



# INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

REPORTE DE RESIDENCIA

**INGENIERIA MECANICA**

**DISEÑO MECATRONICO DE UN SISTEMA  
TRANSPORTADOR CON SUJECION AUTOMATICA PARA  
NAVE INDUSTRIAL PARA LA MOVILIZACION DE  
PRODUCTOS PLASTICOS ROTOMOLDEADOS.**

ASESOR:  
**DR. ROBERTO CARLOS GARCIA**

ALUMNO:  
**DARYNEL ROSALES VAZQUEZ**

TUXTLA GUTIERREZ CHIAPAS.

# INDICE

<b>CAPITULO I</b> .....	3
<b>1.1 INTRODUCCION:</b> .....	3
<b>CAPITULO II</b> .....	5
<b>2.1 JUSTIFICACION:</b> .....	5
<b>2.1.1 OBJETIVO GENERAL:</b> .....	6
<b>2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b> .....	6
<b>CAPITULO III</b> .....	6
<b>3.1 CARACTERIZACION DEL AREA DE TRABAJO:</b> .....	6
<b>3.2 PROBLEMAS A RESOLVER CON SU RESPECTIVA PRIORIZACION:</b> .....	8
<b>3.3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:</b> .....	9
<b>3.4 ALCANCE:</b> .....	11
<b>3.5 LIMITACIONES:</b> .....	11
<b>CAPITULO IV</b> .....	11
<b>4.1 ESTUDIO DEL CAMPO DEL ARTE:</b> .....	11
<b>4.1.1 EQUIPOS QUE YA EXISTEN EN LA ACTUALIDAD:</b> .....	12
<b>4.2 MONTAJE DE PUENTE GRUA:</b> .....	14
<b>4.2.1 PARTE ESTRUCTURAL:</b> .....	14
<b>4.2.2 PROCEDIMIENTO SUGERIDO PARA EL DISEÑO DEL PUENTE GRÚA:</b> .....	15
<b>CAPITULO V</b> .....	19
<b>5.1 MARCO TEÓRICO</b> .....	19
<b>5.1.1 HISTORIA DEL PUENTE GRUA:</b> .....	19
<b>5.1.2 RESURGIMIENTO DE LA GRUA:</b> .....	19
<b>5.1.3 GRUAS EN LA ANTIGUA GRECIA:</b> .....	20
<b>5.1.4 GRUAS DE LA ANTIGUA ROMA:</b> .....	21
<b>5.1.5 GRUAS MEDIEVALES:</b> .....	22
<b>CAPITULO VI</b> .....	23
<b>6.1 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS:</b> .....	23
<b>6.1.1 ELABORACIÓN DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DEL PROYECTO:</b> .....	23
<b>6.2 CÁLCULOS TEÓRICOS DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS PROPUESTOS</b> 27	
<b>6.2.1 ELABORACION DE INGENIERIA BASICA DEL SISTEMA</b> <b>TRANSPORTADOR:</b> .....	27
<b>6.2.2 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA:</b> .....	40

<b>6.3 SIMULACIÓN POR SOFTWARE DE LOS ELEMENTOS SIGNIFICATIVOS:</b>	45
<b>6.3.1 DISEÑO MECANICO:</b>	45
<b>6.3.2 ANALISIS ESTATICO DE VIGA PRINCIPAL:</b>	46
<b>6.3.3 MALLADO DE LA VIGA:</b>	50
<b>6.3.4 RESULTADO DEL ESTUDIO EN SOLIDWORKS:</b>	51
<b>CAPITULO VII:</b>	56
<b>7.1 DISEÑO FINAL (PLANOS, GRAFICAS, PROTOTIPOS Y PROGRAMAS):</b>	56
<b>7.1.1 DIAGRAMAS DE CORTANTES Y MOMENTOS FLEXIONANTES:</b>	56
<b>7.1.2 IMÁGENES DE PROTOTIPOS DE HERRAMIENTAS NECESARIAS EN SOLIDWORKS:</b>	61
<b>7.2 ELABORACION CONCEPTUAL DE DISEÑO DEL SISTEMA CONTROL:</b>	65
<b>CAPITULO VIII</b>	69
<b>8.1 CONCLUSIONES:</b>	69
<b>8.1.1 CONCLUSIONES PERSONALES:</b>	70
<b>8.2 FUENTES DE INFORMACION:</b>	70
<b>8.3 ANEXOS:</b>	71

## CAPITULO I

### 1.1 INTRODUCCION:

A lo largo de este reporte se pretende introducir a los lectores a los motivos que han originado este proyecto, al igual una descripción del proyecto realizado. Se describe el estado de ciencia y una breve descripción de los principales elementos de la estructura que conforman dicho proyecto. En el presente proyecto que lleva por título “Diseño mecatronico de sistema transportador en nave industrial para movilización de productos rotomoldeados”.

Se desarrolla la Ingeniería básica para el cálculo y el diseño de una grúa viajera monopuente de 1 tonelada inglesa de capacidad, mediante diagramas de cuerpo libre, ecuaciones de equilibrio y cálculos de esfuerzo y deformación, se irán definiendo las geometrías y dimensiones de los componentes del monopuente, cabezales, través carril, ejes, etc. Este procedimiento se llevara acabo de acuerdo a las normas y factores de seguridad que son indicados por los manuales de diseño, y que restringen los esfuerzos admisibles y la deformación admisible. Cada uno de los elementos diseñados sufrirá las revisiones pertinentes para asegurar que estos no fallen.

Actualmente en México la expansión de la productividad de cualquier tipo juega un papel muy importante dentro de la economía de nuestro país, factores como la necesidad de emplear a la gente con necesidad de este, así como principalmente por la obligación de mantener la competencia y el rango con las demás industrias tanto nacionales como internacionales.

Por esta causa las empresas, principalmente de la rama metalúrgica y metalmecánica, se ven obligadas a invertir en maquinarias y equipo que les permita reducir costos tanto monetarios como en desarrollo y así lograr ser más eficientes y productivos en ramos de la industria en general.

A continuación se presenta un pequeño resumen del proceso de rotomoldeo que es la actividad principal de la empresa donde se realizó el proyecto.

El moldeo rotacional o rotomoldeo como comúnmente se le conoce, es un proceso de elaboración de productos plásticos, en el cual se introduce el polímero en estado

líquido o polvo dentro de un molde, y este al girar entre dos ejes perpendiculares entre si se adhiere a la superficie del molde, creando así piezas huecas.

Este proceso se compone por ciertas etapas:

- Se deposita el polímero, ya sea pulverizado o en estado líquido, dentro del molde. Una vez hecho esto, se cierra el molde asegurando su estanqueidad, aunque éste deberá haber sido construido de forma que al final del proceso sea posible abrirlo y recuperar la pieza elaborada. La cantidad de polímero necesaria ha de ser previamente calculada según las dimensiones requeridas para la pieza a fabricar.
- El molde ya cerrado es introducido en un horno a temperaturas entre 250-450° C (fundiendo o sinterizando el material), donde comienza a girar lentamente alrededor de dos ejes perpendiculares que pasan por el centro de gravedad de la pieza. El movimiento rotacional es el causante de que el polímero se adapte a las paredes internas del molde, cubriendo toda la superficie con una pared relativamente uniforme, quedando así la pieza hueca.
- Posteriormente se enfría el molde y se extrae la pieza ya solidificada.

En el punto tres se menciona la extracción de la pieza solidificada, ahí surge la necesidad del proyecto, ya que se busca facilitar dicho proceso, al igual que la colocación de los moldes requeridos.

Para el proceso de moldeo rotacional, hoy en día se utilizan máquinas de rotomoldeo de tamaños muy variados. Podemos encontrar desde máquinas de laboratorio para piezas de muy pequeñas dimensiones incluso hasta máquinas que tienen un diámetro esférico de hasta 5 000 mm. Para el proceso de rotomoldeo es necesaria una máquina de rotomoldeo biaxial (ejes perpendiculares) en la que girará el molde de la pieza requerida, y con la elaboración de este proyecto que se busca generar un sistema auxiliar para mejorar y facilitar el proceso antes mencionado.

Hoy en día, la industria del rotomoldeo se encuentra en una emocionante etapa de su desarrollo. En los últimos años ha sido testigo de importantes avances técnicos,

y nuevos tipos de máquinas, moldes y materiales disponibles. La industria ha atraído la atención de muchos de los principales proveedores y esto se ha traducido en una inversión significativa. Importantes nuevos sectores del mercado se abren a medida que el rotomoldeo es capaz de ofrecer piezas de alta calidad a precios competitivos. Más que nunca las universidades se están interesando en el proceso, y foros técnicos de todo el mundo una oportunidad para moldeo rotacional para ocupar su lugar junto a los otros métodos de fabricación más importantes para los plásticos.

## **CAPITULO II**

### **2.1 JUSTIFICACION:**

En la actualidad la tecnología ha mostrado una cantidad de avance en el mundo y la automatización se ha apoderado de la industria, ya que implementando esto puede ser un poco más eficiente en la calidad y en el tiempo.

Se busca implementar un sistema de sujeción a la máquina de rotomoldeo para retirar y transportar los productos realizados, también para utilizarlo para algunas otras aplicaciones, se pretende utilizar el funcionamiento de un puente grúa, este sistema es el más utilizado en la industria para este tipo de trabajo, el de cargar objetos y desplazarlos a lo largo de naves industriales.

Para lograr dicha tarea se aplicaran herramientas de ingeniería, la innovación e implementación de herramientas ya existentes, jugaran un papel muy importante en este proceso.

Este sistema de transportación de moldes de rotomoldeo y productos terminados tiene como objetivo hacer autónomo dicho proceso, el sistema de transportación tendrá tres movimientos en un eje coordinado x, y, z. Cuyo diseño será apoyado por distintas herramientas como: un carro de translación que generara uno de los movimientos transversales, una viga principal que genera el otro movimiento transversal y por ultimo de un polipasto que nos dará el movimiento de izaje, este pequeño puente grúa tendrá un área de trabajo específica.

Como pudimos ver anteriormente en la introducción, el último paso del proceso de rotomoldeo es la extracción del material ya solidado es una de las partes más fáciles

de este proceso, solo sería esperar que se enfríe el producto ya que es un poco tardado, de no hacerlo el producto se puede dañar.

Después de que se haya realizado todo el proceso y haya pasado el tiempo de enfriado se activara automáticamente para retirarlo del molde, con trayectorias ya conocidas pero también se podrá operar manualmente.

#### **2.1.1 OBJETIVO GENERAL:**

Como objetivo general tenemos, elaborar el diseño integrador de un sistema transportador que nos permita movilizar productos plásticos rotomoldeados en tres ejes coordinados en determinada área de trabajo. Se busca también que esta herramienta facilite el montaje y desmontaje de los moldes de la maquina con la finalidad de hacer más rápido el proceso. Todo esto a través de un sistema electromecánico.

#### **2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Hacer el diseño conceptual del sistema así como definir los componentes y demás equipos que sean necesarios para su funcionamiento.
- Diseñar a detalle la estructura mecánica del sistema contemplando el espacio y montaje, así como la ubicación de los equipos necesarios que componen a dicho sistema para que este funcione.
- Seleccionar los elementos y herramientas necesarias, para realizar el montaje.
- Seleccionar los elementos de control necesarios.

### **CAPITULO III**

#### **3.1 CARACTERIZACION DEL AREA DE TRABAJO:**

Este proyecto se encuentra ubicado la nave industrial de la empresa “Rotoinnovacion”, ubicada en la ciudad de Berriozábal Chiapas. El funcionamiento de dicha empresa es la fabricación de productos de plástico por medio del rotomoldeo, es una compañía con base tecnológica, dedicada a la innovación del proceso de rotomoldeo.



**Figura 1. Ubicación geográfica de la nave industrial.**

Su ubicación exacta en esta ciudad es 9a Oriente-sur 973, Entre 2a Sur y 3a Sur, Barrio Linda vista, Berriozábal Chiapas, C.P. 2913.

Rotoinnovación S. A. de C. V. es una compañía de base tecnológica que se dedica a la Innovación, está apasionada a proporcionar una calidad superior y constante, y comprometida para asegurar discreción y confidencialidad total, y que nuestra actividad sea competitiva internacionalmente.

#### SU MISIÓN:

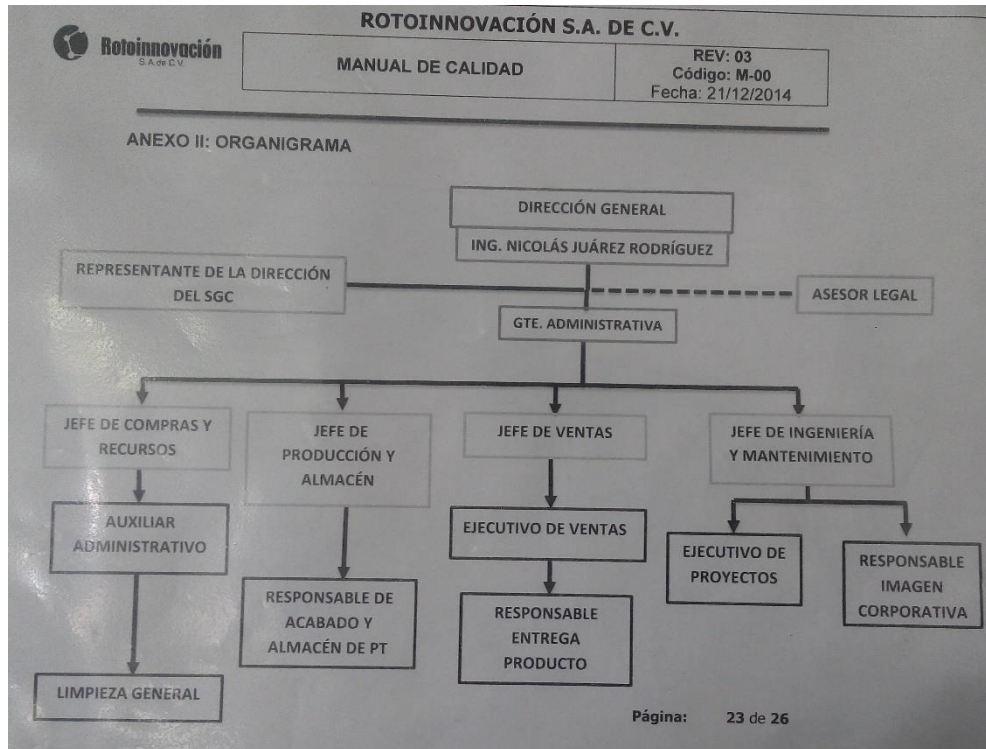
Ofrecer las mayores ventajas en el diseño y fabricación de productos, con el respaldo de la tecnología más avanzada, las mejores soluciones, y el cumplimiento total con el cliente superando sus expectativas con oportunidad y eficiencia, así como ganar su confianza por nuestra calidad, consistencia y una atención personalizada.

#### SU VISIÓN:

Ser la mejor opción para nuestros clientes en la investigación científica y desarrollo de productos rotomoldeados, caracterizarnos por nuestra calidad, por utilizar tecnología ecológica y distinguirnos por nuestra innovación permanente.

En esta empresa, se trabajó en el diseño de una nueva herramienta haciendo una aportación del área de ingeniería al departamento de producción. Ya que de tiempos atrás se ve que el retirar el producto terminado del molde se pueden presentar algunas complicaciones, con esta acción se puede retrasar la producción, lo que se busca con este proyecto es volver eficiente el proceso de elaboración de tinacos.





**Figura 2. Organigrama de la empresa.**

En la figura anterior (Figura 1.) se pueden observar las diversas áreas que constituyen a rotoinnovación, en el área de ingeniería y mantenimiento es donde se realizó este proyecto, pero el beneficio será notablemente para el área de producción

### **3.2 PROBLEMAS A RESOLVER CON SU RESPECTIVA PRIORIZACION:**

Uno de los problemas que se presentan en el departamento de producción, es el retirar el producto terminado del molde, ya que se realiza de forma manual y llega a ser incomodo de igual manera a veces se tiene que cambiar los moldes y por lo pesado que pueden ser, logran atrasar la producción, por esta razones es de mucha ayuda un sistema que nos facilite dicha tarea.

Se visualiza una estructura de  $45m^2$  de área de trabajo a una altura de 5 m que es lo que mide de altura la nave, esta será la libertad de movimiento que tendrá este sistema para poder desplazarse, es un sistema auxiliar de una máquina de rotomoldeo. Dicha estructura ira sobre el suelo contara con dos vigas riel y una viga principal que va sobre las dos vigas rieles como se muestra en la figura siguiente:

Esta máquina constara de una estructura de acero que tendrá 6 soportes o postes de PTR de acero ASTM -36 que soportara una estructura rectangular de 9x5 m, los lados de 5 metros son igual de PTR y los de 9 metros son vigas en I que servirán como vigas riel para que la viga principal se pueda desplazar de izquierda a derecha, la viga principal es la que va en medio de igual manera es una viga en I la cual soporta un carro de traslación el cual a su vez sostiene un polipasto. Con esta descripción hacemos referencia que el proyecto es adaptar un puente grúa a la máquina de rotomoldeo.

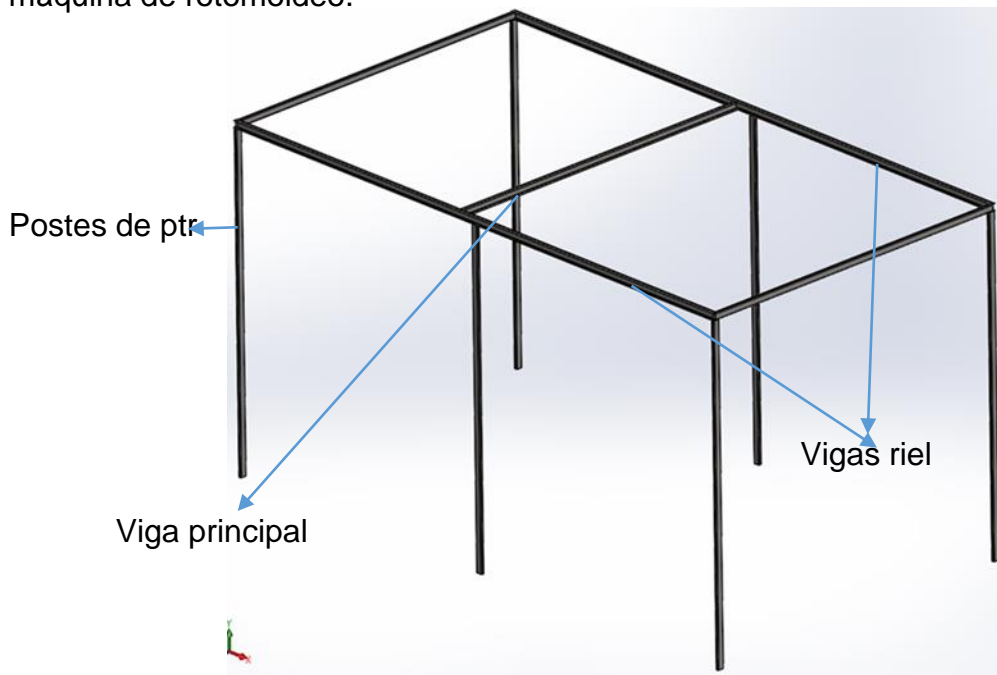


Figura 3. Descripción grafica de estructura.

