + (\rho \ddot{\varphi} + 2\dot{\rho} \dot{\varphi}) \vec{u}_\varphi + \ddot{z} \vec{u}_z \end{cases}$$

Coordenadas polares

En el caso de que tengamos una partícula moviéndose por un plano, podemos aplicar los resultados anteriores, simplemente considerando que

$$z = 0 \quad \dot{z} = 0 \quad \ddot{z} = 0$$

En este caso las coordenadas cilíndricas se reducen a un sistema de dos coordenadas para el plano, denominadas coordenadas polares. Cumpliéndose las relaciones

$$\begin{cases} x = \rho \cos(\varphi) \\ y = \rho \operatorname{sen}(\varphi) \end{cases}$$

y siendo las ecuaciones para la posición, velocidad y aceleración de una partícula en el plano

$$\begin{cases} \vec{r} = \rho \vec{u}_\rho \\ \vec{v} = \dot{\rho} \vec{u}_\rho + \rho \dot{\varphi} \vec{u}_\varphi \\ \vec{a} = (\ddot{\rho} - \rho \dot{\varphi}^2) \vec{u}_\rho + (\rho \ddot{\varphi} + 2\dot{\rho} \dot{\varphi}) \vec{u}_\varphi \end{cases}$$

Cuando se usan como coordenadas polares, a la coordenada acimutal φ se la suele denotar como θ , con lo que queda

$$\begin{cases} x = \rho \cos(\theta) \\ y = \rho \operatorname{sen}(\theta) \\ \vec{r} = \rho \vec{u}_\rho \\ \vec{v} = \dot{\rho} \vec{u}_\rho + \rho \dot{\theta} \vec{u}_\theta \\ \vec{a} = (\ddot{\rho} - \rho \dot{\theta}^2) \vec{u}_\rho + (\rho \ddot{\theta} + 2\dot{\rho} \dot{\theta}) \vec{u}_\theta \end{cases}$$