### 3.3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:

Actividad	Semana															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.- Elaboración de la ingeniería conceptual del proyecto	X	X														
2.- Elaboración de ingeniería básica del		X	X	X	X											

sistema transportador																
3.- Elaboración de ingeniería de detalle del sistema				X	X	X	X	X	X	X	X	X				
4.- Simulación de validación del proceso												X	X	X		
5.- Elaboración de presentación y reporte final del proyecto															X	X

**Tabla 1. Cronograma de actividades**

A continuación una explicación detallada de las actividades a seguir.

1. Revisión del estado del arte de máquinas relacionadas al sistema de movilización en ejes coordenados en la industria, elaboración de bosquejos, investigar datos de entrada y generar especificaciones del sistema según las necesidades de la empresa.

2. Análisis de cada uno de los sistemas involucrados para la elaboración de cálculos o simulaciones que validen el diseño mecánico, eléctrico-electrónico y de control de la máquina.

3. Elaboración de dibujos y diagramas mecánicos, eléctricos, electrónicos y de control con ayuda de software de diseño (SolidWorks, Autodesk Inventor, AutoCAD, Proteus, etc.). Generación de lista de partes comerciales y lista maestra de resultados de diseño.

4. Realizar una simulación (animación) en un software de diseño CAD para la validación del diseño del proceso.

5. Elaboración de una presentación (Power Point) de los puntos más importantes del proyecto y la elaboración del reporte final.

### **3.4 ALCANCE:**

Se desarrollara un sistema capaz de permitir la remoción del producto terminado del molde de la máquina, utilizando un sistema electro-mecánico, este proceso será lo suficientemente eficiente para poder obtener el resultado deseado, incluso podrá ser utilizado para otras actividades ya que tendrá la capacidad de levantar objetos pesados ya que soporta por mucho el peso del tinaco y el molde juntos, esto con la finalidad de usarlo en otras actividades requeridas.

### **3.5 LIMITACIONES:**

Todo proyecto está sujeto a limitantes u obstáculos que se dan más que todo a la hora de tener físico el proyecto, se mencionó que se piensa utilizar en otras actividades y como dicho proyecto está pensado como un sistema auxiliar de una máquina de rotomoldeo el área de trabajo es limitada a 45 m<sup>2</sup>, por lo tanto la movilidad de la estructura será difícil y se reducirá las actividades que se pueden realizar.

## **CAPITULO IV**

### **4.1 ESTUDIO DEL CAMPO DEL ARTE:**

Para dicho proyecto hay un término fundamental en el que está basado para su funcionamiento, y es el de “puente grúa”.

Un puente grúa es un tipo de grúa que se utiliza en fábricas e industrias, para izar y desplazar cargas pesadas, permitiendo que se puedan movilizar piezas de gran porte en forma horizontal y vertical. Un puente-grúa se compone de un par de rieles paralelos ubicados a gran altura sobre los laterales del edificio con un puente metálico (viga) desplazable que cubre el espacio entre ellas. El guinche, el dispositivo de izaje de la grúa, se desplaza junto con el puente sobre el cual se encuentra; el guinche a su vez se encuentra alojado sobre otro riel que le permite moverse para ubicarse en posiciones entre los dos rieles principales.

Si el puente se encuentra rígidamente sostenido por dos o más patas que se desplazan sobre rieles fijados a nivel del piso, entonces se lo denomina grúa pórtico.

Las principales aplicaciones de los puente grúa es la utilización, por lo general en fábricas o galpones industriales estando limitados a operar dentro del galpón o nave industrial donde se encuentran instalados.

El uso de este tipo de grúa se aplica en la industria del acero, para mover productos terminados, tal como, bobinas, caños y vigas, tanto para su almacenamiento, como para la carga a los transportes convenientes. En la industria subsidiaria del cemento, para facilitar la fabricación de caños, postes, vigas, entre otros productos de gran peso y volumen.

En la industria del automóvil y de maquinarias pesadas, se utilizan puentes grúa para el manejo de materias primas y en otros casos para el ensamblado de grandes piezas, en máquinas viales (Pala cargadora, topadora, Motoniveladora, camiones).

La mayoría de fábricas de papel utilizan las grúas de puente para el mantenimiento regular que requiere la eliminación de los rodillos y otros equipos pesados.

#### **4.1.1 EQUIPOS QUE YA EXISTEN EN LA ACTUALIDAD.**

Las grúas modernas de hoy en día utilizan generalmente motores de combustión interna o motores eléctricos e hidráulicos para proporcionar fuerzas mucho mayores debido a sus grandes prestaciones de par. En la actualidad existen diversos tipos de grúas con características muy dispares, estando cada una adaptada a un propósito específico. Existe una gran variedad de grúas, diseñadas conforme a la acción que vayan a desarrollar. Generalmente la primera clasificación que se hace se refiere a grúas móviles y fijas:

##### **1. Móviles:**

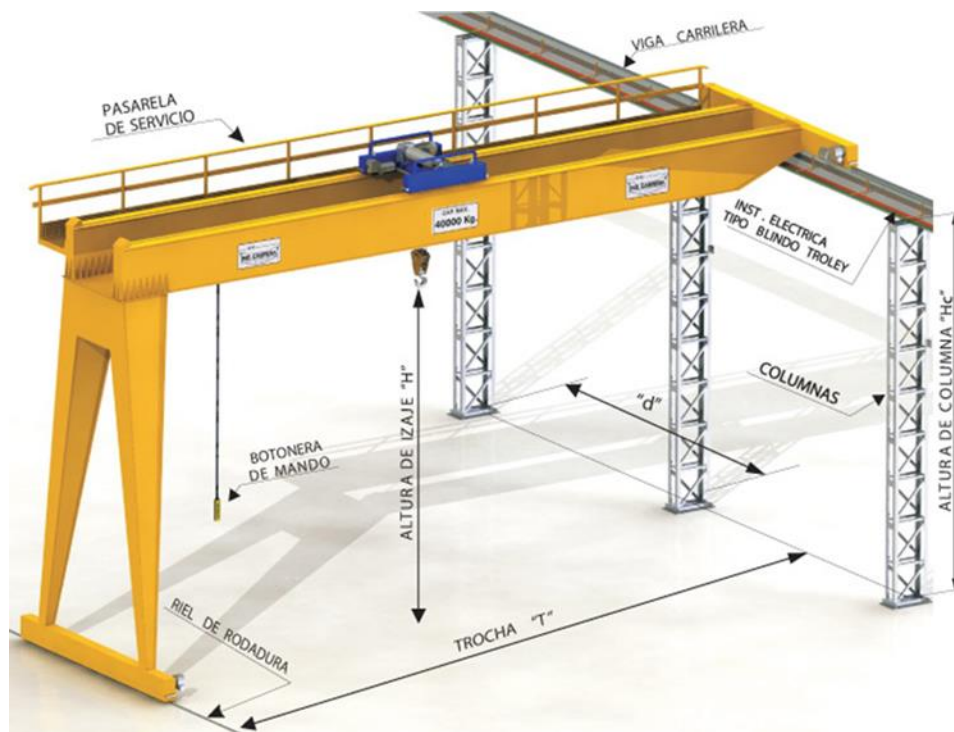
Pueden ser de los siguientes tipos:

- Sobre cadenas u orugas.
- Sobre ruedas o camión.
- Autogrúas: de gran tamaño y situadas convenientemente sobre vehículos especiales.
- Camión grúa.

## 2. Fijas:

Cambian la movilidad que da la grúa móvil con la capacidad para soportar mayores cargas y conseguir mayores alturas incrementando la estabilidad. Este tipo se caracteriza por quedar ancladas en el suelo (o al menos su estructura principal) durante el periodo de uso. A pesar de esto algunas pueden ser ensambladas y desensambladas en el lugar de trabajo.

- Grúas puente o grúas pórtico, empleadas en la construcción naval y en los pabellones industriales.
- Grúa Derrick
- Plumines, habitualmente situados en la zona de carga de los camiones.
- Grúa horquilla, carretilla elevadora o montacargas.



**Figura 4. Puente grúa en la actualidad.**

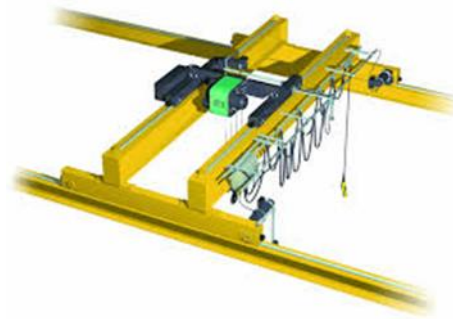
## 4.2 MONTAJE DE PUENTE GRUA:

Si hablamos del montaje del puente-grúa, éste dividirse en dos grupos:

- Por un lado, tenemos al montaje de las vías, con todos sus soportes y sus cimentaciones.
- Por el otro, nos encontramos con el montaje de la propia máquina que se va a operar.

### 4.2.1 PARTE ESTRUCTURAL:

Puente: Es la parte estructural de la grúa formada por traveses de acero, generalmente se utilizan para su construcción placas de acero estructural A-36, el puente es de los elementos más grandes en dimensiones y normalmente de los más pesados en una grúa.



**Figura 5. Visualización del puente.**

El puente se desplaza por medio de rieles a lo largo de la nave en sentido perpendicular a las traveses de carga donde se monta la grúa, este movimiento se completa con el movimiento del carro.

Carro: El término más amplio para llamar al carro y a sus componentes que lo conforma, en una grúa, es el bastidor del carro y es la estructura metálica, que soporta y alojan los componentes que forman el sistema de elevación para grúas equipadas con malacate abierto o bien para soportar el polipasto para las grúas equipadas con este tipo de componente.

El bastidor del carro se puede construir como una unidad o bien en secciones dependiendo básicamente de su peso y dimensiones. Su forma, dimensiones y peso

son variables, ya que se diseñan y construyen acorde a las necesidades de cada grúa, las cuales varían según su capacidad y tipo de servicio.



**Figura 6. Bastidor con polipasto eléctrico de cable.**

Cabezales: Son estructuras metálicas cuya función es soportar y mantener unidas las través del puente de la grúa, además de alojar las ruedas motrices y conducidas del puente. La construcción de los cabezales puede ser formado por una sola unidad para soportar el número de través que posea el puente o bien pequeñas e independientes, para cada trave del puente.



**Figura 7. Cabezal del puente grúa.**

#### **4.2.2 PROCEDIMIENTO SUGERIDO PARA EL DISEÑO DEL PUENTE GRÚA:**

Se sugieren unos sencillos pasos para procedimiento del diseño:

- a) Determinación de los parámetros funcionales.
- b) Selección del tipo de estructura.
- c) Determinación de las cargas que actúan sobre ella



- d) Determinación de los momentos y fuerzas internas en los componentes estructurales.
- e) Sección del material y dimensiones de los miembros y conexiones para lograr seguridad y economía.
- f) Revisión del comportamiento de la estructura en servicio.
- g) Revisión final.
- h) Establecimiento del protocolo de pruebas.

Tomando en cuenta las necesidades de la empresa de poder trasladar cargas dentro de la misma, tener mayor aprovechamiento de la superficie, al no ocupar la zona de trabajo con columnas o patas, mayor aprovechamiento en altura, capacidad para el movimiento la carga, gran capacidad de movilidad de regulación de velocidades, posibilidad de instalar varias grúas en el mismo recinto para realizar trabajos simultáneos o de forma combinada se llegó a la conclusión que un puente grúa es la más adecuada para poder solucionar nuestro problema. La adquisición de un equipo de elevación representa para cualquier compañía, una inversión considerable y por lo tanto debe seleccionarse de manera que sea lo más adecuada posible al problema específico por resolver, ya que si se selecciona un equipo de mayor capacidad al requerido puede resultar la posible solución a nuestro problema pero muy costoso y convertirse en una inversión difícil de atomizar, por contrario si por economizar se selecciona un equipo de capacidad limitada esta determinación no está debidamente soportada, se podría convertir este equipo en un cuello de botella para los procesos de producción, con los mismos resultados negativos antes dichos.

- Posibilidad de ejecutar el trabajo.- Se refiere a la posibilidad de cumplir al 100% con el movimiento de la materia prima y producto terminado sin requerir equipo adicional (solo necesitando accesorios) en base a las especificaciones y características de cada equipo y cumpliendo con normas de seguridad.
- Desplazamiento por el área.- Se refiere a la posibilidad de mover libremente los materiales por toda el área de trabajo, sin alterar o modificar el área

existente, sin requerir equipo adicional al elegido y sin atrasar el proceso de fabricación.

- Izaje requerido.- Se refiere a la posibilidad de bajar o levantar la carga lo suficiente como para descargar la materia prima desde el camión donde se recibe hasta piso o estorba, poder levantar y librar cercas de alambre, maquinaria u otro equipo anclado al piso. Poder auxiliar en el proceso levantando la carga y posicionada para corte, ensamble, acabado o embalaje final, poder estorbar producto terminado, poder levantar producto terminado para cargar en camión de transporte.
- Velocidad requerida.- Se refiere al traslado de la carga de un punto a otro sin interrupción y considerando como variable la velocidad de diseño del equipo.
- Área de trabajo libre.- Se refiere al porcentaje de utilización del equipo de área disponible para producción o pasillos en forma permanente y/o carga en Movimiento.
- Confiabilidad.- Nos indica el porcentaje de aceptación que tiene el equipo para operar al 100% con carga máxima, media, baja o sin carga. La posibilidad de manejar el 100% de los materiales así como la factibilidad de moer los materiales con prontitud y apegándose a las condiciones de diseño sin requerir maniobras, condiciones o equipo adicional o espacial.
- Baja contaminación.- La fábrica se encuentra en medio de una zona urbana, en donde es importante que los niveles de contaminación tanto por productos tóxicos emitidos al medio ambiente como ruido generado sean lo más bajo posible.
- Control remoto.- Es la posibilidad que el equipo sea operado en forma semiautomática o automática y a distancia ya que como se manejan materiales de grandes dimensiones y pesos estos pueden resultar en sus maniobras de peligro al operar y a otros trabajadores.
- Obstrucción en piso.- Esto se refiere a la posibilidad de obstruir en cualquier momento o de manera permanente en forma parcial o total una o varias secciones del área productiva o del paso peatonal con el equipo.

- Seguridad.- Es el grado de seguridad que tiene el personal en la operación del equipo así como del que de una forma está vinculado con la misma y de la seguridad de la mercancía. Es necesario mencionar que para el manejo de los materiales especificados, por sus grandes dimensiones y pesos los operarios del equipo requieren capacitación y el 100% de la atención y concentración de éste.
- Costo.- El mejor costo significa el del equipo que cumpliendo con la selección tenga el menor precio de venta así como el menor gasto de operación y mantenimiento y la disponibilidad necesaria en refacciones y personal especializado para mantenimiento.
- Entrenamiento especializado.- Esto significa la inversión en tiempo y en capacitación que hay que emplear en el personal para poder operar con confiabilidad y seguridad el equipo que nos auxiliara en el manejo de los materiales.
- Capacidad adecuada.- Significa que el equipo a evaluar cumpla al 100% con la capacidad, velocidad, izaje, máximo grado de movimiento y con las demás especificaciones técnicas requeridas.
- Movimiento en las tres direcciones.- Ubicada la carga en un lugar en el espacio, la factibilidad de moverla en las 3 direcciones posibles.
- Mayor área de desplazamiento.- Significa la posibilidad de desplazar en el 100% del área disponible al proceso y al servicio.
- Se requiere piso terminado.- Se refiere a la habilidad que tiene el equipo de operar sobre el piso de la planta y de hacerlo con seguridad y en apego a sus condiciones de diseño así como el requerimiento mínimo de la calidad y tipo de este.
- Mayor cobertura de trabajo.- Este caso implica la posibilidad de moverse y acceder con o sin carga en forma tridimensional a cualquier punto del área de producción o servicio.
- Uso intemperie.- Se refiere a la posibilidad de trabajo del equipo en condiciones de intemperie o sea sin techo que lo cubra de las condiciones atmosféricas.

## CAPITULO V

### 5.1 MARCO TEÓRICO.

#### 5.1.1 HISTORIA DEL PUENTE GRUA:

La grúa es la "evolución" del puntal de carga que, desde la antigüedad, se ha venido utilizando para realizar diversas tareas. Aunque sus fundamentos fueron propuestos por Blaise Pascal en pleno Barroco, fue patentada por Luz Nadina. Existen documentos antiguo, donde se evidencia el uso de máquinas semejantes a grúas por los Sumerios y Caldeos, transmitiendo estos conocimientos a los Egipcios.

Desde la antigüedad se ha venido utilizando los distintos tipos de grúas para realizar muy diversas tareas. Los primeros vestigios del uso de las grúas aparece en la Antigua Grecia alrededor del s. VI.

Posteriormente, la introducción del torno y la polea pronto conduce a un reemplazo extenso de rampas como los medios principales del movimiento vertical. Por los siguientes doscientos años, los edificios griegos contemplan un manejo de los pesos más livianos, pues la nueva técnica de elevación permitió la carga de muchas piedras más pequeñas por ser más práctico, que pocas piedras más grandes. Los romanos adaptaron la grúa griega y la mejoraron, llegando a elevar en combinación con varias grúas bloques de 60 toneladas elevadas a una altura de 19 m.



**Figura 8. Grúa romana**

#### 5.1.2 RESURGIMIENTO DE LA GRUA:

En la Alta Edad Media la grúa de acoplamiento fue reintroducida en una escala grande después de que la tecnología hubiera caído en desuso en Europa occidental tras la caída del imperio romano occidental. Fueron utilizadas principalmente en los

puertos y astilleros para la estiba y construcción de los barcos. Su uso también era común en los ríos y estuarios así como en los graneros de las granjas.

Hasta la llegada de la revolución industrial, los principales materiales de construcción para las grúas eran la madera y la piedra. Desde la llegada de la revolución industrial los materiales más utilizados fueron el hierro fundido y el acero, además de utilizar como fuente energética máquinas de vapor en el s. XVIII.

### **5.1.3 GRUAS EN LA ANTIGUA GRECIA:**

Los primeros vestigios del uso de las grúas aparece en la Antigua Grecia alrededor del s. VI. Se trata de marcas de pinzas de hierro en los bloques de piedra de los templos. Se evidencia en estas marcas (cortes distintivos c.515) su propósito para la elevación ya que están realizadas en el centro de gravedad o en pares equidistantes de un punto sobre el centro de gravedad de los bloques.

La introducción del torno y la polea pronto conduce a un reemplazo extenso de rampas como los medios principales del movimiento vertical. Por los siguientes doscientos años, los edificios griegos contemplan un manejo de los pesos más livianos, pues la nueva técnica de elevación permitió la carga de muchas piedras más pequeñas por ser más práctico, que pocas piedras más grandes. Contrastando con el período arcaico y su tendencia a los tamaños de bloque cada vez mayores, los templos griegos de la edad clásica como el Parthenon ofrecieron invariable cantidad de bloques de piedra que podían ser usados para cargar no menos de 15-20 toneladas. También, la práctica de erigir grandes columnas monolíticas fue abandonada prácticamente para luego usar varias ruedas que conforman la columna.

Aunque las circunstancias exactas del cambio de la rampa a la tecnología de la grúa siguen siendo confusas, se ha discutido que las condiciones sociales y políticas volátiles de Grecia hacían más convenientes al empleo de los equipos pequeños para los profesionales de la construcción que de los instrumentos grandes para el trabajo de inexpertos, haciendo la grúa preferible a los polis griegos que la rampa que requería mucho trabajo, esta había sido la norma en las sociedades autocráticas de Egipto y Assyria.

La primera evidencia literaria inequívoca para avalar la existencia del sistema compuesto de poleas aparece en los ejercicios mecánicos atribuido a Aristóteles (384-322), pero quizás elaborado en una fecha poco posterior. Alrededor del mismo siglo, los tamaños de bloque en los templos griegos comenzaron a parecerse a sus precursores arcaicos otra vez, indicando que se debe haber encontrado la forma de usar polea compuesta más sofisticada en las obras griegas más avanzadas para entonces.

#### **5.1.4 GRUAS DE LA ANTIGUA ROMA:**

El apogeo de la grúa en épocas antiguas llegó antes del Imperio Romano, cuando se incrementó el trabajo de construcción en edificios que alcanzaron dimensiones enormes. Los romanos adoptaron la grúa griega y la desarrollaron.

La grúa romana más simple, el Trispastos, consistió en una horca de una sola viga, un torno, una cuerda, y un bloque que contenía tres poleas. Teniendo así una ventaja mecánica de 3:1, se ha calculado que un solo hombre que trabajaba con el torno podría levantar 150 kilogramos ( $3 \text{ poleas} \times 50 \text{ kg} = 150 \text{ kg}$ ), si se asume que 50 kilogramos representan el esfuerzo máximo que un hombre puede ejercer sobre un período más largo. Tipos más pesados de grúa ofrecieron cinco poleas (Pentaspastos) o, en el caso más grande, un sistema de tres por cinco poleas (Polispastos) con dos, tres o cuatro mástiles, dependiendo de la carga máxima. El Polispastos, cuando era operado por cuatro hombres en ambos lados del torno, podría levantar hasta 300 kg ( $3 \text{ cuerdas} \times 5 \text{ poleas} \times 4 \text{ hombres} \times 50 \text{ kg} = 3000 \text{ kg}$ ). En caso de que el torno fuera substituido por un acoplamiento, la carga máxima incluso dobló a 6000 kg con solamente la mitad del equipo, puesto que el acoplamiento posee una ventaja mecánica mucho más grande debido a su diámetro más grande. Esto significó que, con respecto a la construcción de las pirámides egipcias, donde eran necesarios cerca de 50 hombres para mover un bloque de piedra de 2,5 toneladas por encima de la rampa (50 kg por personas), la capacidad de elevación del Polispastos romano demostró ser 60 veces más alta (3000 kg por persona).

Sin embargo, los edificios romanos ofrecen numerosos bloques de piedra mucho más pesados que éstos. Dirigidos por el Polispastos indican que la capacidad de elevación total de los romanos iba mucho más allá que la de cualquier grúa sola. En el templo de Júpiter en Baalbek, los bloques pesan hasta 60 t cada uno, y las cornisas de la esquina bloquean incluso sobre 100 t, todas levantadas a una altura de 19 m sobre la tierra. En Roma, el bloque capital de la columna Trajana pesa 53,3 toneladas que tuvieron que ser levantadas a una altura de 34 m.

Se asume que los ingenieros romanos lograron la elevación de estos pesos extraordinarios por dos medios: primero, según lo sugerido por Herón, una torre de elevación fue instalada, cuatro mástiles fueron arreglados en la forma de un cuadrilátero con los lados paralelos, no muy diferente a una torre, pero con la columna en el medio de la estructura. En segundo lugar, una multiplicidad de cabrestantes fue colocada en la tierra alrededor de la torre, para, aunque tiene un cociente de una palancada más baja que los acoplamientos, el cabrestantes se podría instalar en números y funcionamiento más altos por más hombres (y por los animales). Este uso de cabrestantes múltiples también fue descrito por Ammianus Marcellinus (17.4.15) con respecto a la elevación del obelisco de Lateranense en el circo Maximus (ANUNCIO ca. 357). La capacidad de elevación máxima de un solo cabrestante se puede establecer por el número de agujeros del hierro en el monolito. En el caso de los bloques del arquitrabe de Baalbek, que pesan entre 55 y 60 t, ocho agujeros sugieren un peso de 7,5 t por el hierro de las empacaduras, que está por el cabrestante. La elevación de tales pesos pesados en una acción concertada requirió una gran cantidad de coordinación entre los grupos de trabajo que aplicaban la fuerza a los cabrestantes.

#### **5.1.5 GRUAS MEDIEVALES:**

La grúa de acoplamientos fue reintroducida en una escala grande después de que la tecnología hubiera caído en desuso en Europa occidental tras la caída del imperio romano occidental. La referencia más cercana a un acoplamiento reaparece en la literatura archivada en Francia cerca del 1225, seguido por una pintura iluminada en un manuscrito probablemente también de origen francés con fecha de 1240. En la navegación, las aplicaciones más cercanas de las grúas de puerto se documentan

para Utrecht en 1244, Amberes en 1263, Brujas en 1288 y Hamburgo en 1291, mientras que en Inglaterra el acoplamiento no se registra antes de 1331.

Generalmente, el transporte vertical era más seguro y más barato hecho por las grúas que por otros métodos comunes para la época. Las áreas de puertos, minas, y, particularmente, los edificios en donde la grúa de acoplamientos desempeñó un papel importante en la construcción de las catedrales góticas altas. Sin embargo, las fuentes archivadas e ilustradas del tiempo sugieren que las máquinas fueron nuevamente introducidas como acoplamientos o carretillas, de manera que no substituyeran totalmente los métodos más dependientes de trabajo como escalas, artesas y parihuelas. Algo que es importante mencionar es que la maquinaria vieja y nueva continuó coexistiendo en los emplazamientos de las obras medievales y en los puertos.



**Figura 9. Grúa medieval.**

## **CAPITULO VI**

### **6.1 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS:**

#### **6.1.1 ELABORACIÓN DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DEL PROYECTO:**

Esta actividad se realizó durante dos semanas, en la cual se analizó la mejor opción para realizar los requerimientos necesarios, y fue donde se optó por utilizar el mecanismo de puente grúa, al principio se quería abarcar toda la nave, pero después se sugirió solo un área determinada de trabajo, para mayor rapidez en el trabajo que se requiere.



Lo primero fue la obtención de información y de antecedentes históricos de aplicación en la industria. Con esto nos percatamos de los beneficios y el alcance de dicha herramienta, parte importante fue estudiar y analizar las partes que componen el puente grúa, podemos encontrar ya prefabricada esta herramienta, pero con un costo elevado. Ahí es donde empieza el trabajo realmente, con los conocimientos adquiridos se tiene que realizar una herramienta eficiente reduciendo costo y aumentando los beneficios.

El objetivo global de esta parte del proyecto es caracterizar el puente grúa en todos sus aspectos, desde un punto de vista geométrico hasta la clasificación del tipo de estructura según la normativa vigente pasando por aspectos funcionales como las velocidades de movimiento o las cargas nominales.

A lo largo de las primeras semanas se definirán las principales características tanto de la estructura como de los mecanismos que se estudian en el proyecto. Con la investigación previa se clasifico la herramienta en estructura, carro de traslación, y polipasto eléctrico.

Dada la relativa ambigüedad del término puente-grúa, se hace necesaria una definición-descripción previa del concepto que aquí consideraremos:

Los puentes-grúa son máquinas utilizadas para la elevación y transporte, en el ámbito de su campo de acción, de materiales generalmente en procesos de almacenamiento o curso de fabricación.

La máquina propiamente dicha está compuesta generalmente por una doble estructura rematada en dos testeros automotores sincronizados dotados de ruedas con doble pestaña para su encarrilamiento. Apoyado en dicha estructura y con capacidad para discurrir encarrilado a lo largo de la misma, un carro automotor soporta un polipasto cuyo cableado de izamiento se descuelga entre ambas partes de la estructura (también puede ser mono-raíl con estructura simple). La combinación de movimientos de estructura y carro permite actuar sobre cualquier punto de una superficie delimitada por la longitud de los raíles por los que se desplazan los testeros y por la separación entre ellos

- Estructura: Es básicamente el soporte de toda la herramienta, como nuestro puente grúa no es aéreo, cuenta con unos postes, viga riel y la viga principal donde se encuentra detenido el carro de traslación y la cual generara un movimiento transversal
- Carro de traslación: También conocido en el ámbito industrial como trole es un carro que se desplaza a través de la viga riel generando el segundo movimiento transversal
- Polipasto: Es una máquina compuesta por dos o más poleas y una cuerda, cable o cadena que alternativamente va pasando por las diversas gargantas de cada una de aquellas. Se utiliza para levantar o mover una carga con una gran ventaja mecánica, porque se necesita aplicar una fuerza mucho menor que el peso que hay que mover.

La finalidad de esta clasificación es dividir el trabajo para facilitar su realización ya que son herramientas existentes, y se debe de cuidar la eficiencia y reducir los gastos. Se investigó detenidamente cada una de las herramientas, principalmente para conocer su funcionamiento y obtener ideas para realizarlo. Al final de las dos semanas que se realizó esta actividad de investigación se logró conceptualizar y visualizar lo que se deseaba hacer. En estas dos semanas se recolectaron los datos más importantes y los parámetros que se deberían de seguir se concluyeron que se haría para soportar una tonelada de manera sobrada para tener un rango bastante amplio, Ya que se podrá utilizar para diversas actividades.

Para el inicio de la realización de este proyecto se tomaran tres puntos importantes:

- Se tiene un área específica de trabajo.
- Debe soportar 1 tonelada.
- Funcionamiento de puente grúa.

El trabajo principal de la maquina es remover tinacos del molde e incluso mover el molde de la maquina ya que de acuerdo a la necesidad de pedidos es la producción

por lo tanto los moldes están en constante movimiento, el molde más pesado junto con el tinaco no sobrepasan los 200 kg.

Conociendo las dimensiones del almacén donde va a ser emplazado el puente grúa, podemos definir todas sus dimensiones geométricas del área en la que se trabajara.

Parte de la investigación en esta primera parte, nos llevó analizar las velocidades de los movimientos que se pretenden al igual que los pesos que afectaran ya sea el propio y el de trabajo. Llegando a las siguientes conclusiones.

#### VELOCIDADES:

Las velocidades de los distintos movimientos son variables indispensables en el cálculo de las sollicitaciones estructurales de la grúa puesto que de ellas dependen los efectos dinámicos.

Los valores de las velocidades son una hipótesis ya que dependen de numerosos factores tales como la fricción entre las ruedas y la viga carrilera, el peso y la potencia de los motores eléctricos por nombrar algunas. Para garantizar la fiabilidad de los cálculos se han tomado valores tales que se encuentran en el rango de velocidades de las maquinarias de las empresas líderes de mercado.

#### PESOS A RESISTIR:

Hemos desglosado los pesos de los principales elementos de la grúa de la siguiente manera.

- Carga de servicio: Peso de la carga útil, más el peso de los accesorios (aparejos, ganchos, vigas de carga etc.,...). Puesto que el efecto del carro móvil se encuentra focalizada en el mismo punto geométrico que la carga de servicio se ha propuesto la hipótesis de incluir dicha carga dentro de la carga de servicio
- Peso propio: Peso de las piezas que actúan sobre un elemento, con exclusión de la carga de servicio. En este variable se engloba el peso de la viga que conforma la estructura así como las vigas testeras sin incluir

A esta altura la idea del concepto ya es muy clara, al igual que el camino a seguir.

Dados todos los parámetros, como especificaciones de diseño y del proceso, características dimensionales y de operación de los equipos procederemos a evaluar uno a uno, con ayuda de la matriz decisión. Al final la maquinaria elegida podrá auxiliarnos con el manejo de los materiales en nuestras instalaciones, se elige en base aquella que alcance las mejores alternativas.

## 6.2 CÁLCULOS TEÓRICOS DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS PROPUESTOS

### 6.2.1 ELABORACION DE INGENIERIA BASICA DEL SISTEMA TRANSPORTADOR:

Después de obtener un concepto concreto de lo requerido, pasamos con la elaboración básica nos apoyamos de un primer boceto elaborado a mano y de manera simple para ir acercándonos más a lo que necesitamos como se muestra en la siguiente figura es un dibujo del concepto básico de un puente-grúa.

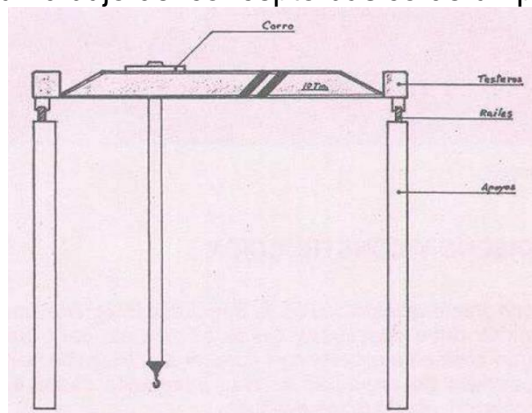


Figura 10. Boceto de componentes de puente grúa.

El primer punto que abordamos fue el carro de traslación o trole para polipasto esta herramienta existe en el mercado y empezamos a ver como diseñar uno con sus antecedentes.

**CARRO DE TRASLACION:** Es una herramienta de dicada al movimiento de izquierda a derecha sobre un riel con la finalidad del desplazamiento del polipasto. Encontramos que en el mercado se clasifican de la siguiente manera:

- Carro de traslación manual
- Carro de traslación de cadena
- Carro de traslación eléctrico

**CARRO DE TRANSMISION MANUAL:** Es una herramienta de máxima eficacia, y de fácil mantenimiento, este se desplaza a través de la viga riel manualmente empujándolo y con su mecanismo de ruedas se genera el movimiento este también es conocido como tole de jalón.



**Figura 11. Carro de traslación manual.**

**CARRO DE TRASLACION DE CADENA:** Este genera el mismo movimiento que el anterior solo que ahora apoyado de un sistema de engranes y flechas para transmitir el movimiento de una cadena el cual genera el movimiento del sistema de transmisión que finalmente hacen que se mueva las ruedas del trole para que se desplacé. A continuación se muestra una figura donde se puede aprecia la diferencia entre el anterior y este, de manera notable se ve el sistema de transmisión que es movido por una rueda dentada que genera movimiento por una cadena.



**Figura 12. Carro de traslación por cadena**

**CARRO DE TRASLACION ELECTRICO:** En este el sistema de transmisión es movido por un motor eléctrico el cual hace más cómodo el trabajo desde una botonera de mandos.



**Figura 13. Carro de traslación eléctrico**

Para facilitar el trabajo y reducir el tiempo se pensaba motorizar un carro de traslación manual o uno de cadena para volverlo automático, pero al cotizar y ver los precios se puede apreciar que no es mucha la diferencia sale a la misma razón.

DESCRIPCION	PRECIO
CARRO DE TRASLACION ELECTRICO	\$3298.00
CARRO DE TRASLACION DE CADENA	\$2500.00
CARRO DE TRASLACION DE JALON	\$1700.00

**Tabla 2. Comparación de precios de carros de traslación de 1 tonelada.**

A simple vista pues si se ve algo elevada la diferencia pero pensando detenidamente en los gastos del motor y los que surgieran al instalar da a razón de lo mismo, y en otra instancia el tiempo que se ahorraría es notablemente favorable así que se optó por el carro de traslación eléctrico.

Se decidió utilizar el siguiente carro de traslación ya que sus especificaciones concuerdan con lo requerido y se optó que es la mejor opción.

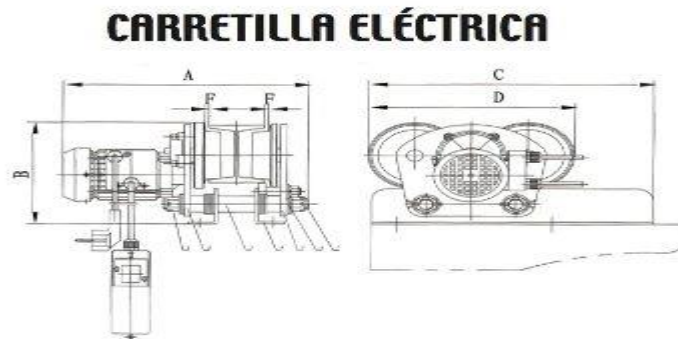
Enseguida se muestra las especificaciones del carro de traslación:

ESPECIFICACIONES		TDI
PESO DE CARGA (Kg)		1000
PRUEBA DE PESO DE CARGA		1250
VOLTAJE (V)		120V/60 HZ
POTENCIA DE ENTRADA (W)		220
VELOCIDAD DE MOVIMIENTO (m/min)		16.4
MONTAJE DE ALTURA (m)		5
DISTANCIA MINIMA DE ALTURA LIBRE		1
MEDIDA PRINCIPAL	A(mm)	301
	B(mm)	178
	C(mm)	350
	D(mm)	253

	F(mm)	5
"I" VIGA DE ACERO	MODELO DE VIGA	A-36
	ANCHURA(mm)	68-110

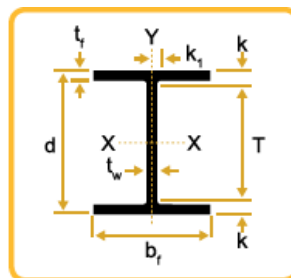
**Tabla 3. Especificaciones del carro de traslación.**

Enseguida se muestra el croquis del carro de traslación para tomar referencias de las medidas que se muestran en la tabla anterior.



**Figura 14. Croquis de carro**

Con esta elección nos da paso para hacer la elección de la viga principal que es donde se desplazara el carro en la TABLA NUEMERO 2 de especificaciones podemos observar que nos recomienda una viga I de acero modelo A-36 con una anchura entre 68 mm y 110 mm, que es el rango que tiene para el montado de la pieza. Revisamos un catálogo de perfiles para seleccionar uno y después hacer un análisis por medio de una herramienta de CAD llamada solidsworks.