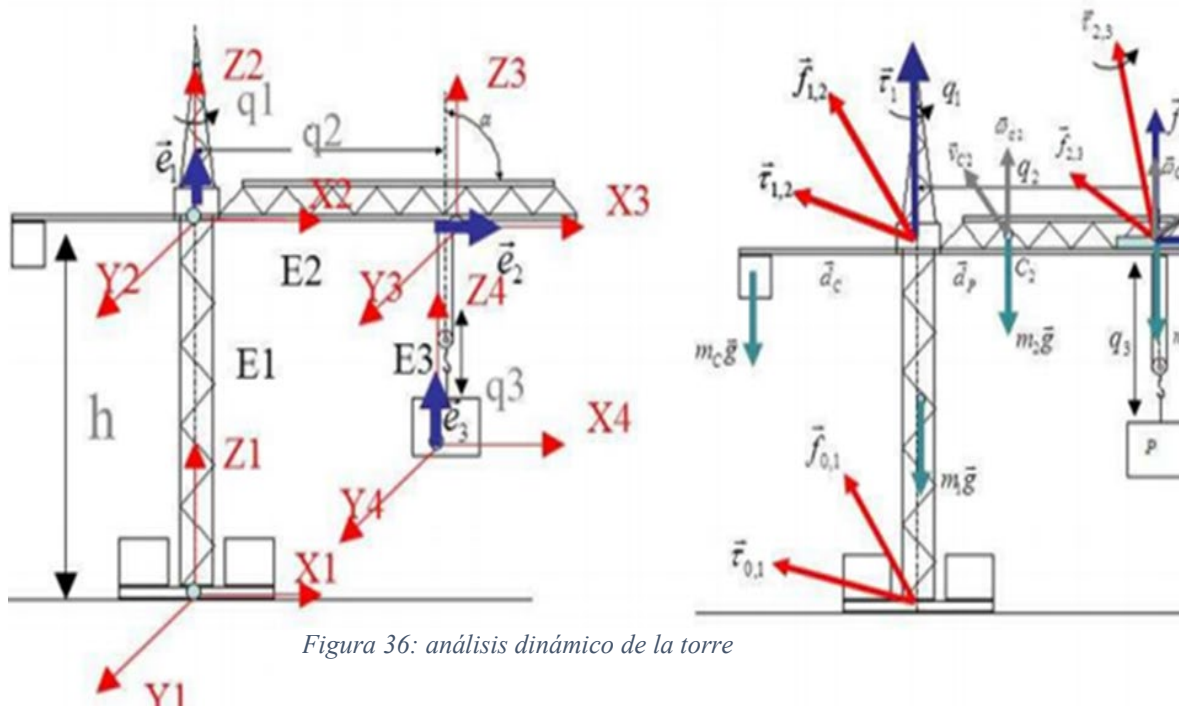


Figura 36: análisis dinámico de la torre

Para el análisis de la grúa torre, en primer lugar, debemos tener un conocimiento del comportamiento y limitaciones mecánicas de la grúa torre. Los movimientos que inicialmente se analizará la cinemática, directa e inversa de la estructura articulada, considerándola flexible y deformable por los esfuerzos y cargas aplicadas.

La cinemática y dinámica de la estructura articulada de una grúa torre para poder analizar se define las posiciones en el plano y coordenadas generalizadas de y las coordenadas generalizadas de la estructura articulada son sus grados de libertad, ellas determinan las distintas configuraciones de la grúa cuando actúa en su espacio de trabajo. Además, los motores deben actuar en cada articulación aplicando los valores de posicionamiento adecuados para cada configuración requerida, y lo deben de hacer a una velocidad y aceleración convenientes, de forma que la carga se desplace siguiendo una trayectoria de movimiento correcta que no suponga sobreesfuerzos para la grúa y sus elementos. En esta sección se procedió a evaluar de forma dinámico mediante la integración del análisis cinético y estático por medio del principio D'Alembert, el cual, permitirá determinar el efecto de las aceleraciones en el movimiento, las reacciones en los pares cinemático de cada elemento del mecanismo.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES

- 5.1.** Se describió los movimientos de la grúa torre, cumpliendo cada elemento en armonía y este a la vez provoca el movimiento cinético y cinemático.
- 5.2.** Se analizo y evaluó los mecanismos que nos llevó a entender los distintos tipos de movimiento y también la transformación de movimiento y energías que realiza la grúa torre para poder realizar su trabajo y poder desplazarse.
- 5.3.** En suma, la cinemática y dinámica de una grúa torre ha de servir para conocer los valores de las aceleraciones y velocidades que se mantienen dentro de lo que es adecuado para la buena conservación de la estructura y obteniendo la potencia a desarrollar por los motores, para una determinada carga y una determinada trayectoria.

CAPITULO VI

6. BIBLIOGRAFIA

BEDFORD, A., & FOWLER, W. T. (2008). *Mecanica para ingenieria*. Mexico: PEARSON EDUCATION.

Alex, C. j. (2021). Análisis del rendimiento de las bombas hidráulicas de máquinas autopropulsadas. *Ciencias técnicas y aplicadas*. Obtenido de <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2453/5083#>

Andrew pytel, Kiusalaas jaan. (2010). *Dinámica*. Cengage Learning. Obtenido de https://www.academia.edu/25176308/Ingenier%C3%ADa_Mec%C3%A1nica_Din%C3%A1mica_3ra_edici%C3%B3n_Andrew_Pytel_y_Jaan_Kiusalaas

BLAS. (2007). *Ficha técnica de la retroexcavadora*. Obtenido de <http://www.blasgon.es/descargas/ficha%20JBC%204CX%20C.pdf>

Cranes and Machinery. (2021). *Sistemas hidráulicos de una retroexcavadora*. Recuperado de <https://www.gruasyaparejos.com/retroexcavadoras/sistema-hidraulico-de-una-retroexcavadora/>

IPESA. (2020). *Guia de la Retroexcavadora*. Recuperado de <https://www.ipesa.com.pe/blog/retroexcavadora-guia-basica/>

Marín, F. T. (2008). *Engranaje ciclidadl*. Recuperado de http://www.mecapedia.uji.es/engranaje_epicicloidial.htm

Menacho, V. m. (2020). *Mecánica para ingeniería y sus Aplicaciones-Dinámica*. Lima. Recuperado de <https://t4nfuzrllmjowzphzl3zfg-on.driv.tw/web/Curso/www/docs/contenido.html>