**Figura 15. Perfil de la viga para descripción de la siguiente tabla.**

Vigas Perfil Rectangular IPR (IR)	Peso		Area Peralte			Alma		Patin				Distancia		
						Espesores		Ancho		Espesor				
	(lb/ft)	(kg/m)	A pulg. <sup>2</sup>	d pulg.	d pulg.	t <sub>w</sub> pulg.	t <sub>w</sub> /2 pulg.	b <sub>1</sub> pulg.	b <sub>2</sub> pulg.	t <sub>1</sub> pulg.	t <sub>2</sub> pulg.	k <sub>base</sub> pulg.	k <sub>detalle</sub> pulg.	k <sub>t</sub> pulg.
W 6 ( 6 x 4 )	9	13.392	2.68	5.90	5 7/8	0.170	1/8	3.940	4	0.215	3/16	0.465	0.688	0.500
	12	17.856	3.55	6.03	6	0.230	1/8	4.000	4	0.280	1/4	0.530	0.750	0.563
	16	23.808	4.74	6.28	6 1/4	0.260	1/8	4.030	4	0.405	3/8	0.655	0.875	0.563
W 6 ( 6 x 6 )	15	22.320	4.43	5.99	6	0.230	1/8	5.990	6	0.260	1/4	0.510	0.750	0.563
	20	29.760	5.87	6.20	6 1/4	0.260	1/8	6.020	6	0.365	3/8	0.615	0.875	0.563
	25	37.200	7.34	6.38	6 3/8	0.320	3/16	6.080	6 1/8	0.455	7/16	0.705	0.938	0.563
W 8 ( 8 x 4 )	10	14.880	2.96	7.89	7 7/8	0.170	1/8	3.940	4	0.205	3/16	0.505	0.688	0.500
	13	19.344	3.84	7.99	8	0.230	1/8	4.000	4	0.255	1/4	0.555	0.750	0.563
	15	22.320	4.44	8.11	8 1/8	0.245	1/8	4.015	4	0.315	5/16	0.615	0.813	0.563
W 8 ( 8 x 5 1/4 )	18	26.784	5.26	8.14	8 1/8	0.230	1/8	5.250	5 1/4	0.330	5/16	0.630	0.813	0.563
	21	31.248	6.16	8.28	8 1/4	0.250	1/8	5.270	5 1/4	0.400	3/8	0.700	0.875	0.563
W 10 ( 10 x 4 )	12	17.856	3.54	9.87	9 7/8	0.190	1/8	3.960	4	0.210	3/16	0.510	0.750	0.563
	15	22.320	4.41	9.99	10	0.230	1/8	4.000	4	0.270	1/4	0.570	0.813	0.563
	17	25.296	4.99	10.11	10 1/8	0.240	1/8	4.010	4	0.330	5/16	0.630	0.875	0.563
	19	28.272	5.62	10.24	10 1/4	0.250	1/8	4.020	4	0.395	3/8	0.695	0.938	0.625

**Tabla 4. Descripción de viga IPR**

Y con esto nos vemos a obligados a aprender un nuevo término- que es el de viga riel, al oír la palabra riel se nos viene a la mente trenes o ferrocarriles porque ahí su principal uso.

Una viga riel es una barra metálica por la que se desplaza rodamientos o ruedas, también actúan como soporte y dispositivo de guiado, en el caso de este proyecto lo que se desplazará será la viga principal la cual tendrá el carro de traslación teniendo así dos movimientos transversales.

Pero eso ya es parte estructural ya que es la que soporta el puente grúa, y más adelante se habla específicamente y detalladamente.

El segundo punto que se tomó en cuenta fue la selección de la herramienta que nos proporcionara el segundo movimiento, la idea principal es hacer uso de un polipasto.

**POLIPASTO:** Es una herramienta dedicada al movimiento de arriba hacia abajo de algún objeto, y como se mencionó anteriormente está compuesto por la combinación de engranes y poleas. Se utiliza para levantar o mover una carga con una gran ventaja mecánica, porque se necesita aplicar una fuerza mucho menor que el peso que hay que mover.



Se utilizan en talleres o industrias para elevar y colocar elementos y materiales muy pesados en las diferentes máquinas-herramientas o cargarlas y descargarlas de los camiones que las transportan. Suelen estar sujetos a un brazo giratorio acoplado a una máquina, o pueden ser móviles guiados por rieles colocados en los techos de las naves industriales.

Los polipastos tienen distintas capacidades de elevación dependiendo de la carga que pueden llegar a levantar. Es posible aumentar la capacidad de elevación aumentando el número de ramales de un polipasto. Por ejemplo, un polipasto de 500 kg con un ramal puede tener una capacidad de sólo 500 kg, pero si se configura con dos ramales y se utilizan los accesorios adecuados el mismo polipasto puede levantar 1000 kg. Para poder alcanzar capacidades muy altas de elevación a veces es necesario el uso de un conjunto de varios polipastos con varios ramales junto a una pasteca especial. Y esto origina una clasificación y es de acuerdo a los ramales con el que este cuente, por ejemplo cuando una polea no tiene más que una garganta o es un motón, el polipasto se llama aparejo sencillo, y en los demás casos es aparejo doble. Según el número de vueltas que da la cuerda en las poleas se llaman de cuatro, de seis, etc. cordones o guarnes, tomando también con relación al objeto y a la forma en que se aplica un sobrenombre o denominación particular como las de aparejo de gancho, aparejo de rabiza, aparejo de burel y estrobo, etc.

Otra clasificación que existe para los polipastos es según la forma en la que se multiplica la fuerza, los aparejos más comunes son:

- Aparejo factorial: La fuerza desarrollada es proporcional a la cantidad de poleas móviles.
- Aparejo potencial: Corresponde a dos elevado el número de poleas 4.
- Aparejo diferencial: En este caso depende de la diferencia de radios que exista en las dos poleas que lo conforman.

En algunos casos también los clasifican por el material que conforman los ramales que pueden ser de cuerda, cable o cadena. Y en otros casos pueden ser según lo

que aplique la potencia a la maquina pueden ser manuales, de palanca o eléctricos, esta última clasificación es la más cotidiana.

Polipasto de cadena: Este artefacto funciona con la mano. Un operador tira hacia abajo uno de los lazos de la cadena, que se encuentra en un extremo de esta, y gira un mecanismo de poleas que hay en el interior de la carcasa del polipasto. Cuando esta polea gira, levanta el extremo de la otra cadena. Al tirar hacia abajo una cadena, el elevador manual es capaz de aumentar el trabajo mecánico que se está realizando. Esto se debe a la relación de transmisión dentro del polipasto de cadena manual.



**Figura 16. Polipasto de cadena.**

Polipasto eléctrico: Tiene el mismo funcionamiento solo que ya no es manual, es apoyado por un motor eléctrico el cual hace girar un sistema de transmisión y genera el trabajo deseado.



**Figura 17. Polipasto eléctrico.**

Al elegir un polipasto eléctrico nos podríamos ahorrar mucho tiempo trabajo, pero nos topamos con un inconveniente y muy notorio, la diferencia de precio es elevado un polipasto de cadena de 1 tonelada cuesta alrededor de \$2000.00 y un eléctrico también de 1 tonelada alrededor de los \$21000.00. Por lo tanto se descartó la opción de comparar uno fabricado ya que elevaría el costo de dicho puente grúa. Se pensó

en utilizar un winch ya que su funcionamiento es muy parecido al polipasto eléctrico, igual con un motor hace que gire un sistema de engranes, se pensó en esto porque en cuestión de precios si un winch es mucho más barato. Un winch en palabras sencillas y comunes es un malacate, con un sistema de tornillo sinfín y parecía ser una excelente opción.



**Figura 18. Winch eléctrico.**

Como se menciona anteriormente parecía ser una buena opción después de indagar sobre este artefacto nos pudimos cerciorar que no nos serviría ya que este artefacto está diseñado para jalar objetos y no levantarlos, por lo tanto no nos convenía. Al estar investigando esta herramienta pudimos encontrar un polipasto muy parecido al winch pero se descartó ya que estará en constante acción y el ramal sería de cable de acero y con el uso se deteriora hasta llegar a reventarlo. Ahí se pensó en armar nuestro propio polipasto eléctrico basándonos en un polipasto manual de cadena, para llevar a cabo esta idea lo primero era saber específicamente el funcionamiento.

Ahora una breve explicación de cómo funciona el polipasto de cadena es muy utilizado en talleres para levantar objetos pesados, cuenta con dos cadenas una que se tira a mano y otra que levanta la carga, en si el trabajo de este es concentrar la fuerza para transformar un pequeño esfuerzo ejercido a una larga distancia a un gran esfuerzo a corta distancia.

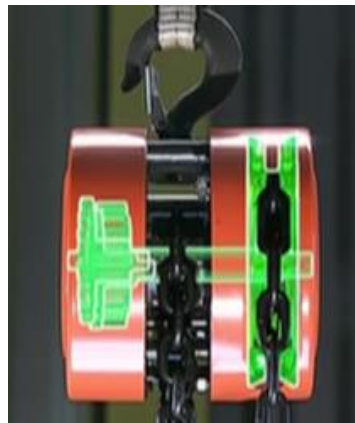
Está formado por los siguientes componentes:

CADENA MANUAL: Es la que se encuentra delineada en amarillo



**Figura 19. Cadena manual.**

RUEDA DENTADA, EJE DE TRANSMISIO Y ENGRANAJE Y RUEDA DENTADA DE CADENA DE CARGA: Se muestra en la siguiente imagen en color verde.



**Figura 20. Sistema de transmisión del polipasto.**

El polipasto de cadena, se engancha por encima el peso a levantar, la cadena de carga se une al peso, cuando se tira de la cadena manual la rueda dentada gira, la cual hace girar a su vez el eje de transmisión el cual hace girara el sistema de engranajes cual hace ascender o descender la cadena de carga.



**Figura 21. Vista interna del polipasto.**

Este artefacto convierte el trabajo de entrada de 1 a 30 veces más a la salida es decir tiene una relación de 1:30. Nos pudimos cerciorar de que es el polipasto de cadena es sensacional ya que con un sistema de engranes y un par de cadenas podemos levantar cargas pesadas.

Realmente sorprendente lo que se busca hacer es integrar un motor a este sistema pero sin afectar dicha relación que ya existe, se busca cuidar el diámetro de la rueda dentada. Se procedió hacer los cálculos para calcularla potencia del motor requerida siguiendo los siguientes parámetros.

Se tomó en cuenta un motor trifásico, ya que su gasto en el consumo de energía es más reducido en comparación a otros motores, y también que el control de los motores trifásicos es más fácil por medio de un variador de frecuencia.

Para realizar los cálculos se tomaron en cuenta los siguientes datos:

- $\omega$ = velocidad angular= 1800 RPM.
- m= masa= 1000 Kg.
- $g= 9.81 \frac{m}{s^2}$ =constante gravitacional.
- R= radio rueda dentada= 1.5 cm= 0.015 m
- $F=m.g= 1000 \text{ Kg} (9.81 \text{ m/s}^2) = 9810 \text{ N}$ .
- RELACION DE ENGRANES DE: 1:30

Para encontrar la potencia que se requiere del motor tenemos una ecuación:

$$P = T \cdot \omega \dots\dots\dots (Ec. 1)$$

Donde:

P= potencia.

T= torsor.

$\omega$ = velocidad angular.

Primero se calcula el torsor:

$$T = F \cdot D \dots\dots\dots (Ec.2)$$

Donde:

F= fuerza

D= distancia

Por lo tanto el torsor se calcula de la siguiente manera:

$$T = 9810N (0.015m) = 147.5 \text{ N.m}$$

Tenemos la velocidad angular pero hay que convertir de RPM a Rad/s:

$$\omega = 1800 \frac{\text{Rev}}{\text{Min}} \times \frac{2\pi}{1 \text{ Rev}} \times \frac{1 \text{ Min}}{60 \text{ s}} = 188.5 \text{ Rad/s}$$

Con esto podemos calcular la potencia:

$$P = 147.15 \text{ N.m} (188.5 \text{ Rad/s}) = 27737.775 \text{ watts}$$

Pero hay que recordar que se está analizando el engrane de salida y la potencia afectara al engrane de entrada y tiene una relación de 1:30. Por lo tanto el resultado anterior se divide entre 30.

Por lo tanto la potencia en la entrada será:

$$P = 924.5925 \text{ W}$$

Convirtiéndolo a Hp

P= 1.2398 Hp

Para poder levantar el peso de 1000 Kg se necesita un motor de 1.2 hp pero con los datos anteriores y sustituyendo valores en la masa se obtuvo los siguientes datos de la tabla:

CAPACIDAD EN HP	PESO QUE SOPORTA	PRECIO
1 HP	806.84 KG	\$ 5600.00
$\frac{3}{4}$ HP	605.13 KG	\$5200.00
$\frac{1}{2}$ HP	403.42 KG	\$3500.00

**TABLA 5. Capacidad que soporta el motor según su potencia. (Nota la cotización fue tomada de un proveedor de la empresa.)**

Y se buscó el polipasto con el que trabajara y se eligió un polipasto truper de una tonelada clave pol-1, código 16824 en el catálogo de truper vigente con un precio en el mercado de \$1800.00, fue elegida esta marca porque es la más comercial y fácil de encontrar también su precio es un poco inferior a las otras marcas.

### 1 Tonelada

- > Sistema de frenado con doble trinquete
- > Mecanismo de triple engranaje

ESPECIFICACIONES	
Levantamiento estándar:	3 m
Largo cadena:	3.25 m
Espesor eslabón:	6 mm
Apertura gancho:	26 mm
Peso neto:	12.3 kg



Ganchos de acero al cromo con giro de 360°



POL-1



CA-POL-1

**Figura 22. Características del polipasto elegido.**

Para esta adaptación se necesita hacer un cambio del a rueda dentada ya que por la forma que tiene y la velocidad del motor la cadena de eslabones se resbalaría así que en la entrada se requiere un engrane y una cadena pero de transmisión, para no afectar la relación que existe con respecto a la caja de engranes, se debe ser cuidadoso con los diámetros

Y por último tenemos la estructura completa como se muestra en la tabla 2 se muestran distintas medidas de perfil IPR estas siglas nos indican que la viga es en

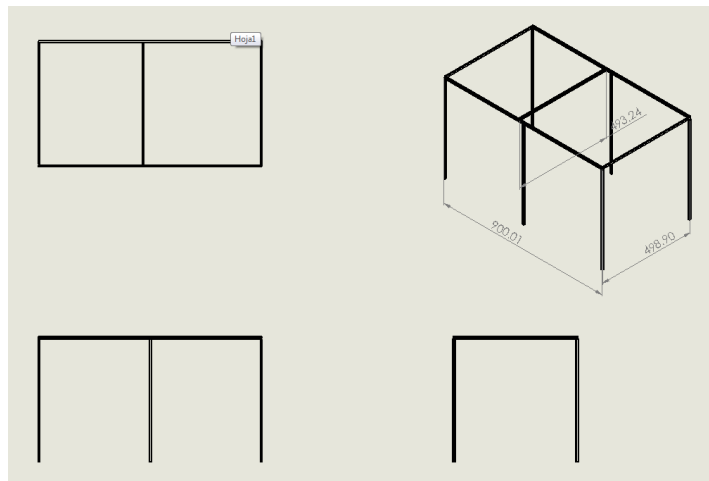
forma de I y el patín es rectangular, para seleccionar las vigas riel se tomó en cuenta las especificaciones requeridas del trole o carro de traslación pero para corroborar que la estructura soportara dicha carga y también para ver el comportamiento de la estructura, se hizo un análisis con ayuda de un software llamado solidworks.

Se eligió la viga w6 (6x4) en la siguiente figura se muestra sus características:

Vigas Perfil Rectangular IPR (IR)	Peso		Area	Peralte		Alma		Patín				Distancia		
	(lb/ft)	(kg/m)		A pulg. <sup>2</sup>	d pulg.	d pulg.	Espesores		Ancho		Espesor		k <sub>diseño</sub> pulg.	k <sub>détalle</sub> pulg.
			t <sub>w</sub> pulg.				t <sub>w</sub> /2 pulg.	b <sub>f</sub> pulg.	b <sub>f</sub> pulg.	t <sub>f</sub> pulg.	t <sub>f</sub> pulg.			
W 6 ( 6 x 4 )	9	13.392	2.68	5.90	5 7/8	0.170	1/8	3.940	4	0.215	3/16	0.465	0.688	0.500

**Figura 23. Especificación viga riel.**

Se utilizaran tres de estas vigas en la Figura 2 están descritas como viga riel y viga principal. Y para los postes del soporte de la estructura se utilizó tubular PTR rectangular de 2in x 4in con un espesor de ¼ in.



**Figura 24. Plano de la estructura.**

#### CARACTERISTICAS ESPERADAS:

- Este sistema tiene que desplazarse en los ejes x, y, z.
- Tiene que soportar el molde de un tinaco de 450.
- Altura: 5 m.
- Luz (largo): 9 m.
- Ancho: 5 m.
- Peso aproximada a soportar: 1 ton.
- Tipo de máquina: sistema auxiliar
- Espacio de trabajo: 45 m<sup>2</sup>.



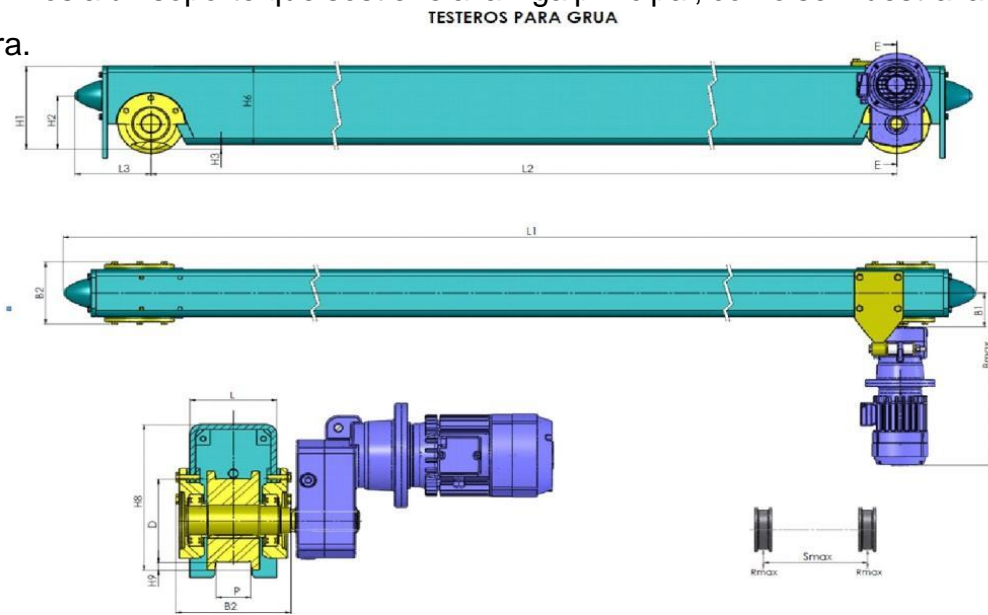
### **6.2.2 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA:**

La máquina a diseñar es un sistema auxiliar que cuenta con una estructura que cuenta con tres vigas riel que será por donde se desplazará las diferentes herramientas para alcanzar los movimientos deseados, dos movimientos transversales y un movimiento que nos permita izar el molde o el producto terminado. A dos de las vigas que se utilizaran se les ha denominado viga riel en el cual va montada la tercera viga antes mencionada a la cual se denominó viga principal. La viga principal tiene un movimiento transversal por todas las vigas riel dicho movimiento es producido por un sistema electromecánico, se busca adaptar un motor eléctrico que genere el movimiento a través de una banda hacia un eje y este eje produzca movimiento hacia unas ruedas que se desplazará por toda la viga riel. Para el segundo movimiento se necesitaran equipos y herramientas que irán montadas sobre la viga principal, hablamos de un carro de traslación o trole como es mejor conocido en el ámbito de la industria el cual apoyado de un sistema de engranajes y su motor se deslizará por toda la viga. Del antes mencionado carro de traslación ira sujetado un polipasto que será el encargado de desplazar de arriba hacia abajo la carga. Todos los movimientos antes mencionado tendrán un sistema de control de manera que la maquina funcione de automáticamente, de manera muy general ese es el funcionamiento.

Al analizar la idea de generar por medio de bandas el movimiento transversal de la viga principal, nos podemos percatar que hay controversias en que la longitud de la viga es muy larga al igual que la longitud que se desplaza que son 9 metros, con otro factor de que por lo delgado de anchura de la viga puede generar un desequilibrio al hora de moverse, así que se tiene que hacer una guía más reforzada que ocupe más área en la viga riel para así evitar el desequilibrio, en otras palabras que de un lado se desplace más que el otro generando así que se trabe o algún otro desperfecto haciendo el mecanismo de un testero para hacer mover la viga principal.

Hasta este punto la palabra testero es un término nuevo, este término viene de la carpintería es el extremo del pino por donde ha sido cortado con hacha, al igual la testa es la cara o el frente de algunos objetos. En este caso con testero nos

referimos a un soporte que sostiene a la viga principal, como se muestra la siguiente figura.



**Figura 25. Representación gráfica de un tester.**

Para seguir con el proceso tenemos que clasificar a nuestra herramienta según su utilización para tomar en cuenta los parámetros necesarios para la función en su utilización a lo largo de la vida de servicio del elemento en cuestión. En este caso la variable principal es la duración total del servicio en horas, entendiéndose como duración de servicio el lapso de tiempo que se sucede entre la solicitud de uno de los mecanismos y su parada siendo independiente del número de ciclos en el que se realice.

CLASE DE UTILIZACION	HORAS DE SERVICIO	OBSERVACIONES
T0	200	Utilización ocasional
T1	400	Utilización ocasional
T2	800	Utilización ocasional
T3	1600	Utilización ocasional
T4	3200	Utilización regular en servicio ligero.
T5	6300	Utilización regular en servicio intermitente.

T6	12000	Utilización regular en servicio intensivo.
T7	25000	Uso intensivo.
T8	50000	Uso intensivo
T9	10000	Uso intensivo

**Tabla 6. Clasificación por uso.**

Cabe destacar que las duraciones totales de servicio que figuran en la tabla deben interpretarse como valores teóricos convenciones que sirven como base para el diseño y cálculo de los elementos de los mecanismos cuya duración de servicio constituye el criterio de selección. En ningún caso deben considerarse como garantías.

Este apartado supone una dificultad añadida ya que se debe de conocer no solo el número de ciclos que va a desempeñar la estructura sino también que tipos de movimientos se van a realizar en dichos ciclos de mantenimiento.

Para solucionar este problema se plantea la hipótesis de dividir en partes iguales la utilización por ciclo de cada mecanismo, esto es asignar un 33% del tiempo total del ciclo a cada mecanismo.

Partiendo de los cálculos realizados en el apartado anterior:

$$\text{Horas de servicio} = \text{Vútil} \cdot \text{D} \cdot \text{H} \dots \dots \dots \text{(EC. 3)}$$

Dónde:

Vútil = Vida útil del puente grúa = 10 años

D = Días de utilización al año = 300 días

H = Horas de utilización al día = 6 horas

$$\text{Horas de servicio: } 10 \times 300 \times 6(.33) = 5940 \text{ horas}$$

De acuerdo al resultado obtenido nos podemos dar cuenta que el resultado está entre el tipo T4 y T5, solo que el numero obtenido es mayor que T4 por lo tanto tomamos el inmediato superior llegamos a la conclusión que nuestra herramienta será de tipo T5 utilización ligero en servicio intermitente.

Este cálculo se hace con la finalidad de ver si los materiales cumplen con los requerimientos para esta herramienta y cerciorarnos que este proyecto tendrá los resultados que esperamos y necesitamos.

Aunque la clasificación anterior no es la única, pero es basada en cálculos para ser exactos en las horas de servicio, pero de manera descriptiva se puede clasificar de la siguiente manera según la Norma Oficial Mexicana NRF-183-PEMEX-2007 por su tipo de servicio.

- De emergencia o de reserva (Clase A1).
- Infrecuente (Clase A2).
- Ligero (Clase B).
- Mediano (Clase C).
- Pesado (Clase D).
- Severo (Clase E).
- Molino (Clase F).

CLASE A1 (De emergencia o de reserva): Este tipo se considera en el que trabajan las grúas en instalaciones tales como; plantas generadoras, cuartos de turbinas, cuartos de motores, estaciones de transformadores y en general todos aquellos lugares donde sea necesario manejar cargas de mucho valor y mucha precisión a muy bajas velocidades y con tiempos muertos muy largos entre cada levantamiento.

CLASE A2 (Infrecuente): En este tipo de servicio incluye el trabajo de las grúas que pueden ser utilizadas en instalaciones como: talleres pequeños de mantenimiento, laboratorios de pruebas y cualquier otro sitio donde las cargas a manejar sean relativamente ligeras, sus velocidades de operación bajas y con bajo grado de precisión en el control de la carga. La carga a manejar puede varias desde muy poco porcentaje de carga máxima hasta el 100% de esta, pero su frecuencia debe ser de unos cuantos levantamientos por periodo.

CLASE B (ligero): En este tipo de servicio se incluyen las grúas que se utilizan en instalaciones como: talleres de reparación y talleres de ensamble con trabajo ligero, trabajo en bodegas y almacenes con baja capacidad, talleres mecánicos o líneas

de proceso con bajo nivel de producción y en todas aquellas instalaciones donde las necesidades de servicio sean ligeras y velocidades de operaciones no altas. La carga a manejar en estos casos puede variar en cargas relativamente pequeñas a la carga máxima hasta manejar cargas al 100% de su capacidad de esta, pero con un promedio de dos a cinco levantamientos por hora y una altura de levantamiento promedio de cinco metros. El número de levantamientos por hora, con cargas cuyo valor sea igual al de capacidad nominal de la grúa, no deberá ser mayor del 50% del número de levantamiento especificado de diseño.

CLASE C (mediano): En este tipo de servicio incluye a las grúas utilizadas en instalaciones como: talleres de maquinado, líneas de proceso con nivel medio de producción, cuartos de maquinaria de molinos de papel y en todas aquellas instalaciones en donde las necesidades de servicio son moderadas. En este tipo de servicio, la grúa podrá realizar de 5 a 10 levantamientos por hora, manejando cargas con un valor promedio del 50% del rango de plena capacidad y para una altura de levantamiento promedio de cinco metros. El número de levantamiento por hora de cargas cuyo valor sea igual al de la capacidad nominal de la grúa, no deberá ser mayor del 50% del número de levantamientos especificados.

CLASE D (pesado): En este tipo de servicio incluye a las grúas que normalmente son operadas desde cabina, utilizadas básicamente en las siguientes instalaciones: talleres pesados de maquinado, fundiciones, plantas de fabricación, acereras, aserraderos, almacenes y bodegas grandes chatarreros donde las operaciones se efectúan a través de electroimanes o almejas y por lo regular en cualquier otro tipo de sitio donde las necesidades de servicio para la producción sean pesadas, pero en las cuales no existe un ciclo de operaciones específico. En este tipo de servicio la grúa podrá manejar el ciclo de trabajo cargas con un valor aproximado al 50% del rango de capacidad pero normalmente las velocidades que se manejan en estas grúas son altas.

CLASE E (severo): Este tipo de servicio incluye a las grúas que son capaces de manejar continuamente cargas iguales a la capacidad máxima, a muy altas

velocidades y con un ciclo de operación severo, repetidamente durante el periodo de trabajo establecido por día o en un ciclo predeterminado de operación. Las aplicaciones de este tipo de grúas incluyen servicio con electroimán, almejas o combinación de estos y son utilizados en: patios de chatarra, molinos de aserraderos, plantas fertilizantes, algunas áreas de plantas siderúrgicas y en cualquier sitio donde el rango de operación sea de 20 o más levantamientos por hora y con cargas cuyo valor sea igual al de la capacidad nominal de la grúa. Es sumamente importante dado el costo de fabricación de este tipo de grúas que el usuario especifique el ciclo de operación completo para no caer en gastos innecesarios.

CLASE F (servicio de molino): Las grúas incluidas en este tipo de servicio normalmente en plantas siderúrgicas o similares, en donde además de tener un ciclo de operación excesivamente severo, trabajan en forma continua durante todo el año, excepto los periodos de mantenimiento programados, con una carga cuyo valor es igual al de la capacidad máxima de la grúa. Las normas aplicables de las grúas de todos los otros tipos de servicio no son aplicables para estas, ya que las normas correspondientes a grúas con tipo de servicio F (servicio molino) son las normas AISE que corresponden a normas de usuario. La mayor parte de los fabricantes e las grúas en México usan como referencia la norma CMAA y aplican la AISE solo para grúas clase F.

### **6.3 SIMULACIÓN POR SOFTWARE DE LOS ELEMENTOS SIGNIFICATIVOS:**

#### **6.3.1 DISEÑO MECANICO:**

<b>DATOS DE DISEÑO</b>	
<b>CAPACIDAD</b>	1 TONELADA
<b>CLARO</b>	9 METROS
<b>SERVICIO</b>	CLASE C O T5
<b>IZAJE</b>	5 METROS

**Tabla 7. Datos de diseño principales**

### 6.3.2 ANALISIS ESTATICO DE VIGA PRINCIPAL:

Como se vio en el apartado 8.2 de elaboración de ingeniería básica de este proyecto se seleccionó una viga IPR W6 6X4, con ayuda de dos software se analiza estáticamente la viga principal que se seleccionó, los software antes mencionados son “solidworks” y “MDsolids”. En la Figura 26 que a continuación se muestra se puede observar las medidas del perfil en unidades de Cm, esto con la finalidad de conocer las especificaciones para realizar los siguientes casos de estudio, análisis y simulación.

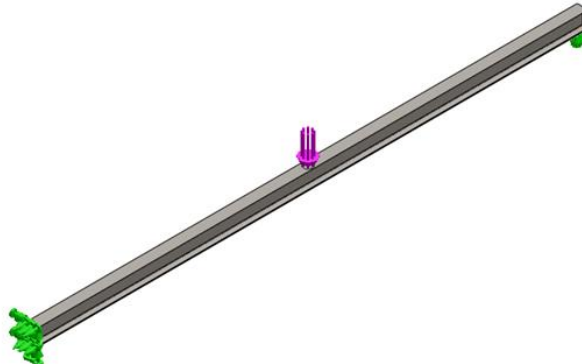


Figura 26. Modelo utilizado para simulación.

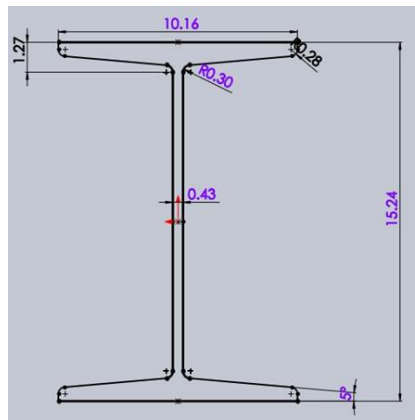
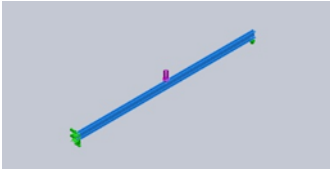


FIGURA 27. Perfil de la viga seleccionada.

En la figura anterior (Figura 31) se puede ver el modelo que nos sirvió para dicha simulación, se puede observar en verde de un lado la parte fija sobre todo la cara del perfil y del otro lado solo por abajo está simulando un apoyo simple. Ya que si se fijaba completamente de los dos extremos se indeterminaría.

En la parte de media de la viga se puede apreciar en morado la carga de una tonelada. En las siguientes tablas se presentas especificaciones y resultados de dicha simulación.

<b>Nombre de documento y referencia:</b>	<b>Tratado como:</b>	<b>Propiedades volumétricas:</b>
	Sólido	Masa:86.8034 kg Volumen:0.0110578 m <sup>3</sup> Densidad:7850 kg/m <sup>3</sup> Peso:850.673 N

**Tabla 8. Información de modelo.**

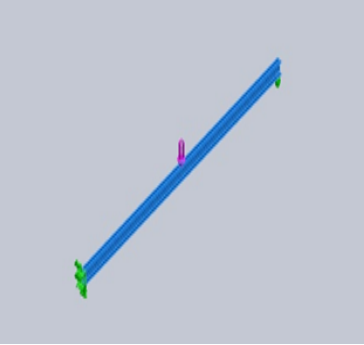
<b>Nombre de estudio</b>	análisis viga riel
<b>Tipo de análisis</b>	Análisis estático
<b>Tipo de malla</b>	Malla solida
<b>Temperatura a tensión cero</b>	298 Kelvin

**Tabla 9. Propiedades del estudio.**

<b>Sistema de unidades</b>	Métrico
<b>Longitud/Desplazamiento</b>	mm
<b>Temperatura</b>	Kelvin
<b>Velocidad angular</b>	Rad/s
<b>Presión/Tensión</b>	N/m <sup>2</sup>

**Tabla 10. Unidades utilizadas en el estudio de viga principal.**



Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre: ASTM A36 Acero</li> <li>• Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</li> <li>• Criterio de error predeterminado: Desconocido</li> <li>• Límite elástico: <math>2.5e+008 \text{ N/m}^2</math></li> <li>• Límite de tracción: <math>4e+008 \text{ N/m}^2</math></li> <li>• Módulo elástico: <math>2e+011 \text{ N/m}^2</math></li> <li>• Coeficiente de Poisson: 0.26</li> <li>• Densidad: <math>7850 \text{ kg/m}^3</math></li> <li>• Módulo cortante: <math>7.93e+010 \text{ N/m}^2</math></li> </ul>	<p>Sólido 1(Línea de partición3)(viga principal)</p>

**Tabla 11. Propiedades del material.**

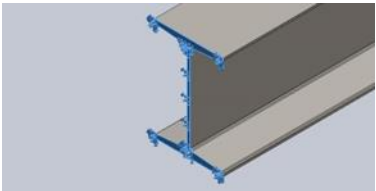

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		<b>Entidades: 1 cara(s)</b> <b>Tipo: Geometría fija</b>		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción (N)	3.05525	5854.28	- 2.93103	5854.28
Momento de reacción (N•m)	0	0	0	0
Rodillo/Control deslizante-1		<b>Entidades: 1 cara(s)</b> <b>Tipo: Rodillo/Control deslizante</b>		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-1.9848	3897.96	-1.85183	3897.96
Momento de reacción (N•m)	0	0	0	0

Tabla 12. Sujeciones del estudio.

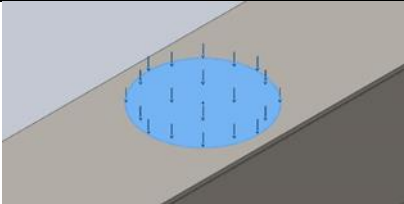
Nombre de carga	Imagen de carga	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 9810 N

Tabla 13. Cargas en el estudio.

### 6.3.3 MALLADO DE LA VIGA:

Tipo de malla	Malla solida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	2.22658 cm
Tolerancia	0.111329 cm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	57343
Número total de elementos	28202
Cociente máximo de aspecto	28.99
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	21.5
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	4.81
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:01:01
Nombre de computadora:	DARYROSALES

Tabla 14. Información y detalles de mallado.

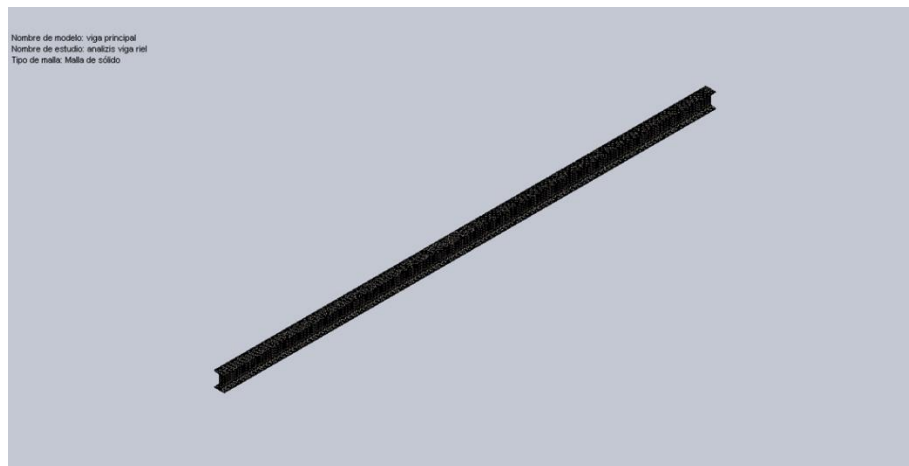
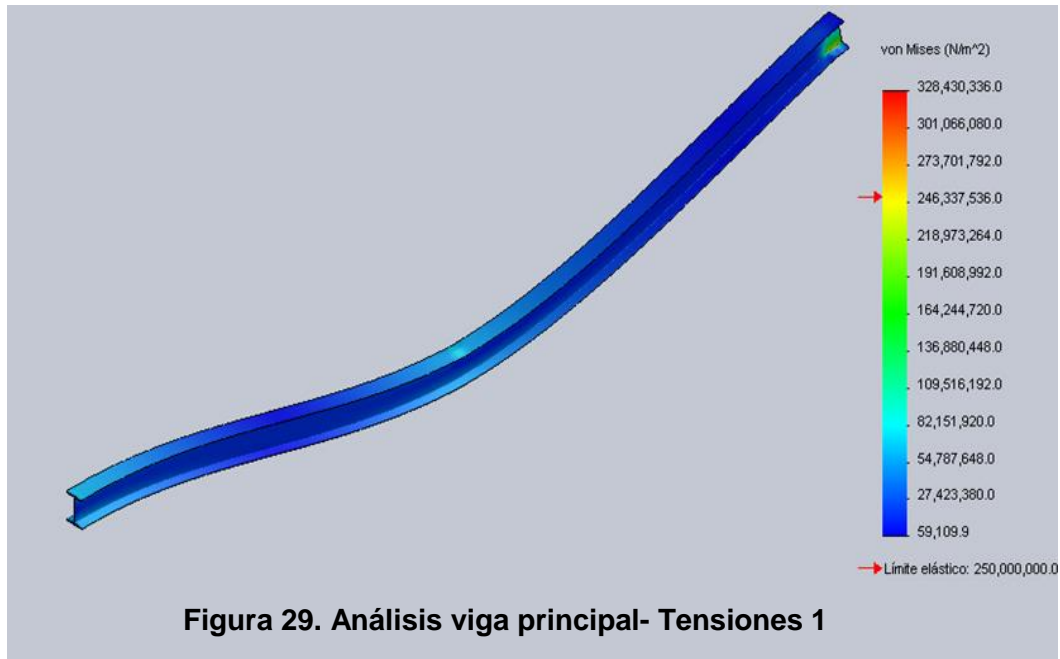


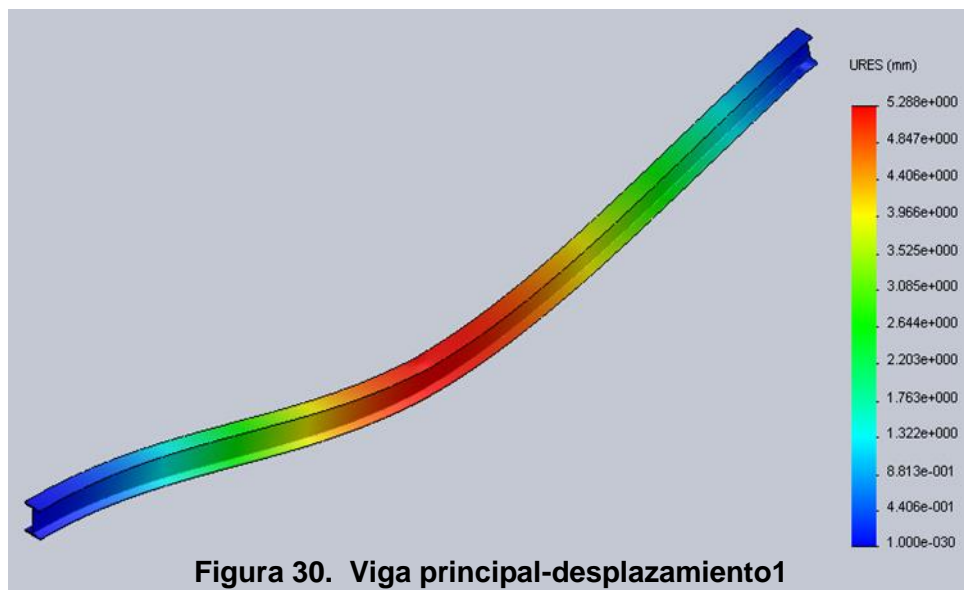
Figura 28. Mallado de la viga.

### 6.3.4 RESULTADO DEL ESTUDIO EN SOLIDWORKS:

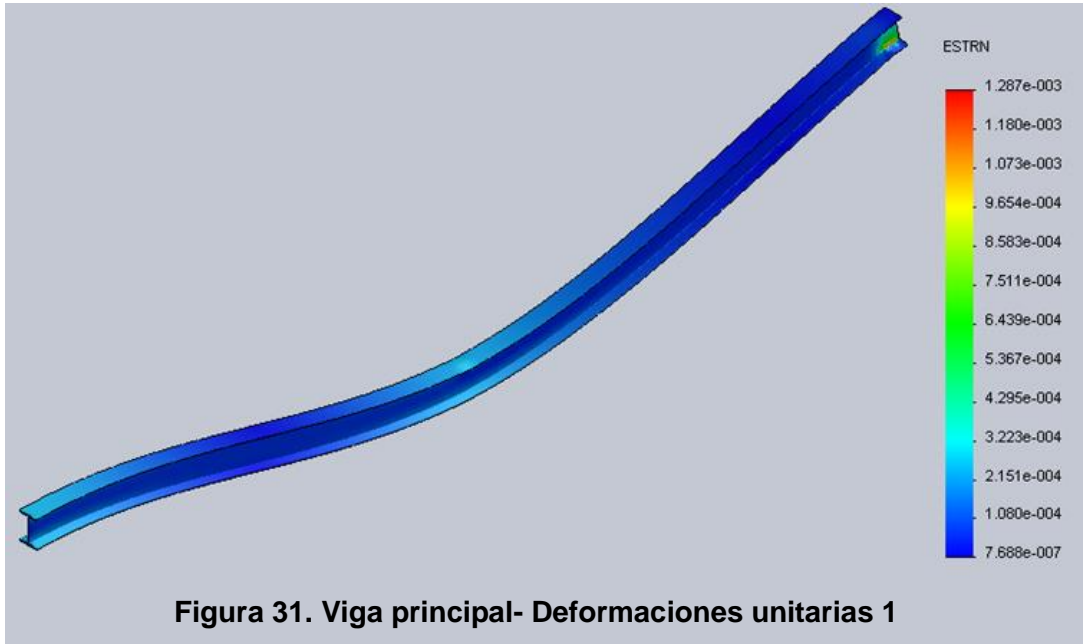
NOMBRE:	TIPO:	MIN:	MAX:
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	59109.9 N/m <sup>2</sup> Nodo: 9810	3.2843e+008N/m <sup>2</sup> Nodo: 3886



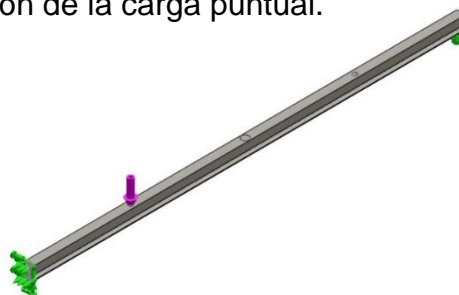
NOMBRE:	TIPO:	MIN:	MAX:
Desplazamiento1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1	5.28779 mm Nodo: 6068



<b>NOMBRE:</b>	<b>TIPO:</b>	<b>MIN:</b>	<b>MAX:</b>
Deformaciones unitarias 1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	7.68759e-007 Elemento: 2	0.001287 Elemento: 19429



Las figuras anteriores nos muestran cómo se comporta nuestra viga principal cuando la carga de 1 tonelada se fija en el punto medio de la viga, se puede ver cómo reaccionan las tensiones, desplazamiento y deformaciones unitarias. Como se mencionó anteriormente se tomó un lado empotrado y del otro como apoyo simple tomando en cuenta esta consideración se observa que la tensión máxima está sobre el apoyo y el desplazamiento en la parte donde está concentrada la fuerza debido a las distancias de los apoyos. A fin de hacer comparaciones se analizó la viga con la misma carga de una tonelada, pero ubicada en otro punto cercano a uno de los apoyos. Para dicho estudio se utilizó los mismos criterios de las tablas anteriores lo único diferente es la ubicación de la carga puntual.



**Figura 32. Modelo utilizado para la comparación (carga ubicada a 1.25 m)**

En este caso los resultados fueron los siguientes:

NOMBRE:	TIPO:	MIN:	MAX:
Tensiones2	VON: Tensión de von Mises	25095.2 N/m <sup>2</sup> Nodo: 406	1.06358e+008N/m <sup>2</sup> Nodo: 6375

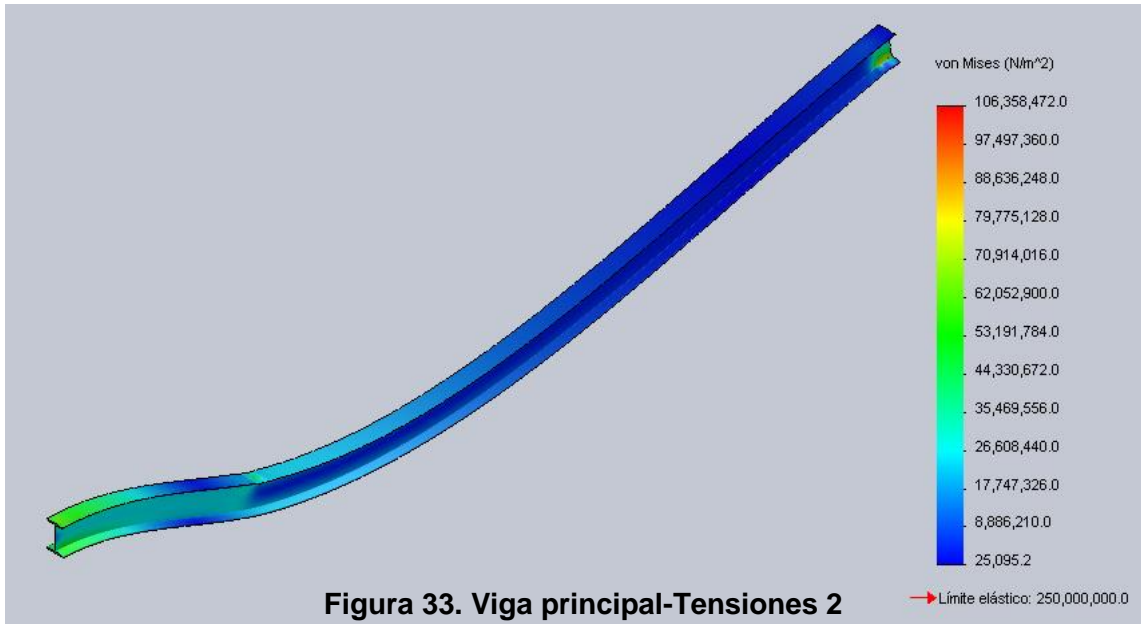


Figura 33. Viga principal-Tensiones 2

NOMBRE:	TIPO:	MIN:	MAX:
Desplazamiento2	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 9	2.29714 mm Nodo: 24436

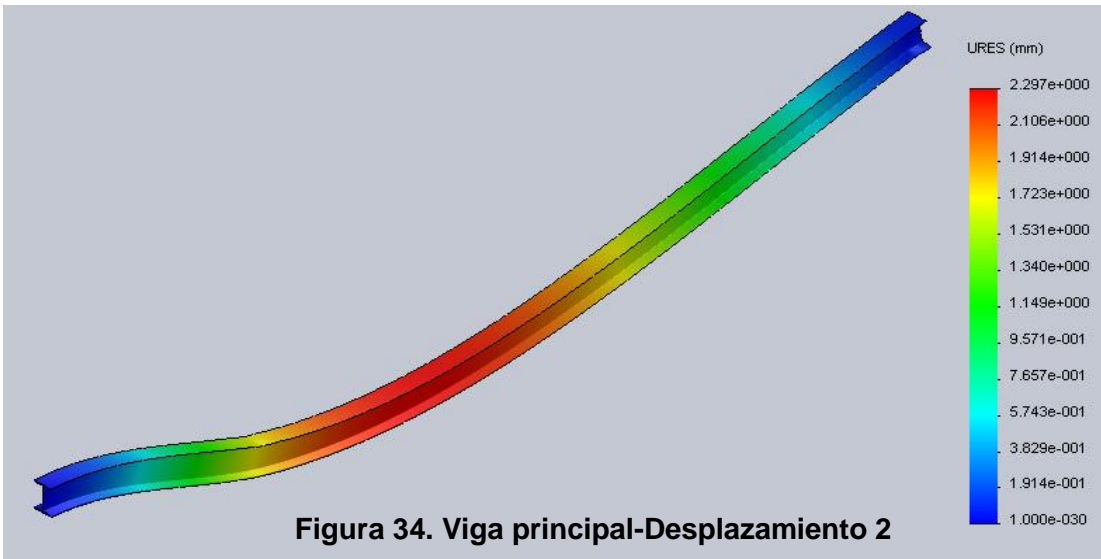
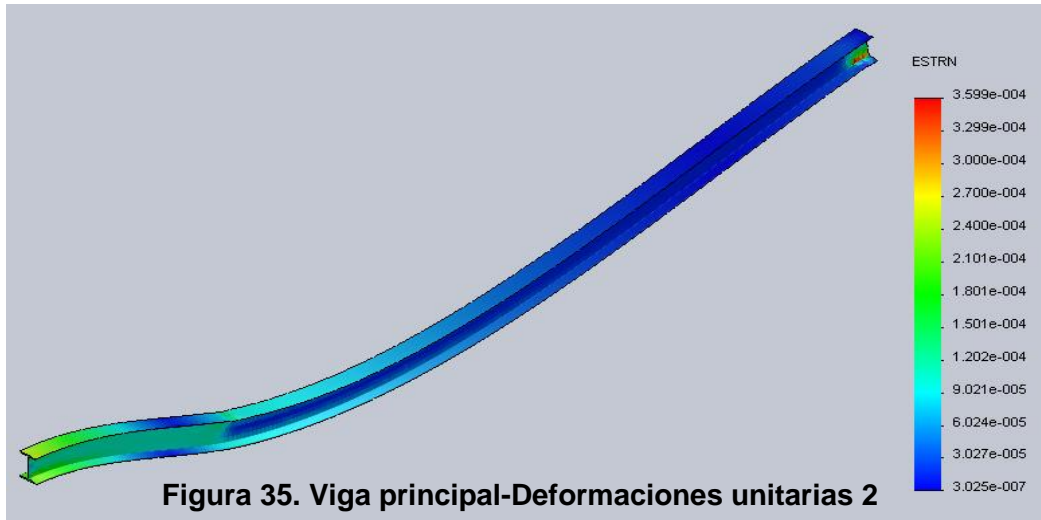


Figura 34. Viga principal-Desplazamiento 2

<b>NOMBRE:</b>	<b>TIPO:</b>	<b>MIN:</b>	<b>MAX:</b>
Deformaciones unitarias 2	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3.02497e-007 Elemento: 12046	0.000359916 Elemento: 16513



**Figura 35. Viga principal-Deformaciones unitarias 2**

Con esto podemos hacer una comparación como era de esperarse el desplazamiento es menor ya que está más cerca de un punto de apoyo al igual que los dos criterios más. A lo largo del proyecto se fueron tomando decisiones de acuerdo a las situaciones, necesidades y posibilidades, en el subtema “8.2 Ingeniería básica del sistema podemos ver en la Tabla 5” que hay comparaciones de distintos pesos de carga según la potencia del motor de acuerdo a los cálculos realizados.

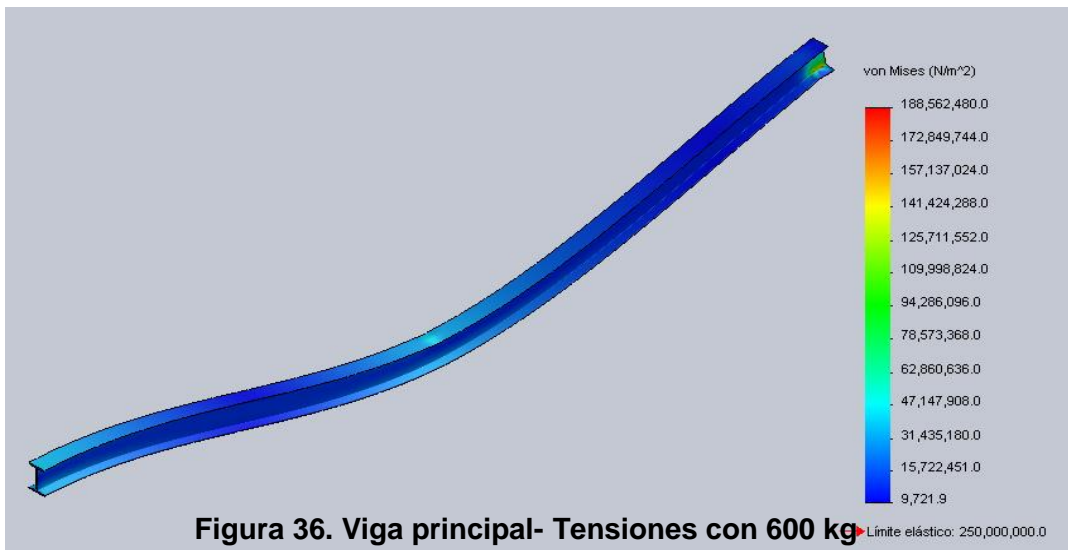
A manera de utilizar materiales con los que cuenta la empresa se optó por utilizar el motor de ¾ hp, recordaremos que la principal necesidad que cubrirá este artefacto será la de remover tinacos terminados, con ese motor fácilmente se realiza. Incluso el molde puede ser levantado fácilmente.

¾ HP	605.13 KG	\$5200.00
------	-----------	-----------

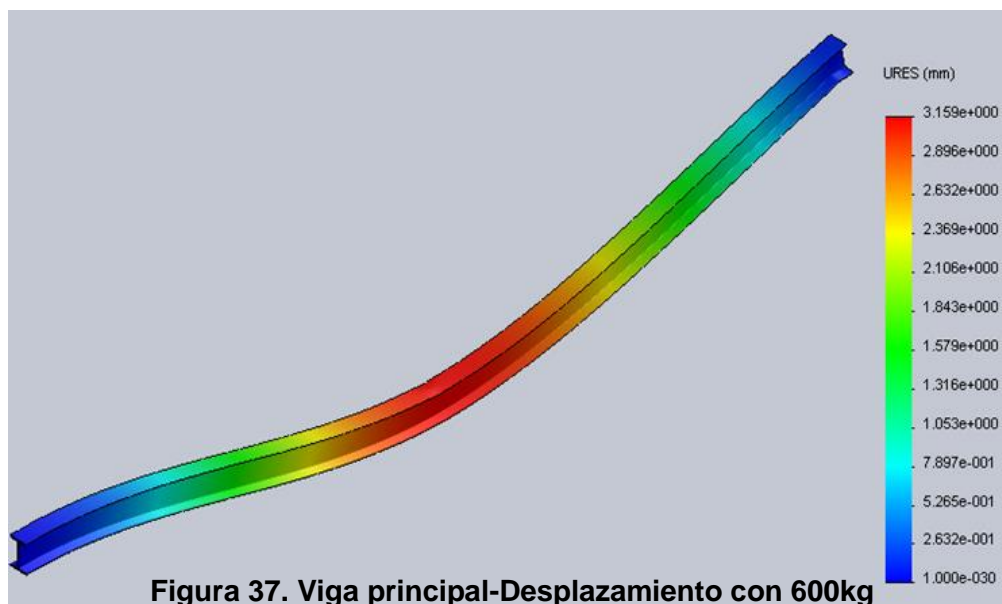
De acuerdo a lo visto con el estudio anterior vemos que la viga es funcional con el peso de una tonelada, y al disminuir la carga a 600 kg pues las tensiones, desplazamientos y esfuerzos unitarios por lógica tiene que disminuir y el trabajo será más eficiente, con el análisis de la carga nos damos una idea, pero para comprobar y tener números exactos también se le hizo el análisis para comparar las

diferencias se tomaron los mismos criterios que en el caso anterior solo se sustituyó la carga de 1 tonelada a 600 kg y se obtuvieron los siguientes resultados.

NOMBRE:	TIPO:	MIN:	MAX:
Tensiones 600kg	VON: Tensión de von Mises	9721.88 N/m <sup>2</sup> Nodo: 35505	1.88562e+008N/m <sup>2</sup> Nodo: 2957

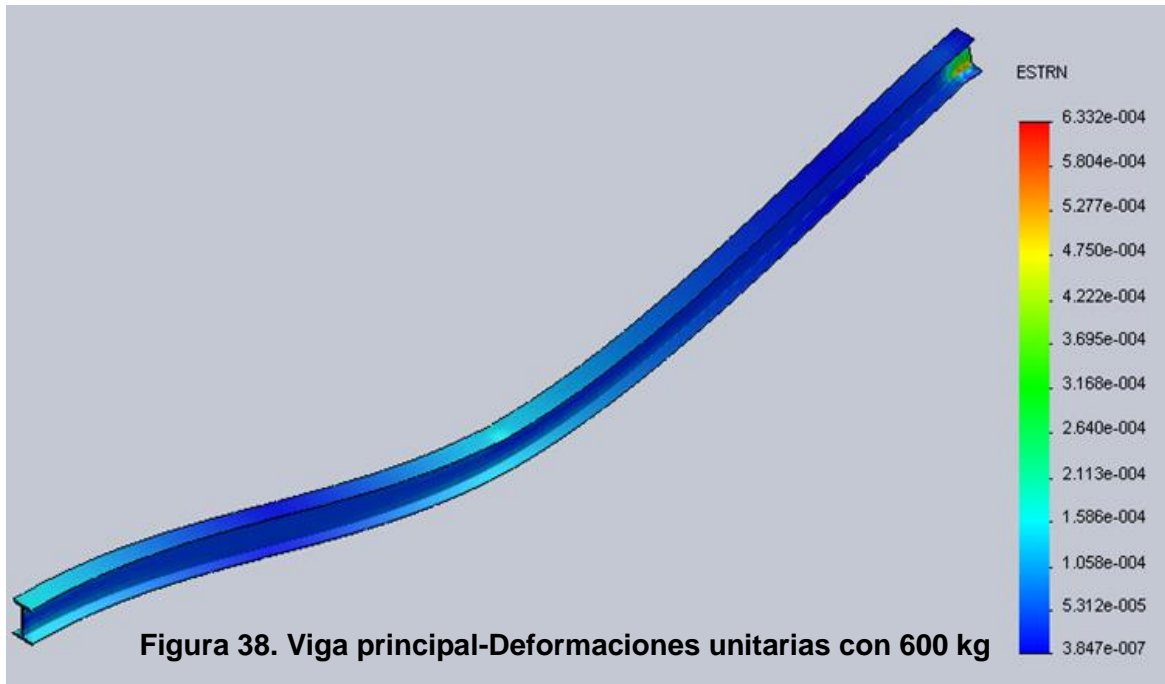


NOMBRE:	TIPO:	MIN:	MAX:
Desplazamiento 600 kg	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 9	3.15874 mm Nodo: 4638





<b>NOMBRE:</b>	<b>TIPO:</b>	<b>MIN:</b>	<b>MAX:</b>
Deformaciones unitarias 600 kg	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3.84733e-007 Elemento: 11911	0.000633174 Elemento: 19769



Tal y como era esperado, se pudo corroborar lo mencionado anteriormente trabajara de manera más holgada nuestra viga principal la que recibirá más trabajo por el peso, el análisis se enfocó en esta viga ya que las vigas riel tienen apoyos que son los postes a distancias más cortas y son del mismo material que la viga principal.

## **CAPITULO VII:**

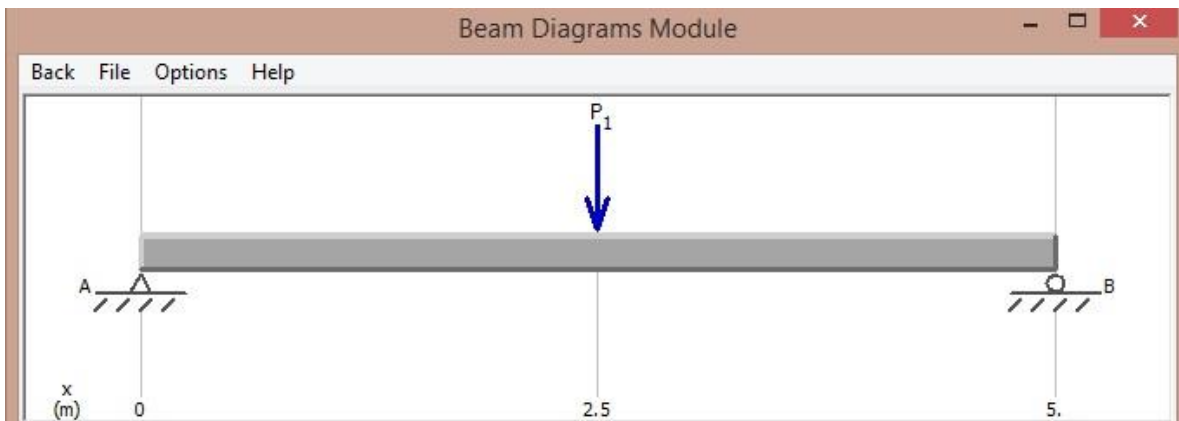
### **7.1 DISEÑO FINAL (PLANOS, GRAFICAS, PROTOTIPOS Y PROGRAMAS):**

#### **7.1.1 DIAGRAMAS DE CORTANTES Y MOMENTOS FLEXIONANTES:**

Con la finalidad de ver el comportamiento de la viga principal, nos apoyamos de otro software "MDsolids ".Partiendo de la conclusión que si la viga principal soporta el peso, las vigas riel lo soportara con mayor facilidad.

Por medio de MDsolids se hizo el análisis de esfuerzo cortante y momentos flexionante y nos muestra su respectivo diagrama. Se analizó en tres posiciones las cargas, para observar cómo se comportaría cuando el carro de traslación se desplace a través de ella, la primera es a la mitad que es 2.5 metros, las otras posiciones son 1.25 metros y 3.75 metros.

NOTA: El programa utilizado MDsolids redondea las medidas así que se podrá observar que las posiciones será 1.3 y 3.8 metros las siguientes posiciones de la carga.



**Figura 39. Representación de la viga principal con la carga a 2.5**

Consideraciones:

- $P_1 = 1$  tonelada = 9810 N.
- Apoyos simples.

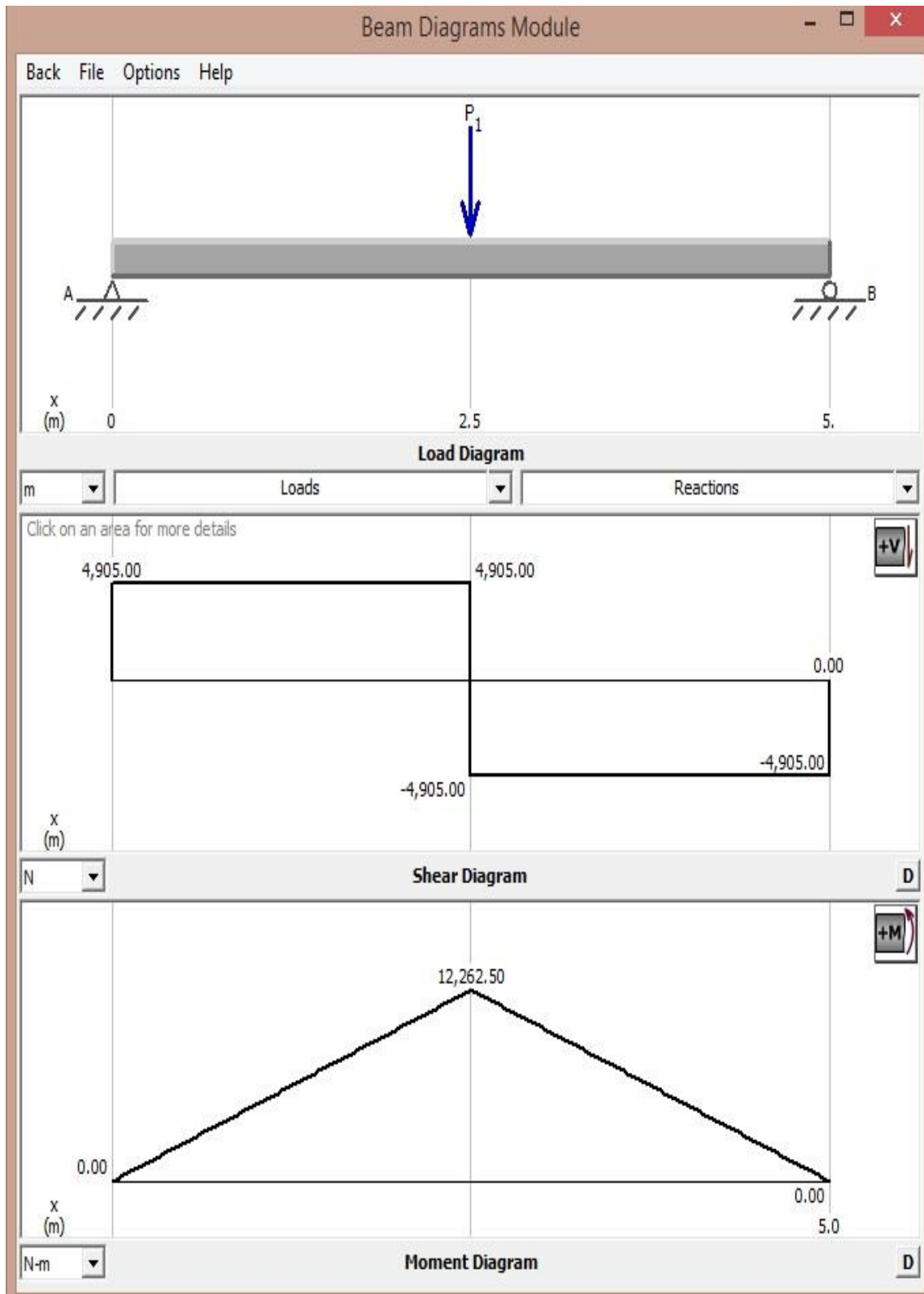


Figura 40. Diagramas de momentos y cortante.

Las siguientes dos figuras muestran los otros puntos donde se ubicaron las cargas.

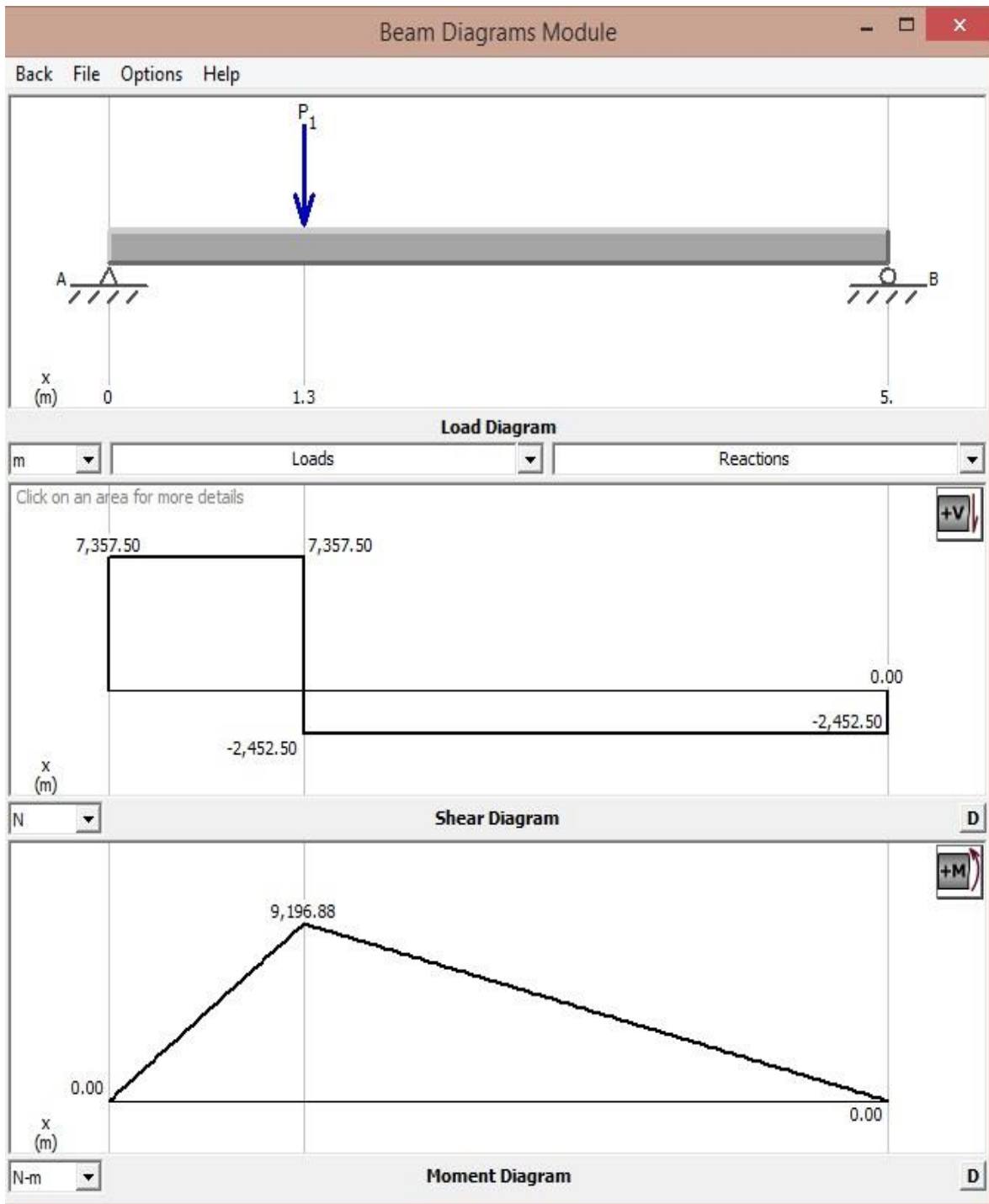


Figura 41. Diagramas de momento y cortante con la carga ubicada a 1.3 m.

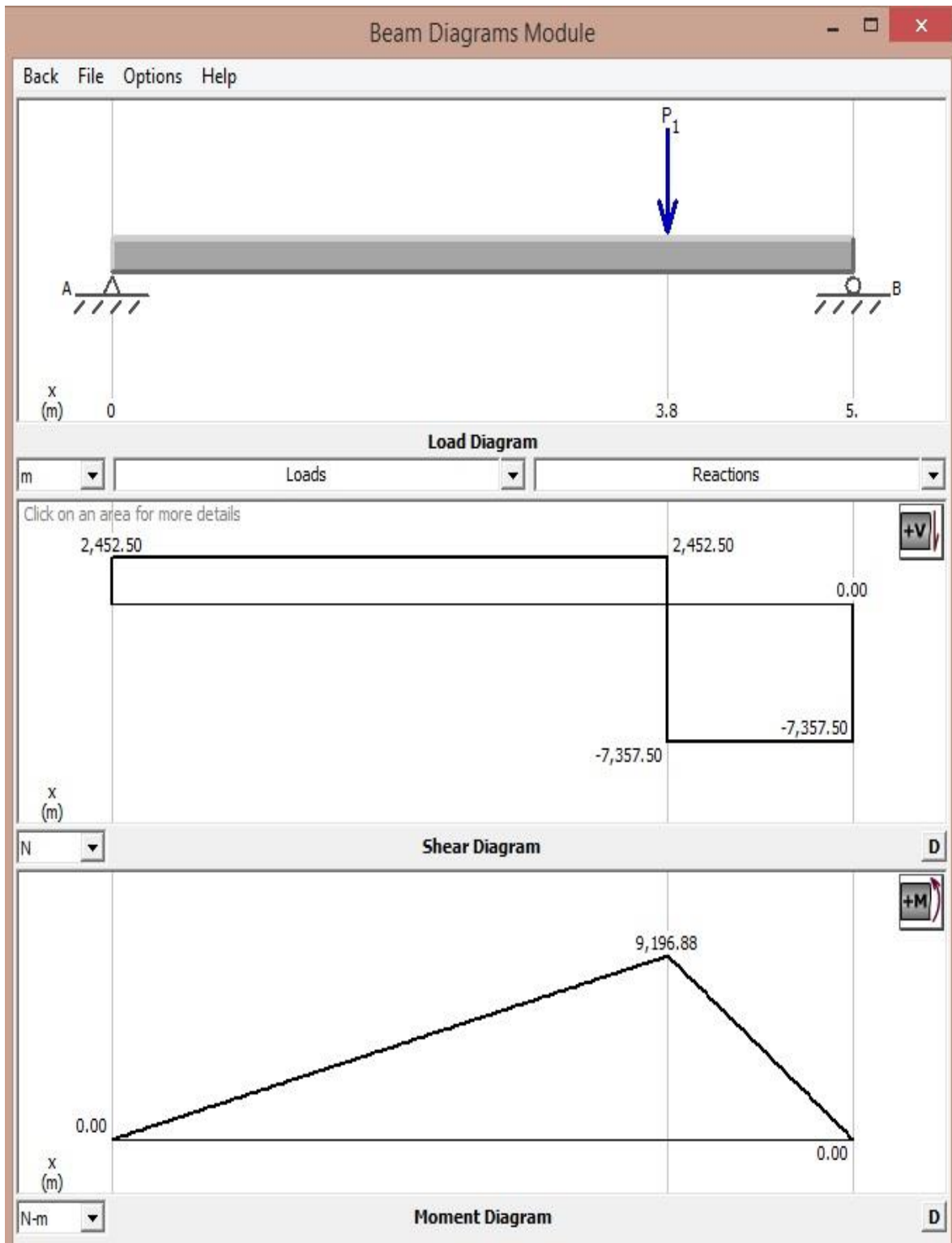


Figura 42. Diagrama de momento y cortante con la carga ubicada en 3.8 m

### **7.1.2 IMÁGENES DE PROTOTIPOS DE HERRAMIENTAS NECESARIAS EN SOLIDSWORKS.**

Con la ayuda de este software se dibujaron las herramientas necesarias para que nuestro sistema de sujeción se realice, todo este proceso es con la finalidad de visualizar y plasmar todo lo que se ha descrito en los apartados anteriores.

Ahora se muestra la imagen de un croquis del puente grúa completa, esta imagen trata de explicar lo que desea hacer este prototipo, se puede observar cómo se busca que se desplace la viga principal y el carro de traslación.

También se mostraran cada una de las herramientas que necesitamos:

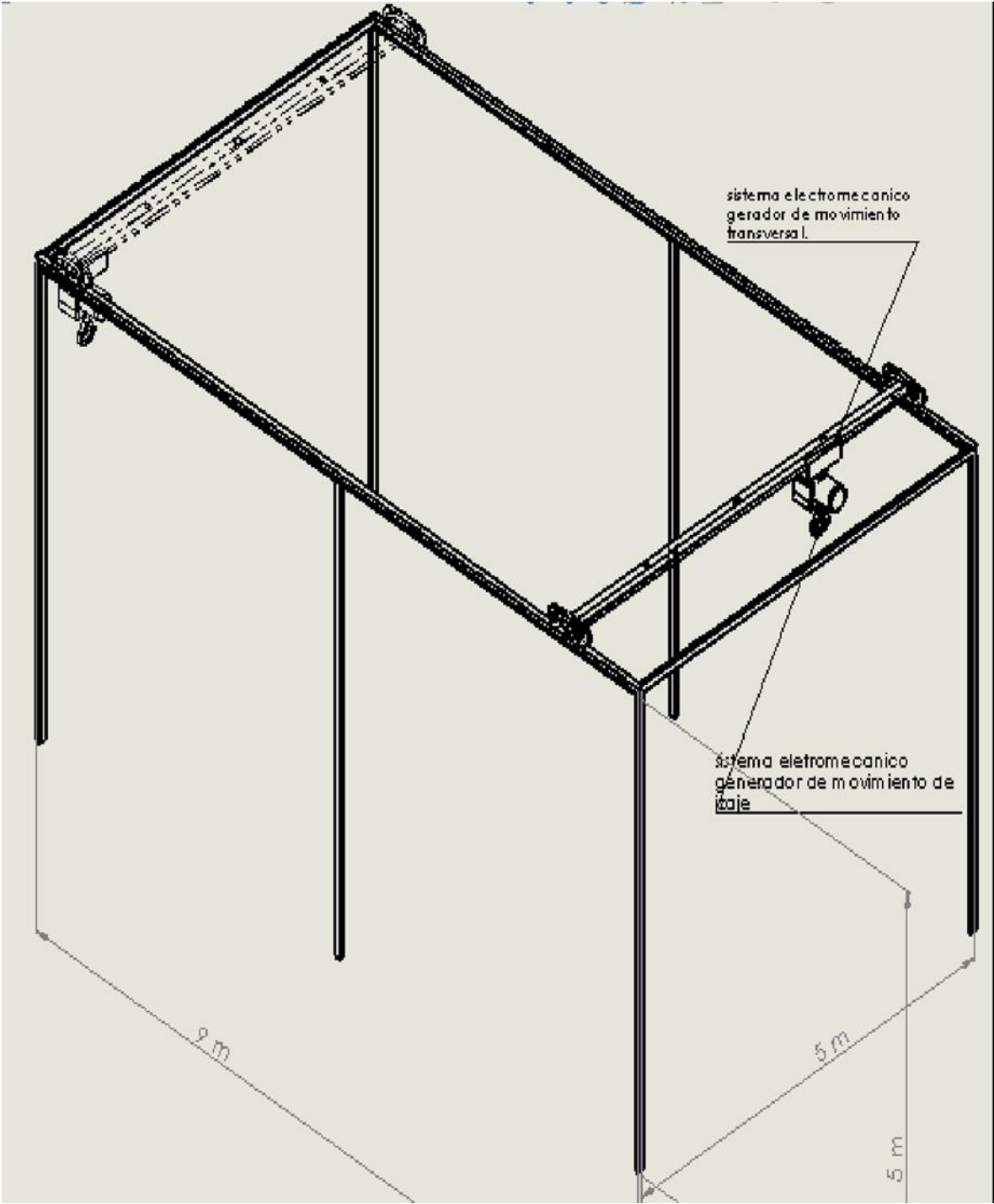
- PUENTE GRUA BOSQUEJO
- CARRO DE TRASLACION
- POLIPASTO ENSAMBLADO

En el bosquejo del puente grúa se puede se puede apreciar la estructura que soportara la carga.

El carro de traslación es una herramienta de marca titán, capaz de movilizar una carga hasta de 1 tonelada inglesa, cuenta con un motor de 120v/60 Hz, con una potencia de entrada 220 watts, y tiene una movilidad de 16.4 m/min.

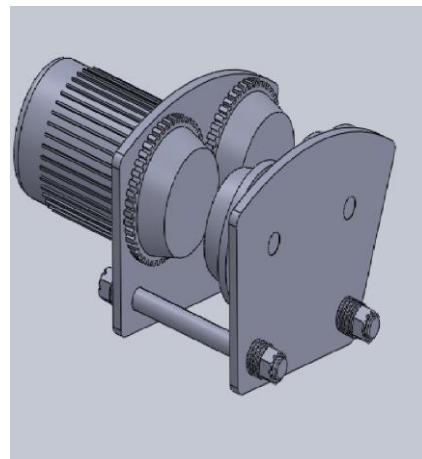
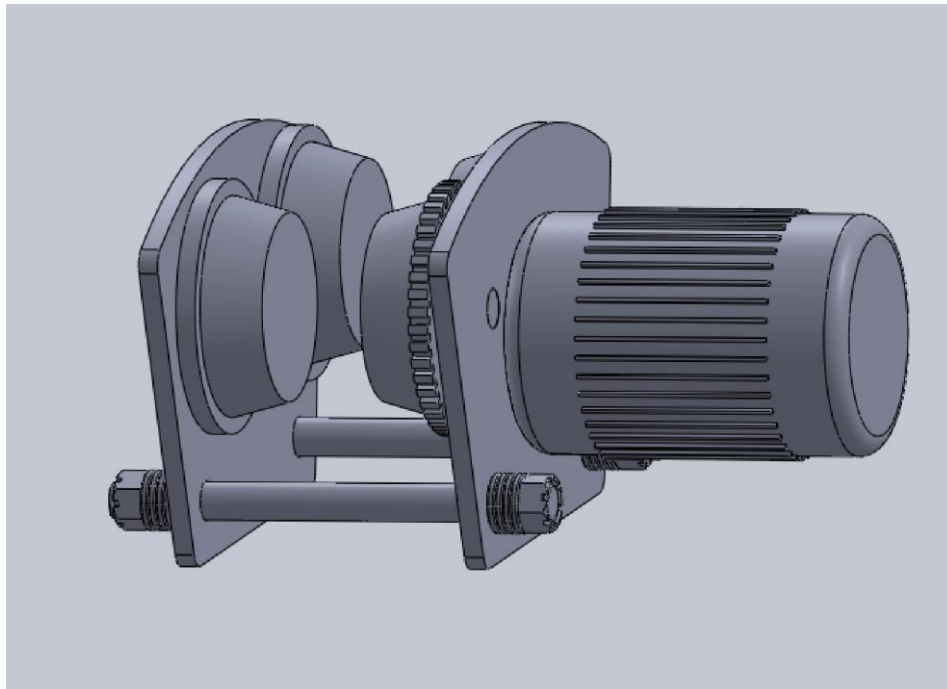
Y el ensamble del polipasto cuenta con una base, la cual soporta el motor y el polipasto, la base antes mencionada también es la herramienta que se une al carro de traslación.

**PUENTE GRUA:**



**Figura 43. Puente grúa.**

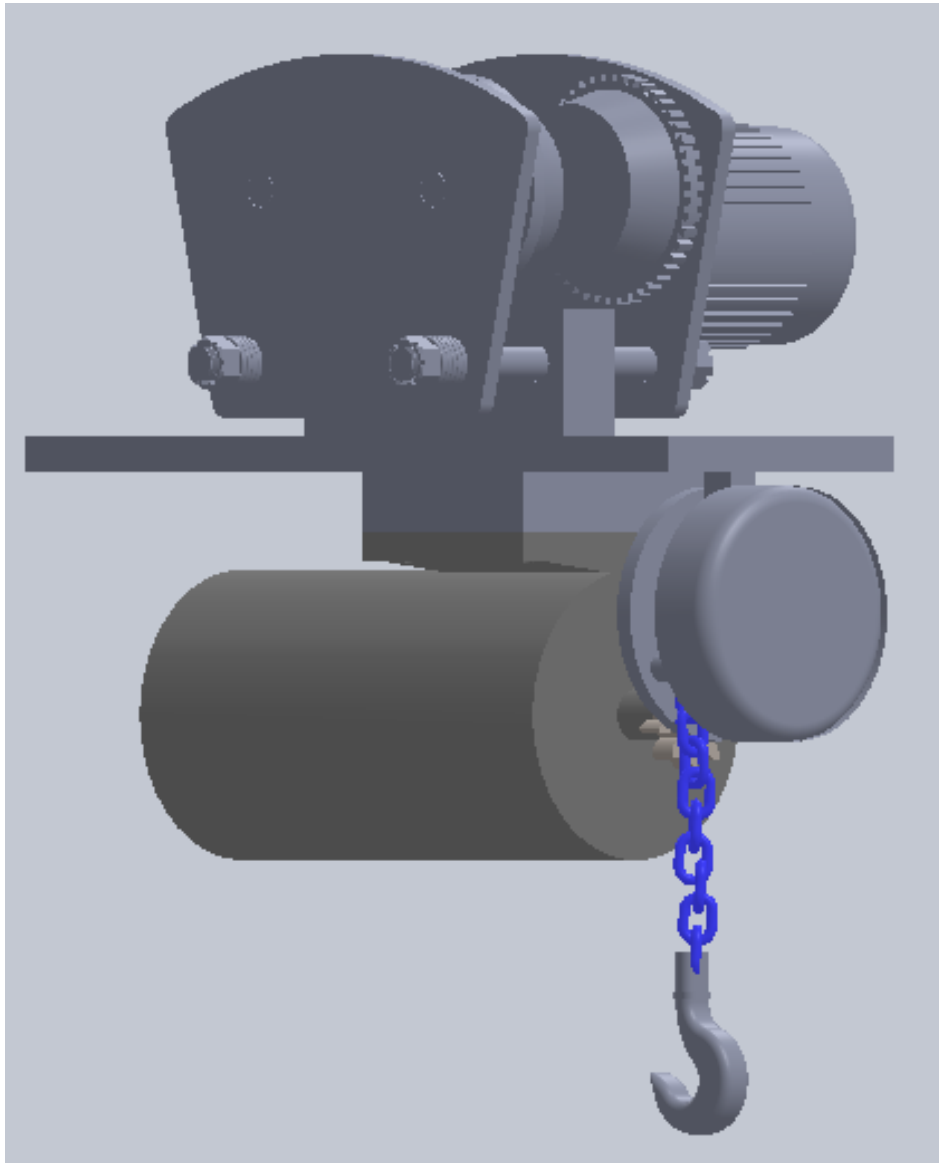
**CARRO DE TRASLACION (TROLE):**



**Figura 44. Carro de traslación (En el ámbito de la industria se le conoce como trole)**

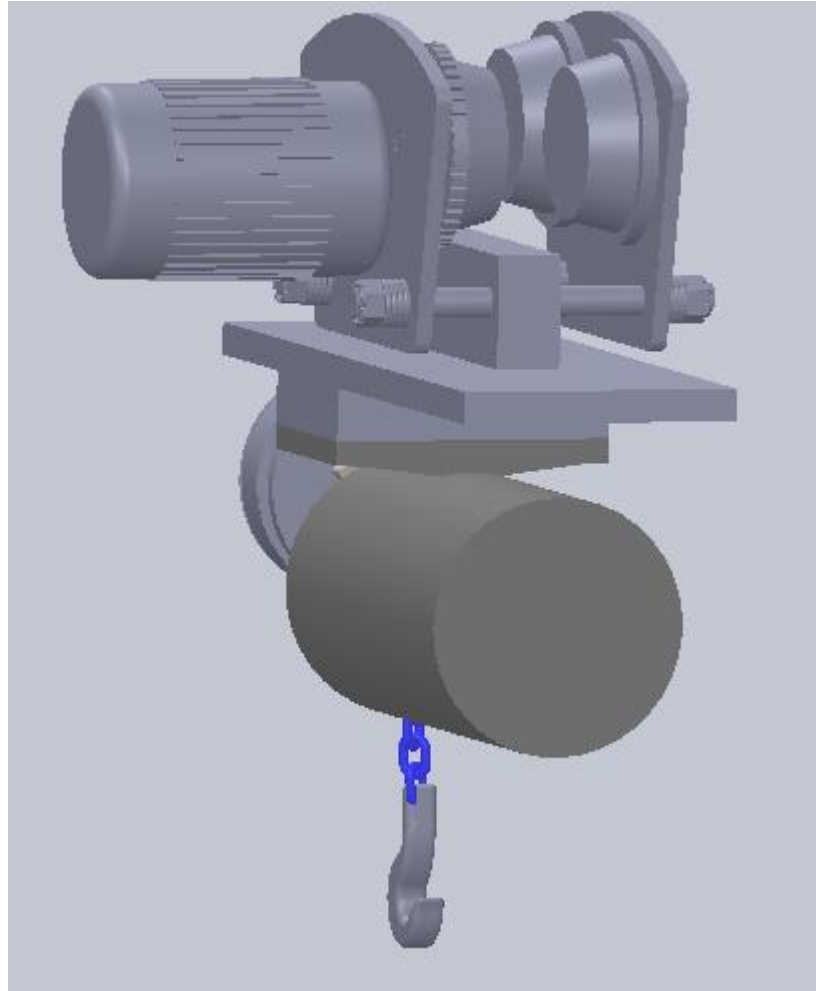


**POLIPASTO:**



**Figura 45. Ensamble de polipasto.**

Otra vista del polipasto eléctrico ensamblado:



**Figura 46. Ensamble polipasto otra vista.**

## **7.2 ELABORACION CONCEPTUAL DE DISEÑO DEL SISTEMA CONTROL:**

Hasta ahora solo hemos analizado la parte mecánica y las herramientas que conformará el sistema motriz, pero no debemos de dejar a un lado la parte eléctrica ya que es muy necesaria para que este proyecto sea realizado satisfactoriamente.

Las herramientas eléctricas que necesitamos son las siguientes:

- Alarmas: Este es considerado un dispositivo de seguridad, y debe de ser colocado en grúas que se operan a distancia, con el fin de avisar el paso de

la grúa con carga. En general las alarmas son sonoras, debido a esto se debe tomar en cuenta el tipo de timbre que emita no sea confundible con algún sonido de alrededor.

- Alimentadores de los carros: Conductores eléctricos que van instalados en el puente para alimentar de energía eléctrica al carro transversal así como a la viga principal. Hay que tomar en cuenta que la potencia y la cantidad de equipo eléctrico por alimentar nos dictaran y reflejaran cuanto variaran en el número y calibre de los alimentadores de carro.
- Frenos de retención: Se les llama así a los frenos instalados en los sistemas de transmisión de la grúa, destinada para los movimientos de esta y mantenerla frenada. Estos frenos tiene como función principal parar la carga que se desplaza y en caso de falla en el suministro de energía eléctrica, a la grúa, deben ser capaces de poder frenar y retener la carga. Pues la manera de frenarlas dependen que el manejo de la carga sea efectivo y seguro. Es por esto que debemos de recalcar que los frenos de retención juegan un papel muy importante en la transmisión de la grúa.



**Figura 47. Imagen de freno de retención electromagnética.**

- Estación de botones: La estación de botones es la unidad destinada a controlar el funcionamiento de los tableros de control para gobernar la

operación de los motores, generalmente son utilizadas por en grúas que son operadas desde el piso. Formando una caja de unidad manuable donde se alojan protegidos el conjunto de botones. Dependiendo del equipo a operar será el número de botones existentes en la estación y por lo regular son botones del tipo de contacto momentáneo.



**Figura 48. Botoneras industriales.**

- **Tablero de control:** Es albergar diferentes dispositivos eléctricos, electrónicos, etc. que gobiernen la lógica y energicen cargas, tales como motores, generadores, máquinas de procesos, etc. Este tablero es destinado al control del funcionamiento de los motores instalados en la grúa. Existen diversos tipos de tableros de control dependiendo del tipo de motor y del funcionamiento que se le quiera dar a este en beneficio de la operación de la grúa. En la mayoría de los casos son utilizados los de tipos reversibles y existen como en el caso de los frenos de retención de corriente directa y corriente alterna para ser operados. Para fines de protección de tableros de control se alojan en gabinetes metálicos. Dichos gabinetes deben estar en comunión con el medio ambiente en el que va ser operado el puente grúa. En la selección del tablero también se toma en cuenta el tamaño del motor y el tipo de servicio que va a brindar o en dado caso estarán funcionando.



**Figura 49. Gabinete de control.**

- Control de frecuencia variable: Este control tiene la característica de manipular la grúa a voluntad del operador, la velocidad del gancho, carro y puente por lo regular es utilizado por los fabricantes de grúa, dando como resultado la precisión y seguridad al momento de operar o realizar alguna maniobra.



**Figura 50. Variador de frecuencia.**

## CAPITULO VIII

### 8.1 CONCLUSIONES:

A lo largo de este último capítulo se pretende plasmar las principales conclusiones y los conocimientos obtenidos a lo largo de este proyecto.

La principal conclusión que se puede extraer es que el objetivo del proyecto se ha cumplido, que fue trabajar en diseño transportador capaz de movilizar los productos terminados en tres ejes coordinados.

Una de las conclusiones que se tomó y ha sido comprobada por medio de la simulación, fue que al elegir una viga con las mismas características tanto para la viga principal como para las vigas riel, si la viga principal era capaz de soportar el peso requerido las vigas riel con mucho mayor razón, ya que estas cuentan con tres postes de apoyo cada una. De esta conclusión partimos con la iniciativa de analizar el comportamiento de la viga principal únicamente, después de sus respectivos estudios pudimos concluir que utilizar una viga de perfil w6 (6x4) (en la figura 23 se aprecia las características de dicho perfil.) es apta a resistir el peso requerido para el trabajo necesario, pero sin dejar a un lado las circunstancias estudiadas a lo largo del proyecto.

Y con respecto a la selección de las herramientas se tomaron diferentes factores para seleccionar cada uno de ellos, uno de los principales factores fue el desempeño y precio, por ejemplo para el carro de traslación nos percatamos que al motorizar un trole de jalón el gasto se incrementaba de manera exponencial y salía a razón de lo mismo que invertir en uno motorizado de fábrica, en cambio en el polipasto eléctrico de cadena si se diferenciaba los precios así que por eso se obtuvo por ensamblar uno.

Un punto importante que hay que recalcar, es que la empresa cuenta con varios materiales seleccionados y se trabajó en base a ellos para darle una buena utilización (Toda esta información se puede revisar a detalle en el capítulo VI).

Una vez terminado el diseño de esta Grúa Puente, se concluye a grandes rasgos que todas y cada una de las partes diseñadas cumplen con la necesidad que se demandó inicialmente en el planteamiento de las necesidades.

### **8.1.1 CONCLUSIONES PERSONALES:**

En lo personal me deja una buena experiencia participar en este proyecto, ya que es un proyecto muy enriquecedor desde un punto de vista académico.

A lo largo de la realización aprendí que los cálculos y decisiones que se toman en este tipo de proyectos tienen que ir estrechamente de la mano con la normativa vigente.


Gracias a este proyecto se ha ampliado y asentado mejor los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera sobre cálculo y diseño de maquinaria y estructuras.

Para finalizar me gustaría añadir que el presente trabajo ha sido un paso muy importante en mi carrera y que estoy seguro que los conocimientos adquiridos serán usados en mi vida profesional de una u otra forma.

### **8.2 FUENTES DE INFORMACION:**

- (AHMSA, 1975) Manual AHMSA. Construcción en Acero, Altos Hornos de México S.A., México, D.F.
- (GDF, 2004) Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas Gobierno del Distrito Federal México, D.F.
- (Mott) Robert I. Mott, P.E. Diseño de elementos de Maquinas, 4ta Edición, México 2006. editorial Pearson Educación.
- (Aquino, 2007) Aquino Aquino Víctor Marín Villanueva Osvaldo, Diseño de una Grúa Viajera de 3 Toneladas y 15 metros de claro Servicio clase C. Tesis de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica UPA del Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 2007

### 8.3 ANEXOS:

Número de documento: NRF-183-PEMEX-2007	 <b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b>
05 de Diciembre de 2007	
PÁGINA 1 DE 49	<b>SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN</b>

## EQUIPO DE MANIOBRA GRÚAS VIAJERAS, POLIPASTOS Y MALACATES

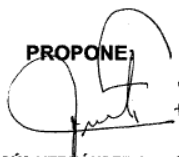
### HOJA DE APROBACIÓN

#### ELABORA:



ING. ISMAEL PINEDA PIÑÓN  
COORDINADOR DEL GRUPO DE TRABAJO

#### PROPONE:



ING. JESÚS HERNÁNDEZ SAN JUAN  
VICEPRESIDENTE DEL SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN  
DE PEMEX-EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

#### APRUEBA:



ING. VÍCTOR RICASÓL BARBEY  
PRESIDENTE SUPLENTE DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE  
PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS