



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



[Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

Esta licencia permite que otros distribuyan, mezclen, adapten y construyan sobre su trabajo, incluso comercialmente, siempre que le reconozcan la creación original. Esta es la licencia más complaciente que se ofrece. Recomendado para la máxima difusión y uso de materiales con licencia.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



N° 033-2024

CONSTANCIA

El que suscribe, director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica, hace constar que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud de la Tesis cuyo título es:

**“DISEÑO DE UNA GRÚA PUENTE DE 15 TN PARA EL TALLER MECÁNICO
DE LA F.I.M.E.E., ICA EN EL AÑO 2021”**

Presentado por:

SALAZAR POZO, FRANCISCOLE JOEL

TITULANDO EGRESADO del nivel de **PREGRADO** de la Facultad **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA** – Escuela Profesional de **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**. El resultado obtenido es un porcentaje de **TRES POR CIENTO (3%)**, por el cual se le otorga el calificativo de:

APROBADO

Se adjunta al presente, el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 12 de Febrero del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



Mag. Zenón Eusebio Pacheco Casavilca
JEFE DE UNIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica



TESIS

"Diseño de una grúa puente de 15 tn para el taller mecánico de la
F.I.M.E.E., Ica en el año 2021".

Línea de investigación: Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

Presentado por:

BACH. SALAZAR POZO FRANCIESCOLE JOEL

Ica, Perú

2024

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a mi madre y “padre”, que siempre han estado apoyándome en forma incondicional y moral, para poder lograr mis metas.

A mi enamorada y hermanos, por su apoyo brindado en toda mi etapa universitaria.

Franciescole Salazar

ÍNDICE

	Pág.
PORTADA.....	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Antecedentes de la investigación.....	2
1.2.1. Antecedentes internacionales	2
1.2.2. Antecedentes nacionales.....	4
1.2.3. Antecedentes locales	6
1.3 Teoría relacionada al tema.....	6
1.4 Formulación del problema.....	18
1.4.1. Problema general.....	18
1.4.2. Problemas específicos	18
1.5 Justificación e importancia de la investigación.....	18
1.5.1 Justificación	18
1.6 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo general	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
1.7 Hipótesis.....	19
1.7.1 Hipótesis General	19
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	20
2.1. Diseño de la investigación.....	20
2.1.1. Tipo de investigación	20
2.1.2. Nivel de investigación.....	20

2.2.	Variables, operacionalización.....	20
2.2.1.	Del problema general	20
2.2.2.	De las dimensiones.....	21
2.3.	Población y muestra	21
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	21
2.4.1.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
2.4.2.	Metodología de diseño para puente grúa.	22
2.4.3.	Validación y confiabilidad del instrumento.....	24
III.	RESULTADOS.....	25
3.1	Aspectos generales	25
3.1.1	Descripción de la propuesta de diseño y taller mecánico de la F.I.M.E.E	25
3.2	Desarrollo del diseño de un puente grúa para el taller mecánico de la F.I.M.E.E.....	26
3.2.1	Situación actual, desarrollo de la lista de exigencias.	26
3.2.3	Matriz morfológica (determinación de portadores de funciones)	28
3.2.4	Cálculos de carga para el diseño del puente grúa	34
3.2.5	Cálculos de la viga principal	35
3.2.6	Cálculos y dimensionamiento de las testeras.....	42
3.2.7	Cálculos de las vigas carrileras.....	48
3.2.8	Cálculos de las columnas	55
3.2.9	Cálculos de la placa base.....	56
3.2.10	Cálculos de los pernos estructurales del puente grúa.....	57
3.3	Análisis estadístico de los resultados.....	59
3.4	Prueba de hipótesis.....	59
IV.	DISCUSIÓN.....	60
V.	CONCLUSIÓN.....	61
VI.	RECOMENDACIÓN.....	62
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	63
VIII.	ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla I: Lista de exigencias de diseño de un puente grúa.....	26
Tabla II: Banco de alternativas para diseño de un puente grúa.....	29
Tabla III: Selección de diseño del puente grúa para el taller mecánico de la F.I.M.E.E.....	30
Tabla IV: Evaluación del diseño mecánico – valor técnico(xi).....	31
Tabla V: Evaluación del diseño mecánico – valor económico (xi).....	31
Tabla VI: Propiedades del perfil W24x162.....	36
Tabla VII: Propiedades del perfil TS12x8.....	45
Tabla VIII: Propiedades del perfil W12x65	52

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Grúa puente.....	11
Figura 2: Grúa pórtico.....	11
Figura 3: Grúa semi pórtico.....	12
Figura 4: Grúa ménsula.....	12
Figura 5: Grúa brazo giratorio.....	13
Figura 6: Grúa torre.....	13
Figura 7: Grúa auto montante.....	14
Figura 8: Diseño de la investigación.....	20
Figura 9: Fases para el diseño del puente grúa.....	22
Figura 10: Black box de diseño para puente grúa.....	27
Figura 11: Desarrollo de procesos técnicos para el diseño.....	28
Figura 12: Evaluación técnica y económica – solución ideal.....	32
Figura 13: Solución de diseño 01.....	32
Figura 14: Solución de diseño 02.....	33
Figura 15: Solución de diseño 03.....	33
Figura 16: Modelamiento unidimensional de la viga principal del puente grúa.....	35
Figura 17: Diagrama de cuerpo libre de la viga principal.....	35
Figura 18: Perfil de la viga principal.....	36
Figura 19: Diagrama de esfuerzo cortante de la viga principal.....	38
Figura 20: Diagrama de distribución de carga de la viga principal.....	39
Figura 21: Diagrama de carga puntual en la viga principal.....	39
Figura 22: Diagrama del momento total en la viga principal.....	40
Figura 23: Modelamiento unidimensional de la viga testera.....	42
Figura 24: Diagrama de cuerpo libre de la viga testera.....	42
Figura 25: Diagrama del esfuerzo cortante de la viga testera.....	43
Figura 26: Diagrama de las fuerzas puntuales en la viga testera.....	43
Figura 27: Diagrama de las fuerzas distribuidas de la viga testera.....	44
Figura 28: Diagrama de las fuerzas distribuidas de la viga testera.....	44
Figura 29: Perfil seleccionado para la viga testera.....	45
Figura 30: Modelamiento unidimensional de la viga carrilera.....	48
Figura 31: Diagrama de cuerpo libre de la viga carrilera.....	48
Figura 32: Diagrama de cuerpo libre para tramo crítico de la viga carrilera.....	49
Figura 33: Diagrama de corte para viga carrilera.....	49
Figura 34: Gráfica de carga distribuida para viga carrilera.....	50

Figura 35: Gráfica de cargas puntuales en la viga carrilera.....	50
Figura 36: Gráfica del momento total en la viga carrilera.....	51
Figura 37: Gráfica del perfil de la viga carrilera.....	51
Figura 38: Diagrama de cuerpo libre de la viga carrilera.....	54
Figura 39: Modelamiento unidimensional de la columna.....	55
Figura 40: Diagrama de cuerpo libre de la columna.....	55

RESUMEN

El presente trabajo de investigación desarrolla los conocimientos que recibí durante mi formación académica en el claustro universitario, así como también responde al aprendizaje que he venido adquiriendo en el ejercicio de mi profesión, para lo cual se emplea la aplicación de la normativa de diseño vigente, la justificación basada en los cálculos estructurales que responde a la elección del diseño óptimo para el taller mecánico de la F.I.M.E.E; diseño analizado tanto técnica, como económicamente mediante la aplicación de 04 fases y tabulación de puntajes. Los métodos de cálculo utilizados en el presente trabajo fueron de gran ayuda para obtener los resultados que fueron satisfactorios para pasar a una etapa de planificación para la construcción de diseño planteado del puente grúa. El presente proyecto se encuentra a nivel de ingeniería básica pues cumple a nivel de selección de cálculos justificativos los cuales servirán de base para la etapa de diseño o ingeniería de detalle de planos de construcción y montaje si así se requiriese.

Palabras clave: proyecto, cálculo, diseño.

ABSTRACT

This research work develops the knowledge that I received during my academic training in the university faculty, as well as responds to the learning that I have been acquiring in the exercise of my profession, for which the application of current design regulations is used, the justification based on the structural calculations that responds to the choice of the optimal design for the F.I.M.E.E mechanical workshop; design analyzed both technically and economically through the application of 04 phases and tabulation of scores. The calculation methods used in this work were of great help to obtain the results that were satisfactory to move to a planning stage for the proposed design construction of the overhead crane. This project meets the level of design selection and supporting calculations which will serve as a basis for the design stage of construction and assembly plans if required.

Keywords: project, calculation, design.

I.- INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En el taller mecánico de la F.I.M.E.E. actualmente no existe un sistema para el izaje y transporte de cargas de piezas mecánicas, en las labores con las maquinaria del taller mecánico de producción tanto en trabajos de torno, fresado y soldadura cuando se requiere el movimiento de cargas pesadas, estos movimientos se realiza de forma manual entre el personal técnico, lo cual es contraproducente ya que afecta directamente en la salud del personal generando problemas médicos como trastornos neurológicos en caso de golpes en la zona de la cabeza, daños severos en la columna vertebral, hernias abdominales, golpes y fracturas; así como también existe el peligro latente de accidentes laborales como aplastamiento ya que existe una considerable probabilidad de que estos sucedan. De manera congruente a la instrucción tecnológica, la grúa puente es un equipo mecánico indispensable en la industria nacional, el cual es campo de acción de los egresados de la facultad, dado que actualmente no contamos con un equipo mecánico como este en el taller mecánico, los recién egresados carecen de conocimientos acerca de diseño y conocimientos técnicos de mantenimiento y funcionamiento de una grúa puente.

Por ello se requiere del estudio y análisis para realizar la selección de los elementos estructurales principales de un puente grúa, mediante el estudio de las fuerzas que actúen sobre estas a fin de realizar la selección correcta que soporten todos los esfuerzos, esta selección se debe realizar mediante los cálculos matemáticos, lo cual se enmarca dentro del desarrollo del concepto de ingeniería básica.

Del desarrollo y justificación matemática de la selección de elementos estructurales principales, se puede sostener y desarrollar posteriormente la ingeniería de detalle que consiste precisamente en el desarrollo de planos de fabricación y montaje, que es el proceso o etapa siguiente al desarrollo de la etapa de la ingeniería básica, el cual puede ser tema de estudio o desarrollo de otro proyecto de tesis a futuro, dado que este trabajo de investigación se limita a la justificación matemática de la selección de los elementos estructurales para el diseño de un puente grúa que pueda llevarse a una futura construcción para el taller mecánico de la F.I.M.E.E; Dado la necesidad descrita de la implementación para el movimiento y traslado de elementos mecánicos que se trabajan de forma diaria dentro del taller en mención.

1.2. Antecedentes de la investigación

La investigación actual se basa en estudios anteriores de ámbito mundial, nacional y local que han abordado las mismas cuestiones exploradas en este estudio.

1.2.1. Antecedentes internacionales

Santiago Morales Gordon y Cesar Silva Proaño (2011) "Diseño de un puente grúa tipo de 5 toneladas de capacidad para la industria metalmecánica". Ecuador – Quito – "Escuela Politécnica Nacional".

Resumen: El sector metalmecánico en Ecuador está experimentando un importante crecimiento y ha despertado el interés de los ingenieros mecánicos de nuestra nación. La industria metalmecánica juega un papel importante en los sectores productivos y constructivos del país. La implementación de métodos que mejoren la eficiencia dentro de este negocio es crucial. Como resultado, muchas empresas metalmecánicas del país confían ahora en sistemas de elevación esenciales del tipo puente grúa, que mejoran considerablemente las operaciones industriales. Sin embargo, hasta la fecha, ningún estudio ha identificado de forma definitiva los requisitos imperantes en el sector metalmecánico. El capítulo 1 de este trabajo ofrece un análisis teórico-descriptivo de las estructuras de acero y los puentes grúa. Su objetivo es familiarizar al lector con la terminología de ingeniería utilizada a lo largo de la obra. En el capítulo 2 se exponen los principios teóricos de resistencia de materiales y diseño estructural, que servirán de marco fundamental para el diseño de este proyecto. Este capítulo también proporciona los puntos de referencia mundiales y ecuatorianos que servirán de base para este diseño. El capítulo 3 de la investigación se centra en el negocio metalmecánico en la nación. Examina una muestra aleatoria de edificios tipo puente grúa de la industria metalmecánica de Ecuador mediante un análisis estadístico. En este capítulo se esbozan los criterios específicos que debe satisfacer la nave industrial para ajustarse a las normas del país e implantarse con éxito. Se utilizan matrices de selección de ingeniería para determinar una solución práctica para seleccionar las opciones de diseño. El capítulo 4 consolida las características del edificio industrial basándose en los criterios expuestos en el capítulo 3. Utilizando los principios teóricos del capítulo 2, se determinan las cargas de diseño para el edificio industrial. El capítulo 5 utiliza los principios teóricos expuestos en el capítulo 2 y los criterios de diseño establecidos en el capítulo 4 para proponer una solución para el diseño de la obra. En este capítulo se determina el perfil más adecuado que debe emplearse, se diseñan las cimentaciones, los accesorios de conexión y las uniones tanto soldadas como

atornilladas. El capítulo 6 presenta un manual conciso para el proceso de construcción, basado en la teoría estructural y en los consejos de muchos diseñadores de estructuras. En el Capítulo 7, se determina el análisis de costes para la ejecución del proyecto a partir de las sugerencias de las empresas de estructuras y de las conversaciones mantenidas con proveedores comerciales de construcción del país.

Aguirre, Alejandro Omar y Medei, Uriel Ricardo (2018) “Diseño, calculo y dimensionamiento de un puente grúa”. Argentina – Santa Fe - “Universidad Tecnológica Nacional” Facultad Regional “Venado Tuerto” Departamento de Ingeniería Electromecánica.

Resumen: El objetivo de este proyecto es desarrollar el diseño y realizar los cálculos mecánicos de un puente grúa destinado a ser utilizado en una planta metalúrgica. Las dimensiones de esta máquina serán las siguientes: La altura será de 6 metros, la longitud de 25 metros y la anchura de 10 metros. La capacidad de carga máxima será de 5.000 kilogramos. Hemos optado por utilizar un sistema de birriel que mejora tanto la integridad estructural de la máquina como minimiza el tamaño de los perfiles estándar utilizados en las vigas principales, las vigas secundarias y los componentes del mecanismo de accionamiento del puente. La elección del cable de acero se basó en los métodos de cálculo descritos en la norma DIN 4130. Al utilizar un sistema de cuatro torones, la capacidad de carga máxima de cada torón será de 1250 kg. Esto permite reducir el tamaño del cable de acero, el diámetro del tambor y, por consiguiente, la relación de transmisión de la caja de cambios. En consecuencia, puede utilizarse una caja de cambios más ligera.. En cuanto a los cálculos estructurales, se han empleado secciones cuadradas normalizadas para el carro de traslación, mientras que para las vigas y columnas principales y secundarias se han utilizado secciones IPN normalizadas. Esta elección optimiza la eficacia de la producción y minimiza el coste de la máquina. Para garantizar la seguridad de los operarios y de las instalaciones, el puente estará equipado con motores dotados de freno electromagnético, limitador de carga máxima, finales de carrera de elevación, de desplazamiento del carro y de avance del puente. Además, dispondrá de tres gamas diferentes de velocidades de movimiento, que variarán en función del peso de la carga. El resultado final de este proyecto supondrá el cálculo mecánico de una grúa puente a medida que cumpla los requisitos exclusivos de una empresa metalúrgica. El proyecto de la cátedra de automatización y control industrial contiene los esquemas de los circuitos de potencia y mando, la programación del autómeta programable y la selección de los componentes eléctricos.

Sanz Pascual Jon (2018) “Diseño y cálculo de nave con grúa puente para taller mecánico”. España – País Vasco – “Universidad del País Vasco”.

Resumen: Este proyecto tiene como objetivo diseñar, calcular y definir la estructura necesaria para la construcción de un edificio industrial que estará equipado con un puente grúa de dos toneladas. El proyecto incluye los documentos esenciales (planos y cálculos) necesarios para definir con precisión los siguientes componentes: Los cimientos del edificio se construyen mediante zapatas independientes, que se conectan con vigas de arriostramiento para evitar cualquier desplazamiento relativo. Una estructura metálica diseñada para alojar el puente grúa y proporcionar soporte a los forjados y cerramientos. -Cerramiento construido con paneles sándwich. La estructura y la cimentación se han calculado mediante los módulos Gantry Generator y Nuevo Metal 3D desarrollados por Cype Ingenieros. Adicionalmente, se utilizó el programa Cespla para verificar algunos aspectos.

1.2.2. Antecedentes Nacionales

Huamani Matute, Luis Nerio (2010) “Diseño de un puente grúa de 18 metros luz, con 8 TM de capacidad”. Perú – Lima – “Universidad Nacional de Ingeniería”.

Resumen: Este libro proporciona información concisa y práctica para el diseño estructural de un puente grúa, abarcando tablas, fórmulas y su aplicación práctica. El informe de suficiencia contiene información derivada de mis conocimientos y experiencia adquiridos trabajando en la empresa en la que estoy empleado actualmente. Una de las divisiones de la empresa está especializada en el diseño, la producción y el montaje de estructuras de acero. Esta división cuenta con una certificación de gestión de la calidad, ISO 9001:2008, y actualmente persigue la certificación del American Institute of Steel Construction (AISC). El objetivo es convertirse en la segunda organización de Perú y la sexta de Sudamérica en conseguir esta certificación. Este libro está organizado en cinco capítulos: El capítulo 1 sirve de introducción y proporciona información exhaustiva sobre los antecedentes, el objetivo, el alcance, las limitaciones y la idea básica del diseño estructural de un puente grúa. El capítulo 2 se centra en las estructuras metálicas, tratando específicamente la importancia del acero estructural, las vigas cajón, las juntas y los procedimientos de arenado y pintura en la construcción de dichas estructuras. En cuanto a las uniones, se tratan las uniones atornilladas, junto con la inclusión de tablas que pueden utilizarse para especificar los detalles concretos. La soldadura es un campo especializado dentro de las construcciones metálicas

que sigue las directrices esbozadas en el código de soldadura AWS D1.1 edición 2004. Este código sirve de referencia principal para los procesos de soldadura, la cualificación de los métodos de soldadura, la cualificación de los soldadores y el control de calidad de las conexiones soldadas. El capítulo 3 se centra en los factores que hay que tener en cuenta al diseñar la estructura de un puente grúa. También explica el proceso de cálculo de la integridad estructural de la viga cajón principal, la selección de componentes electromecánicos y la creación de planos detallados. Este capítulo pretende demostrar que el objetivo principal de este informe de suficiencia es el cálculo estructural del puente grúa. El resto del equipamiento electromecánico puede contratarse a los numerosos proveedores de diferentes marcas disponibles en el mercado. El capítulo 4 se centra en la evaluación de costes utilizando una curva en S para comparar el coste acumulado real, el valor ganado y el valor proyectado. Esta comparación sirve para medir la eficacia del control de los costes de diseño. En este estudio se utilizará como sistema principal el Sistema Internacional de Unidades. Sin embargo, en determinadas circunstancias, también se utilizará el sistema inglés, ya que la información de referencia es americana (EE.UU.) y se entiende que ambos sistemas se utilizan en el mercado.

Millones Paucar, Luis Alberto (2015) “Diseño y selección de un puente de grúa, de 30 tn. Para una planta de fundición de aceros especiales”. Perú – Lima – “Universidad Nacional de Ingeniería”.

Este informe engloba el proceso de diseño y selección de un sistema de puente grúa de 30 Tn de capacidad para una instalación especializada en fundición de acero. El objetivo de este sistema es facilitar el transporte de materiales y el movimiento de cucharas a los moldes para colada dentro del área de fundición de la empresa FUCSA. El expediente técnico fue presentado el 20 de abril de 2015. El estudio está estructurado en cinco capítulos, seguidos de conclusiones, sugerencias, referencias, planos y apéndices. El capítulo I presenta el contexto, propósito, fundamentación y alcance del informe. El Capítulo II trata de los fundamentos teóricos técnicos. El Capítulo III esboza el proceso de identificación del problema. El Capítulo IV se centra en la formulación del problema para los cálculos y diseños. El Capítulo V se centra en el desarrollo de las evaluaciones de costes, los presupuestos y los calendarios de actividades. Se especifican las numerosas categorías de puentes grúa. Por último, se ofrecen las conclusiones y sugerencias derivadas de la realización de este proyecto, que se fundamentan en los conocimientos prácticos adquiridos sobre el terreno y en el examen teórico del fabricante. Por último, se adjuntan la referencia bibliográfica y los anexos

que incluyen los materiales primarios que fundamentan el diseño y la simulación del puente grúa.

Yarasca Cordova Pedro (2002) “Diseño de una grúa tipo puente de 10 ton para una planta industrial”. Perú – Lima – “Universidad Nacional de Ingeniería”.

Resumen: El informe de ingeniería se elaboró con el fin de presentar un análisis técnico y económico exhaustivo para el diseño de un puente grúa con una capacidad de 10 toneladas. Es fundamental destacar el uso de estas máquinas en el sector, ya que agilizan el transporte de cargas mediante equipos de elevación y movimiento, según las necesidades del usuario. En el diseño del puente grúa se ha tenido en cuenta una capacidad de carga máxima de 10 toneladas, ya que este rango de peso es ampliamente utilizado en una parte importante de las industrias. La investigación se estructura en 6 capítulos, con el objetivo de abordar de forma exhaustiva y didáctica cada uno de los temas planteados. El capítulo inicial presenta el contexto y los objetivos del presente estudio. En el segundo capítulo se exponen las distintas categorías y los componentes fundamentales de las grúas puente. El tercer capítulo presenta las consideraciones de diseño mecánico, el cálculo de las soldaduras y el cómputo del mecanismo de traslación del tranvía. El cuarto capítulo se centra en el cómputo de la estructura de soporte de la grúa, el cálculo de las vigas y la disposición de las vigas de rodadura. El quinto capítulo introduce la presentación del conjunto estructural. El Sexto Capítulo ofrece un análisis de la evaluación económica, incluidos los diversos gastos relacionados con los materiales y equipos, la mano de obra y la rentabilidad potencial del proyecto. Por último, este documento presenta las conclusiones y sugerencias.

1.2.3. Antecedentes Locales

Por la situación actual el recinto universitario se encuentra sin atención al usuario, por tal no se ha podido constatar en el repositorio físico de la facultad de ingeniería mecánica, así como en el repositorio virtual de la universidad nacional “San Luis Gonzaga” de Ica no se ha encontrado antecedentes.

1.3 Teoría Relacionada al Tema

Base histórica de las grúas

Unitec Lifting Solution (2016). Respecto a la historia de la grúa nos encontramos con lo propuesto:

La grúa ha sido un aparato crucial en la antigua Grecia y sigue desempeñando un papel fundamental en la carga y el transporte de grandes materiales. Comprender el proceso

evolutivo de la grúa desde sus inicios es de suma importancia. A la antigua Grecia se le atribuye la invención y utilización de las primeras grúas equipadas con poleas acanaladas para levantar estructuras altas. Estas grúas funcionaban tanto con animales como con mano de obra humana. No es exagerado afirmar que la presencia de grúas ha tenido un impacto significativo en el progreso de la raza humana en el sector industrial. Las primeras pruebas de la utilización de estas máquinas, descubiertas en Grecia en torno al siglo VI, consistían en huellas hechas con tenazas de hierro en los bloques de piedra de los templos. La presencia de estas marcas sirve de prueba, ya que están situadas precisamente en el centro de gravedad de los bloques. Durante ese siglo se introdujeron el cabrestante y la polea como método predominante para elevar pesos verticalmente, en sustitución de las rampas. El uso del cabrestante y la polea facilitó enormemente la construcción de sus templos al permitir el transporte de numerosas piedras más pequeñas, lo que resultó más cómodo y eficaz que utilizar un número limitado de piedras más grandes. Estas grúas tienen una capacidad de elevación que oscila entre las 15 y las 20 toneladas. Posteriormente, se crearon grúas de mayor capacidad incorporando más poleas para mejorar su capacidad de elevación. La prueba escrita más antigua de la primera grúa construida con poleas se encuentra en los ejercicios de mecánica atribuidos a Aristóteles (384-322), que podrían haber sido desarrollados posteriormente.

La antigua Roma adoptó la grúa, un invento originario de la antigua Grecia, para mejorar sus capacidades. Los romanos vieron la necesidad de mejorar la tecnología de las grúas debido a la creciente necesidad de construir grandes estructuras. Este es el periodo histórico en el que la grúa alcanzó su máxima popularidad y éxito en la antigua Roma. Durante este periodo se construyeron muchos tipos de grúas. Una "tripa" es un tipo básico de grúa romana que consta de una sola viga, un cabrestante, una cuerda y un bloque que contiene tres poleas. Este diseño permite una ventaja mecánica de 3 a 1, lo que significa que una persona que ejerza una fuerza de 50 kilogramos puede levantar 150 kilogramos ($3 \text{ poleas} \times 50 \text{ kg} = 150 \text{ kg}$). Esto supone que 50 kilogramos representan el esfuerzo máximo que una persona puede sostener durante un periodo prolongado de tiempo. La Pentapast es una grúa robusta que funciona con un sistema de cinco poleas, lo que la convierte en una de las variantes de grúa más pesadas que existen. Esta grúa se empleaba para transportar bloques de gran tamaño durante la construcción de grandes estructuras. La Polispasto es una grúa manejada por cuatro trabajadores situados a ambos lados del cabrestante. Es la grúa más grande y pesada, y utiliza un sistema de poleas de tres por cinco con dos, tres o cuatro mástiles, dependiendo de la mayor carga que pueda soportar. El Polispasto tiene una capacidad máxima de elevación de 3.000 kg, que se calcula multiplicando el número de cuerdas

(3), poleas (5), trabajadores (4) y su peso individual (50 kg). Sin embargo, reduciendo a la mitad el equipo, el Polispasto puede duplicar su carga máxima hasta 6.000 kg. Es ampliamente aceptado que los ingenieros romanos utilizaron una torre para llevar a cabo la tarea de elevar estos impresionantes pesos.

A principios de la Edad Media, las grúas se empleaban en puertos y astilleros para cargar y construir barcos. Las grúas de pórtico se desarrollaron construyéndolas junto con torres de piedra, que proporcionaban mayor estabilidad. Desde la revolución industrial, las grúas de madera se crearon utilizando hierro fundido y acero. Las máquinas de vapor surgieron como fuente inicial de energía mecánica a lo largo del siglo XVIII. Las grúas contemporáneas suelen emplear motores de combustión interna o sistemas de motores eléctricos e hidráulicos para aumentar su potencia. Sin embargo, las grúas manuales siguen utilizándose para tareas menores o en situaciones en las que no resulta rentable tener acceso a la electricidad.

El avance de las grúas contemporáneas, incluida la utilización de acero de alta calidad para construir las plumas y la incorporación de sofisticados sistemas electrónicos para garantizar el cumplimiento de la normativa mundial de seguridad, ha experimentado una progresión notablemente rápida en las dos últimas décadas. Los sistemas de pluma telescópica incluyen refuerzos estructurales que permiten a la pluma soportar pesos significativamente mayores. Además, un revolucionario mecanismo hidráulico de flexión minimiza el peso de la pluma, acercándola a su límite máximo. Como consecuencia, se produce un aumento significativo de la deformación del acero y una disminución sustancial del peso de la pluma. Los numerosos avances en la tecnología de grúas han aumentado considerablemente su capacidad para soportar cargas más elevadas. Sin embargo, es imprescindible que estas grúas sean manejadas y supervisadas exclusivamente por expertos experimentados que posean amplios conocimientos en la materia. En una profesión en la que la seguridad y la formación han pasado a ser primordiales, cualquier fallo puede tener consecuencias devastadoras.

La grúa puente

Vasco (2011) afirma lo siguiente: Los puentes grúa son dispositivos mecánicos utilizados para elevar y transportar mercancías, a menudo en el contexto de operaciones de almacenamiento o durante la producción de maquinaria y equipos. Un puente grúa suele consistir en una estructura doble que se apoya en dos testeros autopropulsados sincronizados. Estos testeros están equipados con ruedas que tienen múltiples pestañas, lo que permite un fácil reenvío. En esta estructura se apoya un carro automotor capaz de recorrer toda la longitud de la estructura. El carro soporta un polipasto, que tiene cables de elevación colgados entre las dos mitades de la estructura. Alternativamente, la estructura puede ser de un solo raíl con un diseño básico. La integración de los

movimientos de la estructura y el tranvía permite manipular cualquier punto específico de una superficie definida por la longitud de los raíles y la distancia entre los testeros. Los carriles de desplazamiento se sitúan a un nivel horizontal similar al del carro, y su elevación define la mayor altura operativa posible de la máquina. La presencia de una posición elevada para los raíles indica la necesidad de una estructura de soporte. En las máquinas de exterior, la estructura está diseñada exclusivamente para esta función concreta, mientras que en las máquinas de interior, puede estar conectada o integrada en la construcción del edificio al que sirve la máquina. El manejo de la máquina puede efectuarse bien desde una cabina adosada a la misma, situada a menudo en uno de sus extremos, o bien, en el caso de máquinas sin un ciclo operativo específico, mediante un mando a distancia conectado por cable que puede engancharse en el punto de operación. Los puentes grúa son dispositivos mecánicos utilizados para elevar y transportar objetos, que suelen emplearse en instalaciones industriales y talleres, tanto para aplicaciones interiores como exteriores. Esencialmente, se trata de un almacén elevado construido a partir de una o varias vigas metálicas, equipado con un mecanismo de desplazamiento de 4 ruedas sobre raíles laterales. Está propulsado por uno o varios motores eléctricos y dispone de un sistema de elevación central facilitado por un polipasto y un gancho. Por otro lado; Huaroc (2018) nos afirma: Un puente grúa es un aparato de elevación que funciona de forma intermitente y consta de varios componentes y sistemas. Su finalidad es distribuir cargas de determinados tonelajes dentro de su radio de acción. El puente grúa puede considerarse la culminación de varios componentes que han convergido para formar los equipos modernos. Normalmente, son aparatos equipados con poleas acanaladas, contrapesos, mecanismos poco complicados y otros componentes diseñados únicamente para generar una ventaja mecánica con el fin de mover cargas pesadas. Su uso está restringido exclusivamente a su lugar de reunión designado. El movimiento de las grúas puente, a saber, longitudinal, transversal y vertical, suele producirse dentro de una estructura, como un almacén o una instalación industrial. Estas grúas están restringidas a ciertos movimientos que están claramente definidos y no pueden alterarse.

Definimos un puente grúa como una máquina de elevación cuyo funcionamiento es discontinuo, este se encuentra edificado por distintas piezas y mecanismos (poleas acanaladas, contrapesos, mecanismos simples, ganchos, motor eléctrico, etc.) cuya función es distribuir o transportar cargas dentro del espacio o área en el que se encuentra instalado es decir el uso de esta máquina de elevación está limitada al lugar donde se ha realizado el montaje. Estos movimientos del puente grúa como longitudinal, transversal vertical se realiza generalmente a lo largo de una edificación, este puede ser en naves industriales o almacenes, los movimientos que este equipo realiza son

imposibles de modificarlos. Este equipo o máquina de elevación de carga podemos dividirlo en dos grandes partes: Estructura y los mecanismos.

Estructura: se define como la base física en la cual van a trabajar los mecanismos, de forma genérica la estructura principal de un puente grúa es similar para todos los tipos de puente grúa, ya que son elementos análogos en forma y funcionamiento, formada por:

- Polipasto: Una palanca se emplea para elevar o transportar una carga con una palanca mecánica significativa, ya que requiere la aplicación de una fuerza mucho menor que el peso que se mueve. El mecanismo dispone de dos o más poleas para reducir la cantidad de fuerza necesaria. Estos mecanismos se emplean habitualmente en talleres o industrias para facilitar la elevación y colocación rápida y sin esfuerzo de elementos y suministros de gran tamaño en las distintas máquinas de los talleres o almacenes.
- Viga principal: Elemento dinámico de la estructura, cuya función es el soporte de la carga viva en el proceso de operación.
- Viga Testera: El elemento dinámico se fija firmemente a la viga principal y su finalidad es soportar el peso de la carga viva y muerta de la viga principal.
- Viga Carrillera: El componente estático de la estructura sirve para soportar horizontalmente y dirigir las cargas sobre su carril a una altura constante.
- Placas de conexión: Componentes mecánicos diseñados para mantener la viga extrema en una posición estable e inflexible.
- Columnas: componentes inmóviles que proporcionan soporte estructural para las cargas dinámicas y estáticas del sistema global.
- Arriostres: miembro de la viga de unión que sirve para mantener la rigidez de la construcción del puente grúa.
- Placa base: elemento de apoyo estacionario que sirve para distribuir uniformemente las tensiones y evitar deformaciones.
- Pedestal: sirve de cimiento para toda la estructura, proporcionando soporte para las presiones de compresión causadas por la carga viva y muerta. Además, absorbe las vibraciones que se producen durante el funcionamiento.
- Mando de control: es el componente responsable del control y el funcionamiento de la grúa puente.

Mecanismos: El conjunto de estos sistemas permite el correcto funcionamiento de la grúa puente. Se compone de los siguientes sistemas:

- Sistema de traslación del puente: mecanismo que opera sobre los raíles de la viga, responsable de transferir horizontalmente el peso sobre la grúa puente. Consta de dos motores eléctricos sincronizados.
- Sistema de izaje de carga: dispositivo que permite el movimiento ascendente de la carga. Es el sistema más robusto y necesita componentes de seguridad para evitar cualquier situación de inferioridad. Los numerosos tipos de sistemas de elevación incluyen polipastos, carros elevadores y carros abiertos.
- Sistema de Traslación del polipasto: mecanismo que permite el movimiento horizontal y transversal del polipasto, independientemente de la presencia de un peso.

Tipos de puente grúa

- Grúa puente: Ya definidas líneas atrás.



Fig. 1 Grúa puente

- Grúa pórtico: Una grúa móvil, diseñada específicamente para elevar diversos tipos de carga, se emplea habitualmente en los puertos de comercio internacional para agilizar el traslado de contenedores pesados. Este tipo de grúa se introdujo para facilitar el transporte de carga con requisitos de altura significativos. Este tipo de grúa se utiliza habitualmente en situaciones portuarias debido a su capacidad para manipular contenedores con eficacia. Además, su construcción es resistente a la corrosión para soportar los efectos del salitre, que es la principal fuente de oxidación en otros tipos de grúas.



Fig. 2 Grúa pórtico

- Grúa semi pórtico: Los equipos mecánicos compactos ofrecen una solución para mover mercancías con eficacia en zonas confinadas y congestionadas de las instalaciones en las que no resulta práctico instalar una grúa pórtico. Las grúas semi pórtico optimizan el uso de la superficie utilizando una pata que se desplaza sobre ruedas a nivel del suelo, mientras que la otra pata opera por encima de la cabeza sobre una viga montada en la pared.



Fig. 3 Grúa semi pórtico

- Grúa ménsula: Grúa puente fijada a una pared y capaz de desplazarse por un carril. A diferencia del puente grúa, este tipo de grúa tiene carriles de traslación que se colocan en el mismo plano vertical. Tiene la ventaja de eliminar las patas que se extienden hasta el suelo, lo que permite una mayor superficie útil en comparación con las grúas semipórtico. Existen dos tipos distintos de grúas: la grúa monorraíl con ménsula y la grúa birraíl con ménsula.



Fig. 4 Grúa Ménsula

- Grúa de brazo giratorio: Las grúas pluma giratorias son grúas versátiles para estaciones de trabajo que pueden personalizarse para satisfacer necesidades específicas. Pueden instalarse en el suelo, en la pared o en las vigas existentes y pueden equiparse con polipastos eléctricos de cadena o polipastos de cable. La grúa de brazo es muy adecuada para transportar objetos dentro de una zona circular confinada cerca del área de trabajo.



Fig. 5 Grúa de brazo giratorio

- Grúa torre: Una grúa torre es un aparato especializado utilizado para trasladar diversos objetos, tanto en el proceso de carga como de descarga. El peso se distribuye mediante la utilización de un sistema de polipasto y polea que cuelga de un cable, a menudo sujeto al suelo dentro de la estructura, sobre todo en los casos en que el espacio que rodea el edificio es limitado. La viga de celosía horizontal se denomina comúnmente pluma, mientras que la columna vertical se conoce como torre. La grúa torre es una grúa de viga contrapesada contemporánea. Se fija al suelo (o a una estructura fija). Suelen utilizarse en la construcción de edificios altos por su gran alcance y altura.



Fig. 6 Grúa Torre

- Grúa auto montante: Se trata de un tipo de grúa conocido por su facilidad de despliegue y transporte, aunque el alcance de su pluma y su capacidad de elevación son reducidos en comparación con los de una grúa torre.



Fig. 7 Grúa Auto montante

Normativa para el diseño de puente Grúa

NTE E. 020 Norma de Cargas: Los edificios y sus componentes deben poseer la capacidad de soportar las fuerzas ejercidas sobre ellos debido a su uso previsto. Estos elementos deben funcionar en las combinaciones especificadas y no deben dar lugar a tensiones o deformaciones que superen los límites especificados para cada material estructural en su respectiva norma de diseño. Las cargas utilizadas en el diseño no deben ser inferiores en ningún caso a los valores mínimos especificados en esta norma. Las cargas mínimas especificadas en esta norma se proporcionan para circunstancias de servicio. Esta norma se ve reforzada por la inclusión de la NTE E.030 Diseño Sismorresistente y las normas de diseño de varios materiales estructurales.

- **Carga:** se refiere a la fuerza o las acciones que se producen debido al peso de los materiales de construcción, los habitantes y sus posesiones, las influencias ambientales, los movimientos diferenciales y los cambios dimensionales constreñidos.
- **Carga Muerta:** se refiere al peso total de todas las partes y componentes permanentes de una estructura, incluyendo su propio peso, así como materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos que son soportados por el edificio. Se espera que estos elementos tengan poca fluctuación de tamaño a lo largo del tiempo.
- **Carga Viva:** Peso total de personas, sustancias, maquinaria, mobiliario y otros componentes móviles que soporta la estructura.
- **Cargas Verticales:** Son fuerzas que actúan en dirección descendente, ejerciendo presión sobre una estructura u objeto de forma vertical. La carga vertical se refiere al peso máximo que soporta la rueda cuando la grúa está levantando objetos a su máxima capacidad. Para tener en cuenta el efecto del impacto, el peso de la carga levantada debe incrementarse en un 25% o la carga sobre la rueda debe incrementarse en un 15%, lo que dé lugar a condiciones de esfuerzo más significativas.
- **Cargas Horizontales:** La carga transversal combinada resultante del movimiento del carro del puente grúa debe ser igual al 20% de la suma de la capacidad de carga y el peso del carro. La fuerza se considerará localizada en la parte superior de los carriles, ejerciendo presión en dos direcciones opuestas y perpendiculares a la pista de rodadura. Esta fuerza se distribuirá de forma proporcional a la rigidez lateral de las estructuras que soportan los carriles. La carga longitudinal resultante del movimiento de la grúa debe ser igual al 10% de la mayor reacción total, excluyendo cualquier impacto, ejercida en la parte superior del carril y operando en ambas direcciones paralelas a la vía del carril.

- La distribución de las cargas horizontales sobre la estructura implica la asignación de estas cargas a columnas, pórticos y muros. La desviación típica es de 0,20. La asignación de la carga horizontal global que debe soportar una columna, un pórtico o un muro debe decidirse en función de su rigidez relativa, teniendo en cuenta tanto el desplazamiento inherente como el involuntario causado por la carga aplicada. El valor es 0,20 según la norma E.
- El cálculo de las tensiones admisibles considera una combinación de cargas, a menos que se especifique lo contrario en las normas para diferentes materiales estructurales. En esta norma, se supone que todas las cargas actúan en la combinación que produce los efectos más desfavorables sobre el elemento estructural analizado. Si procede, se aplican reducciones.

(NORMA E.020).

a) D

b) D+L

c) D+(W ó 0.70E)

d) D+T

e) α [D+L+(W ó 0.70E)]

f) α [D+L+T]

g) α [D+(W ó 0.70E) +T]

h) α [D+L+(W ó 0.70E) +T]

Donde:

D = carga muerta.

L= carga viva.

W = cargas generadas por el viento.

E = carga de sismo, según NTE E. 030 diseño sismo resistente.

T= variaciones de temperatura, contracciones del material y/o deformaciones retardadas, asentamientos del soporte, o una combinación de estos factores.

α = factor que tendrá un valor mínimo de 0.75 para las combinaciones (5), (6) y (7); y de 0.67 para la combinación (8). En estos casos no se permitirá un aumento de los esfuerzos admisibles.

- Estabilidad de la estructura: La estabilidad de la estructura depende únicamente de las cargas muertas y del funcionamiento de los anclajes permanentes. Además, la inclusión del peso del suelo en las zapatas o los cimientos, determinada utilizando el peso unitario más bajo del suelo, puede considerarse un componente de las cargas muertas (Norma E 0.20).

- Coeficiente de seguridad al volteo: El coeficiente de seguridad al vuelco debe ser al menos 1,5 para evitar el fallo del edificio o de alguna de sus partes. (Norma E 0.20).
- Método de cálculo: El proceso matemático para determinar las deformaciones de la estructura o de sus componentes debe realizarse mediante técnicas de ingeniería establecidas. Desplazamientos laterales: El desplazamiento máximo en caso de sismo debe corresponder a los valores especificados en los apartados correspondientes de la NTE E. 030 Diseño Sismo resistente.” (Norma E 0.20).

NTE E. 090 Norma de diseño de estructuras metálicas: Esta norma de diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas para edificaciones acepta los criterios del método de Factores de Carga y Resistencia (LRFD) y el método por Esfuerzos Permisibles (ASD). Su obligatoriedad se reglamenta en esta misma norma y su ámbito de aplicación comprende todo el territorio nacional. Las exigencias de esta norma se consideran mínimas.

- Materiales para el puente grúa: “El material que cumpla cualquiera de las normas será aprobado para su uso conforme a esta norma. Los registros de ensayos en planta o los informes de ensayos certificados por el fabricante o un laboratorio de ensayos, realizados de acuerdo con ASTM A6 o A568, según corresponda, servirán como prueba satisfactoria de conformidad con los requisitos mencionados. En caso necesario, el fabricante deberá presentar una declaración jurada en la que afirme que el acero estructural suministrado se ajusta a las especificaciones de las calidades indicadas”. (Norma E.090).
- Documentos de diseño: “Los dibujos deben representar con precisión todos los aspectos del diseño, incluidas las secciones y la colocación precisa de las distintas piezas. Los dibujos deben mostrarse a un tamaño lo suficientemente grande como para mostrar eficazmente toda la información pertinente.” (Norma E.090)
- Fatiga: Sólo un número limitado de piezas o conexiones de los edificios tradicionales requieren un diseño a fatiga, ya que estas estructuras experimentan pocas variaciones de carga o fluctuaciones de tensión. La escasa frecuencia de las tensiones máximas de carga de diseño provocadas por el viento o los terremotos no requiere la consideración de la fatiga en el diseño. Sin embargo, las vigas de los puentes grúa y las estructuras de soporte de maquinaria y equipos experimentan con frecuencia situaciones de fatiga. Los componentes y sus interconexiones que están expuestos a esfuerzos repetitivos deben diseñarse para soportar las exigencias operativas. de acuerdo con las provisiones del Apéndice

11.3 de la LRFD SPECIFICATION FOR STRUCTURAL STEEL BUILDINGS del AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. (Norma E.090).

- Impacto: Cuando las estructuras que soporten carga viva que producen impacto, tiene que tenerse en cuenta el aumento en la carga viva nominal respondiendo a este efecto. Según el método LRFD, este aumento se aplica en las combinaciones 1.4- 2 y 1.4-3. [Cap. 1 de no haber indicaciones contrarias, los aumentos serán: (a) Apoyos en ascensores: 100%. (b) Apoyos en maquinaria accionada por motores: 20%. (c) Para apoyos de máquinas reciprocantes: 50%. (d) Para tirantes que soportan pisos y voladizos: 33%. (e) Para vigas de puentes grúas con cabina de operador y sus conexiones: 25%. (f) Para vigas de puentes grúas con control colgante y sus conexiones: 10% (norma E.090).
- Fuerzas Horizontales en Puentes Grúa: La fuerza lateral mínima ejercida sobre el carril de la grúa puente debido al movimiento del polipasto debe ser de al menos el 20% del peso combinado de la carga izada y del propio polipasto, excluyendo el peso de otros componentes de la grúa. La fuerza se ejercerá en la parte superior de los carriles, perpendicular al movimiento del puente grúa. Se dispersará, teniendo en cuenta la rigidez lateral de la estructura que soporta los raíles. La fuerza longitudinal nominal mínima debe ser el 10% de las cargas máximas de las ruedas de la grúa aplicadas en la parte superior del carril, a menos que se indique lo contrario. (Norma E.090).

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general:

¿Cómo diseñar el puente grúa para el taller mecánico de la F.I.M.E.E., Ica en el año 2021?

1.4.2 Problemas Específicos

PE1.- ¿Cómo encontrar la mejor solución de diseño para el puente grúa del taller mecánico de la F.I.M.E.E., Ica en el año 2021?

PE2.- ¿Cómo determinar los cálculos estructurales para el puente grúa del taller mecánico de la F.I.M.E.E., Ica en el año 2021?

1.5 Justificación e importancia de la investigación

1.5.1 Justificación

Se justifica el diseño de la presente grúa puente la cual es para una capacidad de levantamiento y suspensión de cargas hasta de 15 toneladas con el cual el personal técnico del taller mecánico de la F.I.M.E.E y los alumnos de la carrera profesional de ingeniería mecánica eléctrica, podrán realizar movimientos y maniobras de objetos

pesados los cuales se encuentra habitualmente en un centro de producción mecánica, lo cual beneficia directamente en la salud de los usuarios ya que evitan realizar cargar grandes pesos de forma manual, también reduce los tiempos de movimiento, el diseño e implementación de una grúa puente garantiza seguridad y mejora en los tiempos de producción.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Diseñar el puente grúa para el taller mecánico de la F.I.M.E.E., Ica en el año 2021.

1.6.2 Objetivos específicos

OE1: Encontrar la mejor solución de diseño para el puente grúa del taller mecánico de la F.I.M.E.E., Ica en el año 2021.

OE2: Determinar los cálculos estructurales del puente grúa del taller mecánico de la F.I.M.E.E., Ica en el año 2021.

1.7 Hipótesis

1.7.1 Hipótesis general

Hipótesis general:

Existe relación entre el DISEÑO DE UNA GRUA PUENTE y su influencia en la INSTRUCCIÓN TECNOLÓGICA que se imparte en el T.M. de la F.I.M.E.E. en el año 2021.

Hipótesis específicas:

HE1: Se encontrará la mejor solución de diseño para el puente grúa del taller mecánico de la F.I.M.E.E., Ica en el año 2021.

HE2: Se determinará mediante el modelado de los cálculos mecánicos estructurales respectivos, la justificación del diseño seleccionado.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.

2.1 Diseño de la investigación.

El estudio empleará un diseño descriptivo directo, dado que se trata de recopilar información actual sobre el diseño de puentes grúa.



Fig. 8 Diseño de la investigación

M = objeto en que se desarrollara el estudio.

O = observación de la muestra

2.1.1. Tipo de investigación

La investigación se clasifica como básica, ya que su objetivo es profundizar y aclarar la información investigada previamente aplicando nuevos conocimientos.

2.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es exploratorio, dado que pretende familiarizarse con eventos generalmente desconocidos en el campo del diseño de puentes grúa, centrándose específicamente en los cálculos que justifican la selección de piezas.

2.2 Variables, operacionalización.

2.2.1 Del problema general

Variable Independiente Diseño de un puente grúa.

Un puente grúa es un aparato de elevación que consta de una viga simple o doble, apoyada sobre dos raíles elevados montados sobre postes. Su funcionamiento es intermitente, y está diseñado específicamente para elevar y distribuir cargas en función de su capacidad de peso calculada. El puente grúa puede ser monorraíl o birraíl, con todos sus componentes diseñados en consecuencia. La evaluación, los cálculos, los planos y la puesta en servicio se realizan en función de los requisitos de capacidad de tonelaje. En concreto, la capacidad del puente grúa viene determinada por el peso en toneladas de los equipos que componen el cabrestante de servicio, que en este caso se estima en 15 toneladas. Esta estimación se basa en los catálogos de los proveedores y en las especificaciones del director del taller mecánico de la F.I.M.E.E.

Variable Dependiente Instrucción tecnológica.

Este estudio examina el diseño instruccional y el uso de las tecnologías de la información y la comunicación en la educación. Su objetivo es comparar diferentes

perspectivas sobre el tema y determinar si existen áreas de acuerdo o desacuerdo entre ellas. Los autores de este estudio también aportan sus propias opiniones al respecto. El análisis incluye una exploración de la viabilidad de implantar diversos modelos de diseño instruccional utilizando las tecnologías de la información y la comunicación.

2.2.2 De las dimensiones

Variable Independiente

Polipasto: Potencia en $N.m/s$

Mecanismos de viga principal: Esfuerzos y deformaciones en $N.m/s$; mm

Mecanismo de viga testera: Esfuerzos y deformaciones en $N.m/s$; mm

Mecanismo de viga carrilera: Esfuerzos y deformaciones en $N.m/s$; mm

Mecanismo de columna: Esfuerzos y deformaciones en $N.m/s$; mm

Placa base: Esfuerzos y deformaciones en $N.m/s$; mm

Unión de componentes: Esfuerzos y torque en $N.m/s$; Nm.

Suministro eléctrico: Voltaje y amperaje V; A.

Calidad

se refieren a las características y cualidades distintivas de un producto o servicio que se adquieren a través de un sistema de producción. La noción de calidad experimenta una transformación significativa, pasando de la noción básica de realizar una inspección de calidad a esforzarse por desarrollar la calidad desde sus cimientos.

2.3 Población y muestra

Población

“Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 174).

De acuerdo a las variables consideradas para el presente trabajo de investigación, la población está definida por el puente grúa para el taller mecánico de la F.I.M.E.E., Ica en el año 2021.

Muestra

“Subgrupo de la población del cual se recolectan los datos y debe ser representativo de ésta” (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 173).

Es así que, en la presente investigación, la muestra será tomada por el diseño obtenido como resultado del modelado y cálculos de un puente grúa el taller mecánico de la F.I.M.E.E.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Basándonos en la técnica de estudio, recogeremos datos utilizando una lista de necesidades. El instrumento que utilizaremos es el formato de la lista de necesidades.

Instrumento 1: Lista de exigencias

La recogida de datos se realiza utilizando un formato de lista de necesidades. Esta información se recoge en el área de trabajo y se basa en las necesidades operativas suministradas por el director del taller mecánico de la F.I.M.E.E.; La información descrita se basa en las directrices proporcionadas en el anexo 01 del presente tema.

2.4.2 Metodología de diseño para puente grúa.

La presente investigación se centra en el MÉTODO GENERALIZADO DE PROCEDIMIENTO EN EL PROCESO DE DISEÑO, que fue introducido por el Ing. Barriga Gamarra, inspirándose en las recomendaciones de la Asociación Alemana de Ingenieros VDI 2221-2225. Este método busca organizar y agilizar el proceso creativo de los diseñadores, con el objetivo de agilizar y acelerar la etapa del diseño en la medida deseada. La técnica de diseño utilizada se deriva de la VDI Verein Deutseher Ingenieure - Asociación Alemana de Ingenieros, que prioriza el examen y la comprensión del problema a lo largo de todo el proceso de diseño.

- 1.FASE 1: detallar el problema, según la lista de exigencias especificadas.
- 2.FASE 2: elaboración del concepto y determinar el concepto, estructura de funciones y matriz morfológica.
- 3.FASE 3: Proyectar y determinar el proyecto, solución óptima y diseño final.
- 4.FASE 4: Elaboración de detalles y planos de diseño.

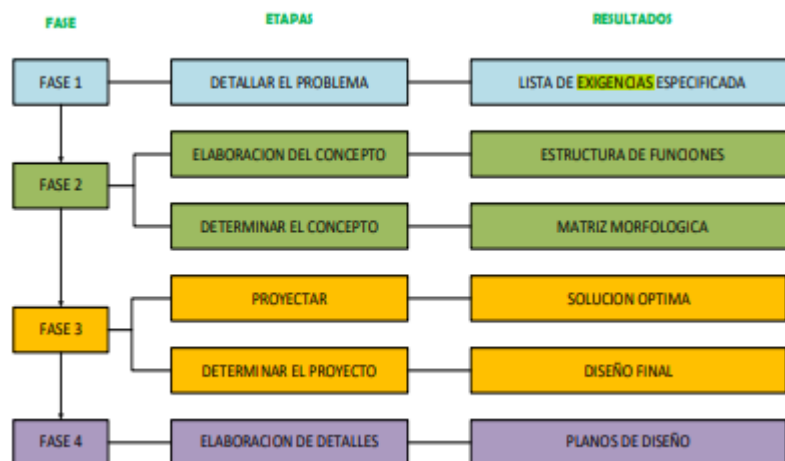


Fig. 9 Fases para el diseño del puente grúa

FASE 1

Detallar el problema "En este apartado, el objetivo es presentar una solicitud específica y detallada de un sistema técnico, que incluya una lista exhaustiva y organizada de requisitos claramente definidos y cuantificados".

Recopilación enumerada de requisitos previos "El solicitante del proyecto emite un formato en el que se describen diversas características de diseño del proyecto, como la geometría, la cinemática, las fuerzas, la energía, el material, las señales, la seguridad, la ergonomía, la fabricación, el control, el montaje, el transporte, el uso, el mantenimiento, los costes y los plazos". El diseñador debe evaluarlo para su ejecución. (Barriga Gamarra, 1999).

FASE 2

La creación de conceptos implica abstraer el problema tras analizar una serie de requisitos que engloban todas las posibles soluciones. Este proceso incluye la incorporación de nuevas tecnologías, materiales, métodos de fabricación y los últimos avances científicos. Con el objetivo de descubrir soluciones novedosas y mejoradas al problema.

La estructura de funciones es una representación de las funciones principales y subsidiarias dispuestas en una secuencia lógica que se corresponde con el proceso técnico, empezando por el principio y terminando en la conclusión. La referencia procede de la obra de Barriga Gamarra publicada en 1999.

Identificación de la idea: Los datos de entrada para este procedimiento consisten en la estructura de funciones y la lista de requisitos Barriga Gamarra, 1999 "El proceso técnico se ha dividido en funciones parciales mediante la creación de una estructura de funciones. Como resultado, ahora podemos transformar la estructura de funciones en una estructura de construcción aplicando principios de solución a cada una de las funciones parciales."

Una matriz morfológica es una herramienta utilizada para analizar y categorizar los diferentes componentes o características de un sistema o producto. "Es un enfoque sistemático que implica una secuencia de pasos técnicos llevados a cabo por individuos o entidades con el fin de encontrar soluciones de forma organizada". (Barriga Gamarra, 1999).

FASE 3

Diseño: Durante esta fase del proyecto, el objetivo es llegar a un proyecto final mediante la adquisición de planos de las soluciones más eficientes, partiendo del marco ideal de construcción identificado en la fase anterior. En esta fase se realiza el proyecto a ejecutar.

La solución óptima se refiere a la solución que se consigue considerando todas las necesidades de las fases anteriores y teniendo en cuenta los criterios técnicos y económicos descritos en la VDI 2225.

Identificación del proyecto: Los datos de entrada en esta fase consisten en los planos del anteproyecto óptimo y todos los documentos del proyecto elaborados con anterioridad a esta fase. "Durante esta segunda fase del desarrollo del proyecto, el objetivo es perfeccionar el anteproyecto seleccionado mediante una descripción exhaustiva de su estructura, con el fin último de convertirlo en definitivo."

Diseño final: En esta fase, se determina el diseño definitivo que se va a implementar basándose en factores técnico-económicos, todos los documentos previos, la experiencia del diseñador y la aportación del cliente. (Barriga Gamarra, 1999).

FASE 4

Preparación de los detalles: "Esta fase implica la recopilación de toda la documentación del proyecto, incluidos los cálculos y ensayos para determinar la resistencia de cada componente del proyecto, así como la creación de planos y especificaciones de fabricación"

Los planos de diseño son la fase concluyente del proceso de diseño, durante la cual se adquieren los planos de fabricación y montaje. Estos planos se dibujan meticulosamente para facilitar la comprensión y la producción del proyecto. (Barriga Gamarra, 1999).

2.4.3 Validación y confiabilidad del instrumento

Los dispositivos de recogida de datos se desarrollaron para ajustarse al diseño del puente grúa. Para validar las herramientas de este estudio de investigación se recurrió a la opinión de expertos. El objetivo de esta validación mediante el juicio de expertos es comprobar que las consignas propuestas tienen grados de exigencia similares y dan lugar a tácticas comparables, al tiempo que son pertinentes para los distintos niveles de competencia lingüística. El juicio de expertos utilizó el enfoque de evaluación individual, en el que cada experto responderá a un cuestionario sobre el instrumento de recogida de datos, es decir, las consignas. Cada experto emite su juicio individualmente, sin ninguna influencia de los demás evaluadores. En pocas palabras, no era necesario que los expertos estuvieran de acuerdo en sus valoraciones, sino que el investigador tenía el deber de registrarlas, así como las observaciones pertinentes, para aplicar los ajustes necesarios.

III RESULTADOS

3.1 Aspectos Generales

3.1.1 Descripción de la propuesta de diseño y taller mecánico de la F.I.M.E.E

La propuesta de diseño e implementación de una grúa puente 15 tn se desarrolla para el taller mecánico de la F.I.M.E.E., ubicado en el campus de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Panamericana Sur KM 300 S/N ICA - ICA – ICA. Involucra directamente a la Oficina General de Infraestructura de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga y las autoridades administrativas de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica. Quienes podrán evaluar la viabilidad del presente modelo propuesto. Se justifica el diseño de la presente grúa puente la cual es para una capacidad de levantamiento y suspensión de cargas hasta de 15 toneladas con el cual el personal técnico del taller mecánico de la F.I.M.E.E y los alumnos de la carrera profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, podrán realizar movimientos y maniobras de objetos pesados los cuales se encuentra habitualmente en un centro de producción mecánica, lo cual beneficia directamente en la salud de los usuarios ya que evitan realizar cargar grandes pesos de forma manual, también reduce los tiempos de movimiento, el diseño e implementación de una grúa puente garantiza seguridad y mejora en los tiempos de producción.

La importancia del diseño de una grúa puente en el taller mecánico de la F.I.M.E.E recae en la imperativa importancia de conservar el buen estado de salud ocupacional de los técnicos de producción del taller mecánico, así como también influye en la parte académica ya que los alumnos que se forman como ingenieros mecánicos electricistas, podrán conocer sobre el diseño y funcionamiento de un equipo mecánico de elevación como es el puente grúa.

Por tal la presente propuesta de diseño se enmarca en la justificación de la selección de los elementos estructurales que conformaran el diseño optimo elegido para el futuro puente grúa del taller mecánico de la F.I.M.E.E; el cual quedara a criterio de los directivos de la facultad y universidad concretar el desarrollo del proyecto aquí presentado, llevándolo a la etapa de ingeniería de detalle donde se deberán realizar los planos de fabricación y montaje, para luego pasar a la etapa de construcción e instalación del mismo.

La selección de los componentes estructurales se realizara atreves de la justificación física estudiando los esfuerzos mecánicos en lo diagramas de cuerpo libre para cada elemento, así como el modelado matemático que permitirá establecer la dimensión de estos esfuerzos y analizar cual es el mejor elemento según tablas teniendo en consideración los criterios normativos y técnicos.

3.2. Desarrollo del diseño de un Puente Grúa para el taller mecánico de la FIMEE.

3.2.1 Situación actual, desarrollo de la lista de exigencias.

Como se indica en la descripción de la cuestión, el usuario, en este ejemplo, el taller mecánico de la F.I.M.E.E., proporciona la lista de necesidades y toda la información pertinente en torno al problema presentado.

La lista de exigencias estará conformada mediante distintos parámetros que permitirán realizar un desglose, teniendo en cuenta primero la función principal, el cual es el desplazamiento y carga máxima de 15 toneladas que se busca para el taller mecánico de la F.I.M.E.E; la geometría del puente grúa a diseñar, para ello se toma en cuenta las dimensiones del espacio donde se instalaría el equipo, recopilando la información como largo, ancho y alto. Las fuerzas que actuaran sobre cada elemento del equipo, así se debe de estudiar y realizar la selección del elemento mas adecuado que responda a estas fuerzas. El material con que están constituidos los elementos seleccionados para el puente grúa, los parámetro de cinemática, es decir las velocidades de traslación y elevación del puente grúa, las señales que permitirán saber e identificar cuando el equipo este en operación o detenido mediante señales auditivas o visuales lumínicas, respecto a seguridad el diseño debe responder a nunca afectar la seguridad del operador, usuarios y equipos que se encuentre en las áreas del taller mecánico, considerando también el cuidado del medio ambiente, respecto a la ergonomía de uso fácil y sencillo mediante botoneras.

Las limitaciones principales del estudio presentado, responde solo a la justificación matemática de la selección de cada elemento estructural para el diseño del puente grúa requerido atreves de la lista de exigencias para el taller mecánico de la FIMEE, es así que se realizaran los diagramas de cuerpo libre, el estudio de las fuerzas actuantes en cada elemento, el análisis de los factores de seguridad y la selección de los elementos atreves de tablas, se verificaran que se cumpla con las normativas respectivas y se concluirá con la selección de cada elemento estructural.

Tabla I Lista de exigencias de diseño de un puente grúa para el taller mecánico de la F.I.M.E.E.

LISTA DE EXIGENCIAS: Diseño de un puente grúa para el taller mecánico de la F.I.M.E.E., Ica en el año 2021.				
ITEM	EXIGENCIA	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLOS	CARGO RESPONSABLE
1	E	Funcion Principal	Izar y desplazar una carga máxima de 15 toneladas para servicio en el taller mecánico de la FIMEE.	Director de Taller Mecánico FIMEE.
2	E	Geometria	El tamaño, altura, ancho y largo deben ser el apropiado para el establecimiento del taller mecánico. Conexiones de acuerdo a la norma E090	Director de Taller Mecánico FIMEE.
3	E	Fuerzas	Todas sus partes deberán ser capaces de resistir las cargas vivas, muertas, impacto y dinámicas que se les imponga de acuerdo a la norma E020	Director de Taller Mecánico FIMEE.
4	E	Material	La estructura estará conformada por perfiles laminado conformado en caliente de aceroASTMA36. Para la estructura carrilera se usará perfiles conformado en frío	Director de Taller Mecánico FIMEE.
5	E	Cinematica	Las velocidades de elevación, traslación lateral del carro, y la traslación longitudinal del puente se basara en la norma UNE76-201-88	Director de Taller Mecánico FIMEE.
6	E	Fabricacion	La fabricación y ensamble de los elementos de la estructura deberán ser empernables y soldables en sus diferentes casos. Los procesos de manufactura que se realizarán serán llevados a cabo en un taller de maestría.	Director de Taller Mecánico FIMEE.
7	E	Señales	Se contará con botones de encendido y apagado. Serán de fácil comprensión y manejo para el operador y usuarios (para el caso de energía eléctrica). El equipo contará con señales acústicas y luminosas que indique el proceso de izaje y estado de operación	Director de Taller Mecánico FIMEE.
8	E	Seguridad	El diseño no pondrá en peligro al usuario bajo ninguna circunstancia, esto se entiende tanto en relación a la integridad física y emocional. Estará basado al decreto supremo E-024-2016-EMSSOMA en Minería, y las normas internacionales OSHA18000. En cuanto al medio ambiente esta máquina será amistosa sin ningún tipo de emisión de contaminantes según ISO14001 SGA.	Director de Taller Mecánico FIMEE.
9	E	Ergonomia	El manejo de la máquina es amigable y sencillo. El color de la máquina será claro y el modelo sin ninguna sorpresa para no provocar distracciones en el operador. Para diferenciar los diferentes elementos se usará diferentes colores.(amarillo, rojo, azul y naranja)	Director de Taller Mecánico FIMEE.
10	E	Montaje	El montaje de la máquina debe ser de instalación segura según la NORMA UNE76201:1988 y de fácil comprensión para los operarios	Director de Taller Mecánico FIMEE.
11	E	Mantenimiento	El mantenimiento de la máquina será factible y sin complicaciones gracias a su diseño (disposición de componentes). El tiempo estimado de mantenimiento lo determinará la norma UNE58132-5:1994 y la norma UNE58144-1:1997 para las revisiones periódicas y para las revisiones generales tal como indica la norma UNE 58919:1995. Para conseguir los repuestos se podrá buscar en el mercado nacional.	Director de Taller Mecánico FIMEE.
12	E	Uso	La operación del puente grúa tendrá un ruido moderado	Director de Taller Mecánico FIMEE.

Black Box de diseño

A partir del análisis de la lista de exigencias se construye la caja negra (BLACK BOX) del sistema técnico global. DISEÑO DE PUENTE GRÚA. Señal (información). Energía (eléctrica). Materia (piezas de acero). Señal (información). Energía (eléctrica). Material (Puente Grúa) ENTRADA SALIDA



Fig. 10 Black box de diseño para puente grúa

3.2.2 Desarrollo de procesos técnicos de diseño.

Es esencial tener en cuenta la secuenciación y selección de los distintos componentes del puente grúa de acuerdo con la secuencia de operaciones necesarias para realizar el tipo de diseño que se desea.

Preparación

- Estudios preliminares
- Diseño base
- Cálculos justificativos para el diseño base

Montaje

- Instalación de soporteria
- Posicionamiento de componentes
- Montaje de componentes

Ejecución

- Prueba de servicio en vacío
- Prueba de servicio con carga
- Verificación del correcto funcionamiento de todos los sistemas

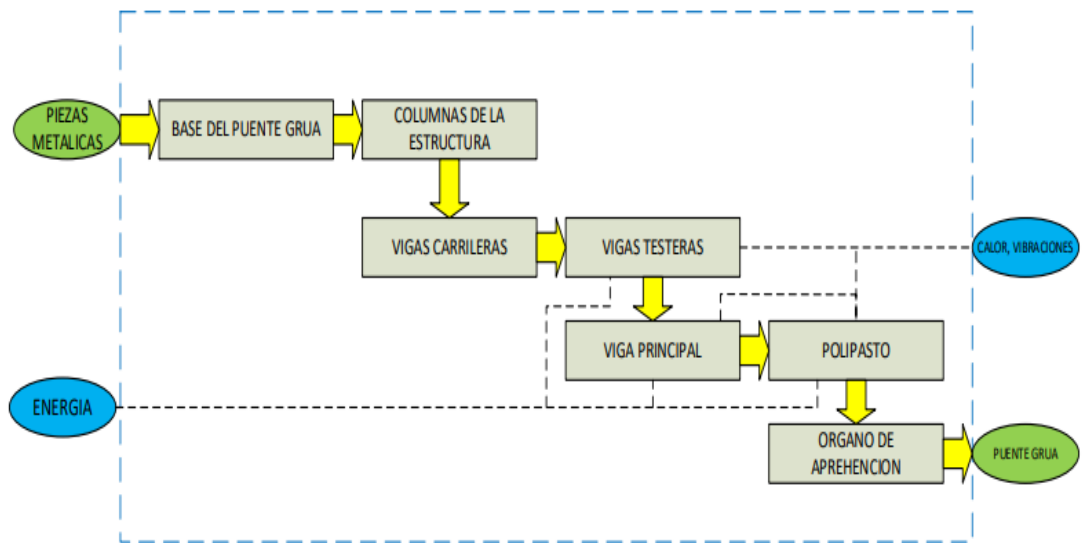


Fig. 11 Desarrollo de procesos técnico para el diseño

3.2.3 Matriz morfológica (determinación de portadores de funciones)

Determinación de elementos y funciones

Cuando las funciones se colocan en la matriz morfológica de Zwicky, es posible generar una variedad de soluciones distintas. Para ofrecer una solución, los métodos más eficaces para llevar a cabo cada función se conectan mediante flechas del mismo tipo. Se estableció en la década de 1940 como consecuencia del trabajo del astrónomo Fritz Zwicky en la labor tecnológica de la astrofísica y la exploración espacial, y es uno de los métodos más beneficiosos para producir un gran número de ideas en poco tiempo. Este método de ideación creativa consiste en diseccionar combinatoriamente una idea o problema en sus componentes o estructuras más fundamentales. Construimos una matriz con sus características o cualidades para poder multiplicar las relaciones entre estas secciones. Por lo tanto, la definición más sencilla de análisis morfológico es el proceso de creación de conceptos mediante una matriz. Una vez terminada la matriz, hay que recorrer los parámetros de forma aleatoria. La matriz morfológica consiste en un o varios grupos de tablas que evalúan las posibilidades de diseño de cada componente de la máquina. En estas tablas se analizan las ventajas e inconvenientes de cada opción y se elige la mejor en función de los criterios investigados. Con el fin de determinar la solución más óptima para nuestro diseño final, se creó una matriz morfológica para analizar las ventajas e inconvenientes de cada uno de los componentes de esta máquina, ya que todos desempeñan funciones distintas.

Tabla II Banco de alternativas para diseño de puente grúa



















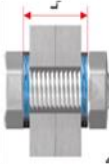
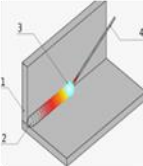






















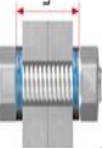
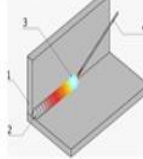




Item	Funcion	Banco de Alternativas		
1	Anclaje	 Placa rectangular para cargas axiales	 Placa rectangular para cargas combinadas	 Placa circular para cargas combinadas
2	transmision de fuerzas y soporte de cargas	 Viga H	 Chapa Soldada	 Viga celosia
3	Conduccion y soporte de cargas sobre eje longitudinal	 Viga H	 Viga I	 Chapa Armada
4	Traslacion de carga sobre eje horizontal	 Testero sobre riel una viga	 Testero sobre riel doble viga	 testero suspendido
5	Traslacion y soporte de carga sobre otro eje horizontal	 viga simple	 viga doble	 viga suspendido
6	izaje de carga	 polipasto electrico monorrail	 polipasto electrico birrail	 Polipasto mamal
7	union de componente s y rigizacion de la estructura	 empernadas	 soldadas	 pasadores
8	stujecion de carga	 gancho agarrador	 gancho con poleas	 gancho giratorio

Tabla III Selección de diseño del puente grúa para el taller mecánico de la F.I.M.E.E

Item	Funcion	Banco de Alternativas		
1	Anclaje	 Placa rectangular para cargas axiales	 Placa rectangular para cargas combinadas	 Placa circular para cargas combinadas
2	transmision de fuerzas y soporte de cargas	 Viga H	 Chapa Soldada	 Viga celosia
3	Conduccion y soporte de cargas sobre eje longitudinal	 Viga H	 Viga I	 Chapa Armada
4	Traslacion de carga sobre eje horizontal	 Testero sobre riel una viga	 Testero sobre riel doble viga	 testero suspendido
5	Traslacion y soporte de carga sobre otro eje horizontal	 viga simple	 viga doble	 viga suspendido
6	izaje de carga	 polipasto electrico monorraíl	 polipasto electrico birraíl	 Polipasto manual
7	union de componentes y rigizacion de la estructura	 empernadas	 soldadas	 pasadores
8	sujecion de carga	 gancho agarrador	 gancho con poleas	 gancho giratorio

Se realiza esquemas de los conceptos de solución, los cuales se muestran en la lista de exigencias y se procede a hacer una evaluación tomando valores del 0 al 4, donde: 0: insuficiente; 1: apenas aceptable; 2: suficiente; 3: buena; 4: muy buena.

Tabla IV Evaluación del diseño mecánico – valor técnico (xi)

Evaluación del diseño mecánico del proyecto: Valor Técnico (xi)										
Proyecto: Diseño de un puente grúa para taller mecánico de la FIMEE										
Criterios evaluativos para diseño de fase de concepto o proyectos										
Variantes del proyecto		Solución 01			Solución 02		Solución 03		Solución Ideal	
Ítem	Criterio evaluativo	G	p	g.p	p	g.p	p	g.p	P	G.P
1	Función Principal	8	3	24	4	32	4	32	4	32
2	Geometría	7	2	14	3	21	3	21	4	28
3	Fuerzas	8	2	16	3	24	3	24	4	32
4	Material	7	3	21	3	21	2	14	4	28
5	Cinemática	8	2	16	3	24	3	24	4	32
6	Fabricación	6	2	12	3	18	3	18	4	24
7	Señales	7	2	14	3	21	2	14	4	28
8	Seguridad	9	2	18	3	27	3	27	4	36
9	Ergonomía	8	2	16	3	24	3	24	4	32
10	Montaje	7	2	14	3	21	3	21	4	28
11	Mantenimiento	7	2	14	2	14	3	21	4	28
12	Uso	7	3	21	3	21	3	21	4	28
Puntaje o Sumatoria			27	200	36	268	35	261	48	356
Valor técnico xi			-	0.562	-	0.753	-	0.733	-	1
Orden			-	1	-	3	-	2	-	

Tabla V Evaluación del diseño mecánico – valor económico (yi)

Evaluación del diseño mecánico del proyecto: Valor Económico (yi)										
Proyecto: Diseño de un puente grúa para taller mecánico de la FIMEE										
Criterios evaluativos para diseño de fase de concepto o proyectos										
Variantes del proyecto		Solución 01			Solución 02		Solución 03		Solución Ideal	
Ítem	Criterio evaluativo	G	p	g.p	p	g.p	p	g.p	P	G.P
1	Función Principal	6	2	12	3	18	1	6	4	24
2	Geometría	6	3	18	3	18	2	12	4	24
3	Fuerzas	6	2	12	3	18	2	12	4	24
4	Material	7	2	14	3	21	2	14	4	28
5	cinemática	6	3	18	3	18	2	12	4	24
6	fabricación	8	2	16	2	16	2	16	4	32
7	Señales	6	2	12	3	18	2	12	4	24
8	Seguridad	8	1	8	3	24	2	16	4	32
9	Ergonomía	6	2	12	3	18	2	12	4	24
10	Montaje	6	2	12	2	12	1	6	4	24
11	Mantenimiento	8	2	16	3	24	2	16	4	32
12	Uso	6	2	12	3	18	2	12	4	24
Puntaje o Sumatoria			25	162	34	223	22	146	48	316
Valor económico yi			-	0.513	-	0.706	-	0.462	-	1
Orden			-	2	-	3	-	1	-	

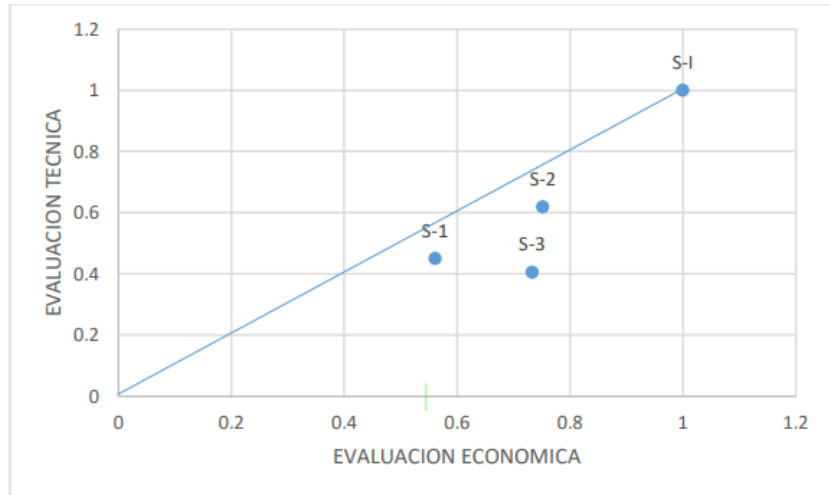


Fig. 12 Evaluación técnica y económica – solución ideal

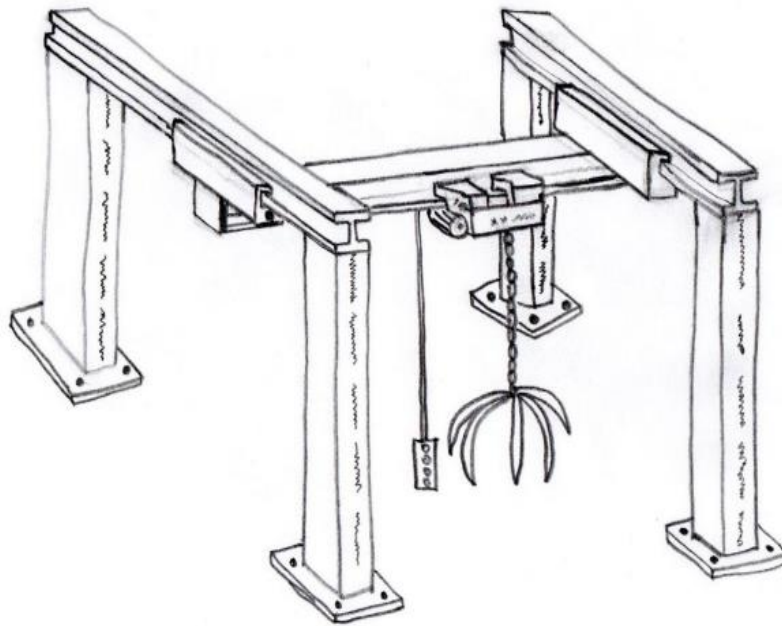


Fig. 13 Solución de diseño 01

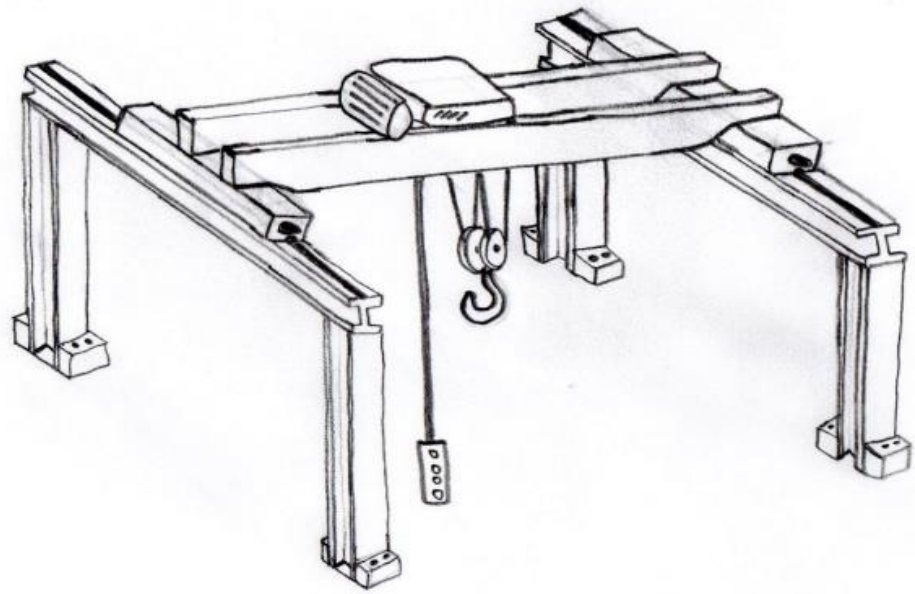


Fig. 14 Solución de diseño 02

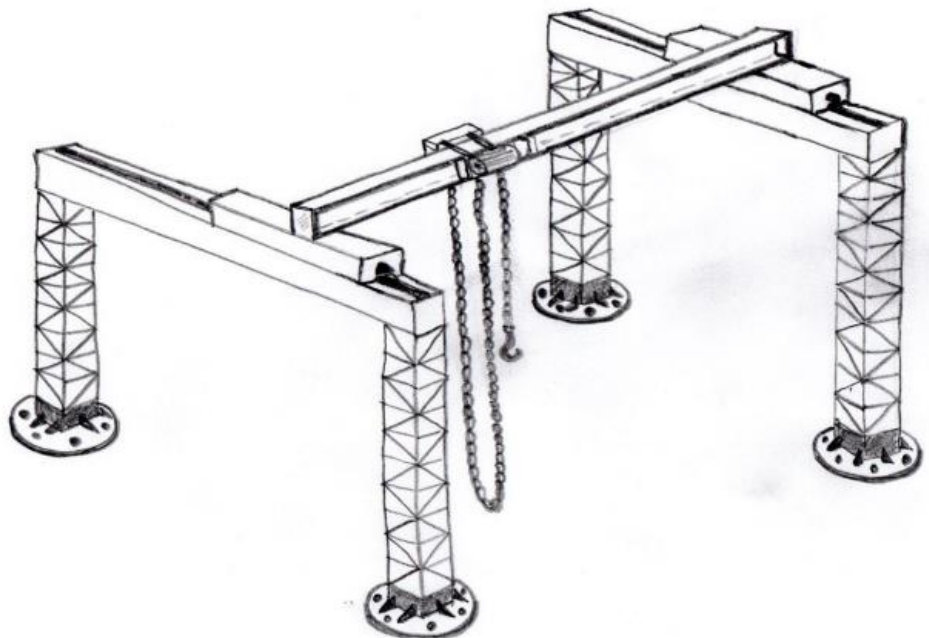


Fig. 15 Solución de diseño 03

Como resultado después de realizar el ponderado en las tablas anteriores, concluimos que la solución más cercana a la solución ideal es la solución de diseño 02.

3.2.4 Cálculos de carga para el diseño del puente grúa

A continuación, se realizan los cálculos de diseño correspondiente al concepto de solución óptima, concluido de la evaluación técnica, la cual resulto la solución 02.

Exigencias del solicitante

- Capacidad de carga máxima: 15 tn.
- Distancia entre ejes de carriles: 9.06 mts.
- Recorrido útil del gancho: 7 mts.
- Peso aproximado del polipasto: 1 tn.

Análisis de cargas que actúan en el puente grúa.

Las cargas actuantes en la viga son: Carga viva (Cv); Carga de seguridad (Cs); Carga muerta (Cm) y Carga de impacto (Ci).

Carga viva (Cv)

Bajo la normativa E.090 carga máxima que podrá elevar el puente grúa según lo solicitado por el director del taller mecánico:

$$Cv = 15 \text{ Tn} = 15000 \text{ kg es la (carga maxima)}$$

Carga de seguridad (Cs)

Bajo la normativa E.090 el factor de seguridad para el diseño de estructuras, esta entre el 25% al 30% de la carga a soportar. La carga de seguridad se establece mediante:

$$Cs = (fs) \times Cv$$

$$\text{considerando: } fs = 30\% = 0.3$$

Remplazamos:

$$Cs = 0.3 \times 15000 \text{ kg}$$

$$Cs = 4500 \text{ kg}$$

Carga muerta (Cm)

Bajo la normativa E.090 la carga muerta responde al peso propio de todos los componentes y elementos permanentes de la estructura, para hallar la carga muerta, se supone las dimensiones de la sección del perfil de la viga puente.

Carga de impacto (Ci)

Bajo la normativa E.090 la carga de impacto para vigas de puentes grúas con control colgante y sus conexiones es el 25% de la carga nominal.

$$Ci = 0.25 \times Cn$$

Remplazamos

$$Ci = 0.25 \times 15000 \text{ kg}$$

$$Ci = 3750 \text{ kg}$$

por lo tanto; para cada viga sera la mitad del resultado

$$Ci1 = Ci2 = 1875 \text{ kg}$$

3.2.5 Cálculos de la viga principal

Modelamiento estructural de la viga principal

El modelamiento expuesto de la viga principal se realizará por un modelo unidimensional.



Fig. 16 Modelamiento unidimensional de la viga principal del puente grúa.

Diagrama de cuerpo libre de la viga principal o viga puente

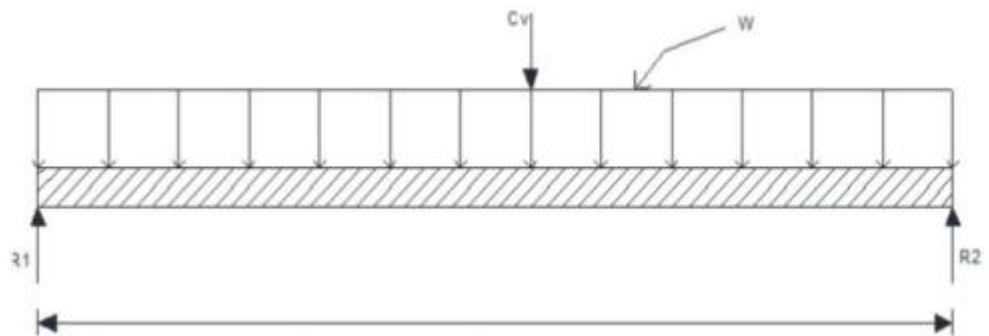


Fig. 17 Diagrama de cuerpo libre de la viga principal

Selección de la viga principal

Se presenta el grafico de la sección del perfil de la viga principal considerando un perfil W24x162 según la fig.3.1 del manual de estructuras de acero AISC, porque la carga

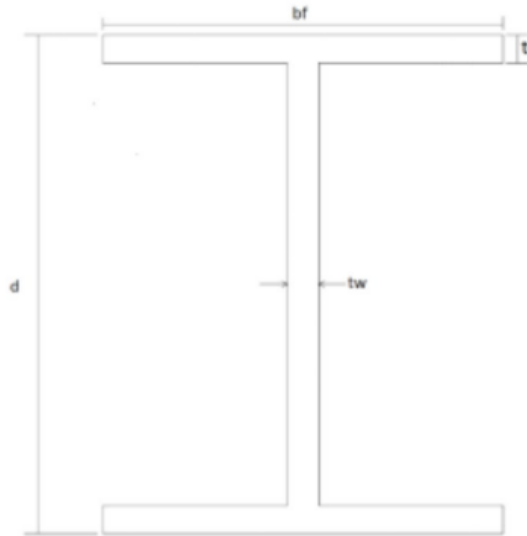


Fig. 18 Perfil de la viga principal.

Para el perfil W24 x 162 la tabla AISC detalla las siguientes características:

$$d = 63.5 \text{ cm}$$

$$bf = 32.9 \text{ cm}$$

$$tf = 3.09 \text{ cm}$$

$$tw = 1.79 \text{ cm}$$

Tabla VI Propiedades del perfil W24x162

Área del perfil de la viga	$A = 307.741 \text{ cm}^2$
Peso por unidad de longitud	$W = 2.41083 \text{ kg/cm}$
Momento de inercia con respecto al eje x	$I_{x-x} = 2151750.4 \text{ cm}^4$
Sección resistente con respecto al eje x	$S_{x-x1} = 6784.218 \text{ cm}^3$
Momento de inercia con respecto al eje y	$I_{y-y} = 18437.66 \text{ cm}^4$
Sección resistente con respecto al eje y	$S_{yy} = 1120.8708 \text{ cm}^3$
Radio de giro	$rt = 7.747 \text{ cm}$
Factor de amplificación de carga	$Cb = 1$

Validación de la compacidad de la sección de la viga principal

De cumplirse la relación según Mc. Cormac (Diseño de Estructuras de Aceros), afirmaremos que la sección del perfil es compacta:

$$\frac{bf}{2tf} \leq \frac{425}{\sqrt{F_y}}$$

$$\frac{32.9}{2(3.09)} \leq \frac{425}{\sqrt{2530}}$$

Entonces obtenemos

$$5.32 \leq 8.44$$

Se cumple con la condición. Confirmamos, la sección de la viga principal es compacta, por lo cual no debe revisarse el pandeo lateral

Calculo de la esbeltez del perfil de la viga principal

Trabajamos bajo la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{L}{rt}$$

siendo

rt: radio giro

L: Longitud de la viga principal = 906 cm.

$$Re = \frac{906}{7.747} = 116.94$$

Calculo del esfuerzo permisible a flexión del perfil de la viga principal

Conociendo que la distribución de fuerzas y momentos es simétrica respecto al desplazamiento del peso a través de la viga puente, se cumplirá:

$$2694 \sqrt{\frac{717 \times 10^4 \times Cb}{F_y}} \leq \frac{L}{rt} \leq \sqrt{\frac{3590 \times 10^4 \times Cb}{F_y}}$$

Siendo

Cb: Factor de amplificación de cargas del perfil *W*

F_y: Esfuerzo admisible de fluencia de acero A36

Datos recopilados de la tabla AISC.

Comprobacion de esfuerzo admisible a flexion

$$56.56 \leq 116.94 \leq 119.78$$

Corroborando la relación es correcto, el esfuerzo permisible a flexión según Mc. Cormac (Diseño de estructuras de acero) es:

$$F_b = \left(\frac{2}{3} - \frac{F_y \left(\frac{L}{rt} \right)^2}{108.88 \times 10^6} Cb \right) \times F_y \leq 0.6 \times F_y$$

$$F_b = 882.735 \leq 1518$$

el momento máximo del perfil de la viga principal o viga será:

$$M_{x-x1} = Fb \times S_{x-x1}$$

$$M_{x-x1} = 882.735 \times 6784.218$$

$$M_{x-x1} = 5988666.676 \text{ kg.cm}$$

Calculado el momento resistente de la viga elegida, se procede a comparar con el momento actuante.

Cálculo del momento actuante de la viga principal

Se requiere los valores de la carga viva, carga de seguridad y la carga muerta.

$$Cv = 7500 \text{ kg}$$

$$Cs = 4500 \text{ kg}$$

$$Cm = \text{peso propio de la viga} + \text{peso del polipasto} + \text{carga de impacto}$$

$$Cm = 3934.211 + 500 + 1250 = 3934.211 \text{ kg}$$

Por equilibrio de fuerzas en el eje Y:

$$\sum Fy = 0$$

$$R_1 + R_2 = Cm + Cs + Cv$$

$$R_1 + R_2 = 3934.211 + 7500 + 4500$$

$$R_1 = R_2 = 7967.1055 \text{ kg}$$

Gráfico del momento cortante de la viga principal

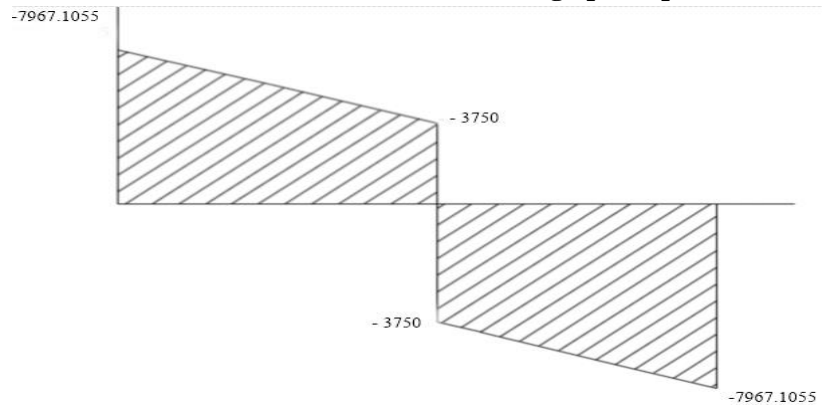


Fig. 19 Diagrama esfuerzo cortante de la viga principal

Los momentos de diseño del perfil de la viga principal debido a cargas puntuales y al peso propio se generan en los puntos cercanos, por tal asumimos que coinciden:

$$M_{TVP} = M_C + M_W$$

Donde:

M_W : momento debido al peso de la viga

M_{TVP} : momento total viga puente

M_C : momento a cargas verticales

Cálculo de los momentos debido a cargas distribuidas de la viga principal:

Hallando el momento generado por la carga distribuida de la viga principal:

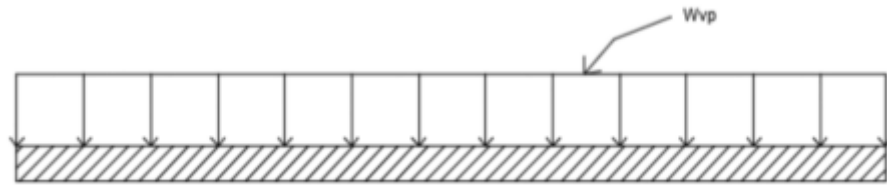


Fig. 20 Diagrama de distribución de carga de la viga principal.

$$M_W = \frac{W \times L^2}{8}$$

Remplazando los datos

$$M_W = \frac{2.41083 \times 906^2}{8}$$

$$M_W = 247362.01 \text{ kg.cm}$$

Cálculo de los momentos debido a cargas puntuales de la viga principal:

Hallando el momento generado por la carga puntual de la viga principal

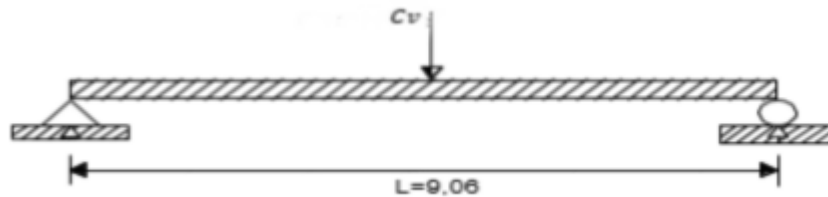


Fig. 21 Diagrama de carga puntual en la viga principal.

$$M_C = \frac{Cv \times L}{4}$$

$$M_C = \frac{7500 \times 906}{4} = 1698750 \text{ Kg.cm}$$

Cálculo del momento total de la viga principal:

Formulada la siguiente ecuación:

$$M_{TVP} = M_C + M_W = 1946112.01 \text{ kg.cm}$$

Entonces

$$M_{x-x1} > M_{TPV}$$

$$5988666.676 > 1946112.01$$

Corroborando que el momento resistente es mayor al momento total; concluimos que la selección del perfil es correcta.

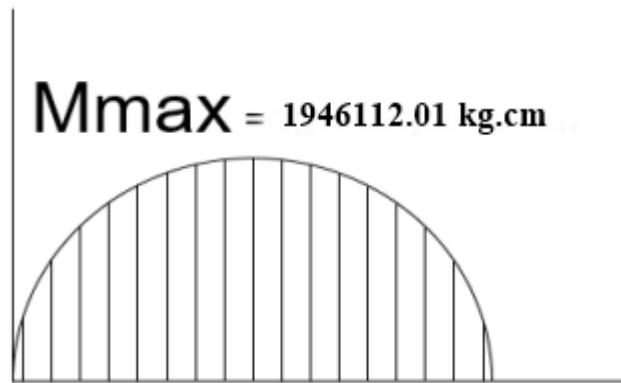


Fig. 22 Diagrama del momento total en la viga principal

Cálculo del factor de seguridad del perfil de la viga principal

Para hallar el factor de seguridad según Mc. Cormac (Diseño de Estructuras de Acero

$$fb_{perfil} = \frac{M_{TVP}}{S_{X-X1}} = \frac{1946112.01}{6784.218} = 286.85870 \frac{kg}{cm^2}$$

$$n = \frac{Fy}{fb_{perfil}} = \frac{2530}{286.85870} = 8.8196$$

El factor de seguridad resultantes es $n = 8.8196$; confirmando así que el elemento estructural soporta hasta 8 veces la carga nominal del diseño.

Cálculo del esfuerzo cortante de la sección seleccionada del perfil de la viga principal.

Para determinar del esfuerzo máximo cortante, se cumplirá:

$$F_r = \frac{V}{d} \times T_w$$

$$V = 4967.1055 \text{ kg}$$

$$d = 63.5 \text{ cm}$$

$$t_w = 1.7907 \text{ cm}$$

$$F_r = \frac{4967.1055}{63.5} \times 1.7907 = 140.0723 \text{ kg}$$

Para hallar de esfuerzo máximo permisible, se cumplirá la desigualdad según Mc. Cormac (Diseño de estructuras de acero; 5ta ed.):

$$\frac{d - 2t_f}{t_w} \leq \frac{3190}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{63.5 - 2(3.0988)}{1.7907} \leq \frac{3190}{\sqrt{2530}}$$

$$32 \leq 63.42$$

Con los resultados obtenidos, se afirma que el esfuerzo máximo permisible cumple con el requerimiento, continuamos con el cálculo del esfuerzo cortante permisible por el método LRFD, obteniendo:

$$F_v = 0.4 \times F_y$$

$$F_y \text{ en } \frac{kg}{cm^2}$$

$$F_v = 0.4 \times 2530 = 1012 \text{ } \frac{kg}{cm^2}$$

Cálculo de la deflexión de la viga principal

La deflexión en una viga generada por carga distribuida, se puede determinar mediante:

$$\Delta_1 = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E \times I_{x-x}}$$

Donde:

$$W = 2.41083 \text{ } \frac{kg}{cm}$$

$$L = 906 \text{ } cm$$

$$E = 2043000 \text{ } \frac{kg}{cm^2}$$

$$I_{x-x} = 215175.4 \text{ } cm^4$$

$$\Delta_1 = \frac{5 \times 2.41083 \times 906^4}{384 \times 2043000 \times 215175.4} = 0.0427 \text{ } cm$$

La deflexión generada por cargas puntuales, en una viga se puede determinar mediante la ecuación:

$$\Delta_2 = \frac{C_v \times L^3}{48 \times E \times I_{x-x}}$$

Donde:

$$C_v = 7500 \text{ } kg$$

$$L = 906 \text{ } cm$$

$$\Delta_2 = \frac{7500 \times 906^3}{48 \times 2043000 \times 215175.4} = 0.2643 \text{ } cm$$

para carga puntual del polipasto

$$\Delta_3 = \frac{500 \times 906^3}{48 \times 2043000 \times 215175.4} = 0.175 \text{ } cm$$

para la carga puntual para la carga de impacto

$$\Delta_4 = \frac{1250 \times 906^3}{48 \times 2043000 \times 215175.4} = 0.0439 \text{ } cm$$

la deflexion total sera la suma de: $\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4$; remplazamos:

$$\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 = 0.0427 + 0.2643 + 0.175 + 0.0439 = 0.5259 \text{ } cm$$

Segun el manual de ASD para el diseño de vigas en puentes grúas, se tiene:

$$\Delta = 1/400 \text{ del claro.}$$

$$\Delta_{total} = 0.5259 \text{ cm}$$

$$\text{entonces; } 0.5259 \leq 3 \text{ cm}$$

validando así, que la deflexión total es menor que lo establecido por el manual; considerando así que la viga principal seleccionada es la correcta.

3.2.6 Cálculos y dimensionamiento de la testera

Cálculo estructural de la viga testera

Modelamiento estructural unidimensional:

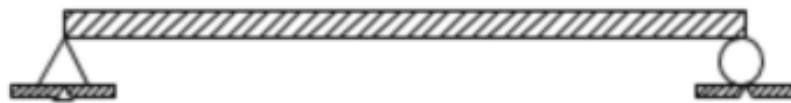


Fig. 23 Modelamiento unidimensional de la viga testera

Para la selección se consideran las fuerzas que actúan sobre la viga testera y los siguientes datos:

$LT =$ Longitud de viga testera

$$LT = 200 \text{ cm}$$

$W_c =$ carga distribuida en la viga testera

$$W_c = 1.1359 \text{ kg/cm}$$

Diagrama de cuerpo libre de viga testera

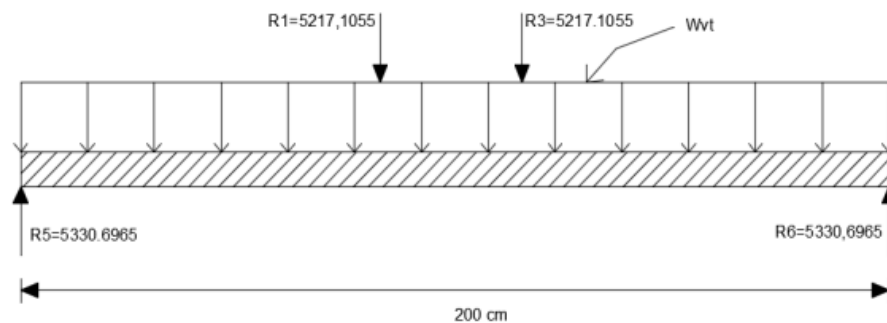


Fig. 24 Diagrama de cuerpo libre de la viga testera

$$\sum F_y = 0$$

$$R5 = R6 = R1 + R3 + 227.182$$

Las reacciones en la viga testera son:

$$R5 = R6 = 5330.6965$$

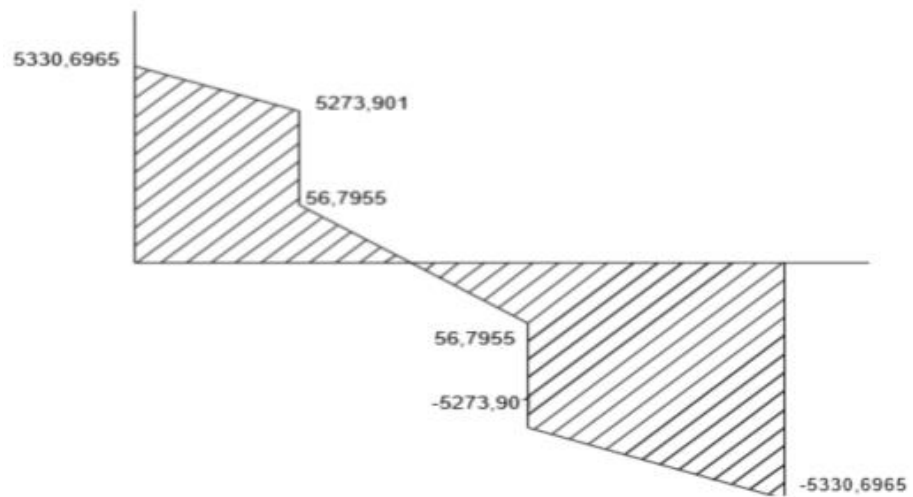


Fig. 25 Diagrama del esfuerzo cortante de la viga testera

Cálculo de momentos de la viga testera

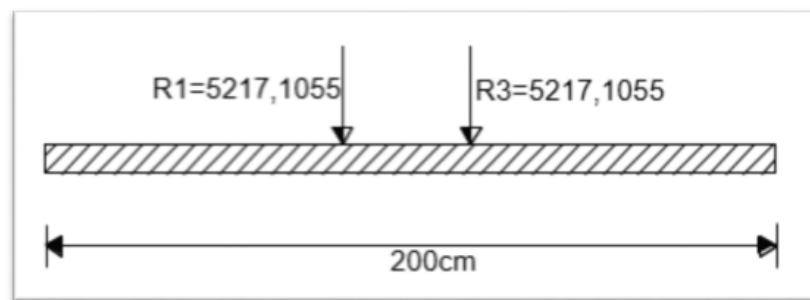


Fig. 26 Diagrama de las fuerzas puntuales de la viga testera

Con una longitud del extremo de la viga testera la carga puntual (R3) de la viga principal:

$$x = 50 \text{ cm}$$

$$M_{vt} = R3 \cdot X$$

$$M_{vt} = 5217.1055 \times 50 = 260855.275 \text{ kg.cm}$$

Cálculo del momento debido al peso propio de la viga testera

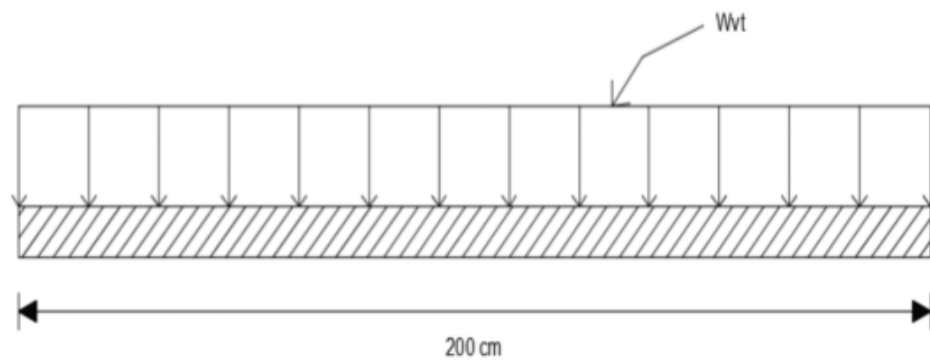


Fig. 27 Diagrama de las fuerzas distribuidas de la viga testera

Realizando un diagrama unidimensional graficamos las cargas puntuales:

$$M_{vt} = \frac{W_t \times Ltc^2}{8}$$

$$M_{vt} = \frac{1.13591 \times 200^2}{8}$$

$$M_{vt} = 5679.55 \text{ kg.cm}^2$$

Cálculo del momento total de la viga testera

Sumatoria de momentos respecto a la carga distribuida y a las cargas puntuales

$$MT = Mwt + Mcc$$

$$MT = 260855.275 + 5679.55$$

$$MT = 266354.825 \text{ Kg.cm}$$

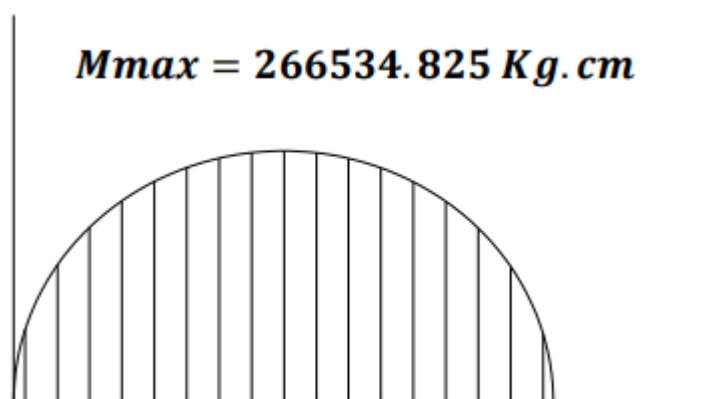


Fig. 28 Diagrama del momento total de la viga testera

Propiedades de la selección de la viga testera

Utilizando la tabla del manual AICS, el perfil que sea próxima es la TS12x8 es el correcto para la selección del elemento.

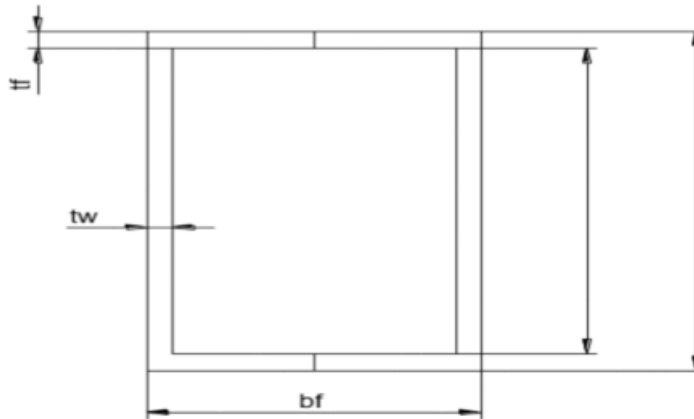


Fig. 29 Perfil seleccionado para la viga testera

Propiedades del perfil TS12x8

$$bs = 20.32 \text{ cm}$$

$$d = 38.48 \text{ cm}$$

$$t_f = t_w = 1.5875 \text{ cm}$$

Tabla VII Propiedades del perfil TS12x8

Área del perfil de la viga	$A = 144.5158 \text{ cm}^2$
Peso por unidad de longitud	$Wvt = 1.13591 \text{ kg/cm}$
Peso total de la viga	$Pt = 1.13591 \times 200$ $= 227.182 \text{ Kg}$
Momento de inercia con respecto al eje x	$I_{x-x} = 17397.16 \text{ cm}^4$
Sección resistente con respecto al eje x	$S_{x-x} = 1142.383 \text{ cm}^3$
Momento de inercia con respecto al eje y	$I_{y-y} = 9198.7145 \text{ cm}^4$
Sección resistente con respecto al eje y	$S_{y-y} = 906.2046 \text{ cm}^3$
Factor de amplificación de carga	$Cb = 1$

Verificación de la compacidad de la sección de la viga testera

Se determinara si se cumple la relación propuesta por según Mc. Cormac (diseño de estructuras de aceros):

$$\frac{bf}{2tf} \leq \frac{425}{\sqrt{F_y}}$$

$$\frac{20.32}{2(1.5875)} \leq \frac{425}{\sqrt{2530}}$$

Entonces tenemos

$$6.4 \leq 8.4$$

ahora

$$\frac{d}{tw} \leq \frac{3540}{\sqrt{F_y}}$$

$$\frac{30.48}{1.5875} \leq \frac{3540}{\sqrt{2530}}$$

$$19.2 \leq 70.37$$

Con los resultados de las ecuaciones anteriores son adecuadas, la sección es compacta, por tal no se debe revisar el pandeo lateral.

Cálculo del esfuerzo flexionante de la sección seleccionada para la viga testera

Para Mc. Cormac el esfuerzo flexionante para la sección del elemento responde a la relación:

$$F_b = 0.66F_y = 0.66 \times 2530 = 1669.8 \text{ kg/cm}^2$$

Realizaremos el cálculo del valor de la sección resistente demandada para la resistencia al momento flexionante en el elemento:

$$S_{x-x2} = \frac{MT}{F_b}$$

$$S_{x-x2} = \frac{266534.825 \text{ kg.cm}}{1669.8 \text{ kg/cm}^2}$$

$$S_{x-x2} = 159.6208 \text{ cm}^3$$

Cálculo del factor de seguridad de la viga testera

Determinaremos el factor de seguridad, mediante:

$$F_{b_{\text{perfil}}} = \frac{MT}{S_{x-x}}$$

$$F_{b_{\text{perfil}}} = \frac{266534.825 \text{ kg.cm}}{1142.383 \text{ cm}^3} = 233.3147 \text{ kg/cm}^2$$

Procedemos determinar el factor de seguridad mediante la formula

$$F_s = \frac{F_y}{F_{b\text{perfil}}} = \frac{2530 \text{ kg/cm}^2}{233.3147 \text{ kg/cm}^2}$$

$$F_s = 10.8$$

Siendo F_s obtenido el factor de seguridad para la viga testera; 10.8 es un factor óptimo de seguridad.

Cálculo de la fuerza cortante de la sección seleccionada del perfil de la viga testera

Determinamos la fuerza cortante indicada, según la siguiente fórmula:

$$F_r = \frac{r}{d} \times t_w$$

$$F_r = \frac{5080.6965}{3048} \times 1.5875 = 264.619 \text{ kg}$$

Cálculo del esfuerzo máximo permisible del perfil de la viga testera

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{3190}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{27.505}{1.5875} \leq \frac{3190}{\sqrt{f_y}}$$

$$17.32 \leq 63.42$$

Cumpléndose así con la ecuación establecida, encontrándose dentro del rango definido.

Calculando la deflexión del perfil de la viga testera

Usando las cargas puntuales y el peso propio de la viga testera, hallaremos la deflexión máxima del elemento:

$$W = 1.13591 \text{ kg/cm}$$

$$L = 200 \text{ cm}$$

$$E = 2043000 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_{x-x} = 17397.16 \text{ cm}^4$$

Deflexión respecto a la carga propia de la viga testera.

$$\Delta_1 = \frac{S \times W \times L^4}{384 \times E_x \times I_{x-x}} = 0.658 \times 10^{-4} \text{ cm} = 0.000658 \text{ cm}$$

Deflexión generada respecto a las cargas puntuales del perfil de la viga testera

$$\Delta_2 = \frac{R \times X}{24 \times E \times I_{x-x}} (3L^2 - 4X^2)$$

$$\Delta_2 = \frac{5217.1055 \times 50}{24 \times 2043000 \times 17397.16} (3 \times 200^2 - 4 \times 50^2) = 0.0336 \text{ cm}$$

Deflexión generada respecto a las cargas puntuales del perfil y peso propio de la viga testera es:

$$\Delta_{total} = \Delta_1 + \Delta_2 = 0.034258 \text{ cm}$$

Según el manual ASD para las vigas la deflexión máxima, se concretara la siguiente relación:

$$\Delta_{max} = \frac{1}{400} \times L = \frac{1}{400} \times 200 = 0.5 \text{ cm}$$

Realizamos la ecuación comparativa, obteniendo:

$$0.034258 \text{ cm} \leq 0.5 \text{ cm}$$

Cumpléndose así con la relación anterior, el diseño seleccionado es el correcto.

3.2.7 Cálculos de la viga carrilera

Modelamiento de la viga carrilera

Se realiza mediante el siguiente modelo unidimensional



Fig. 30 Gráfica del modelamiento unidimensional de la viga carrilera

Diagrama de cuerpo libre de la viga carrilera

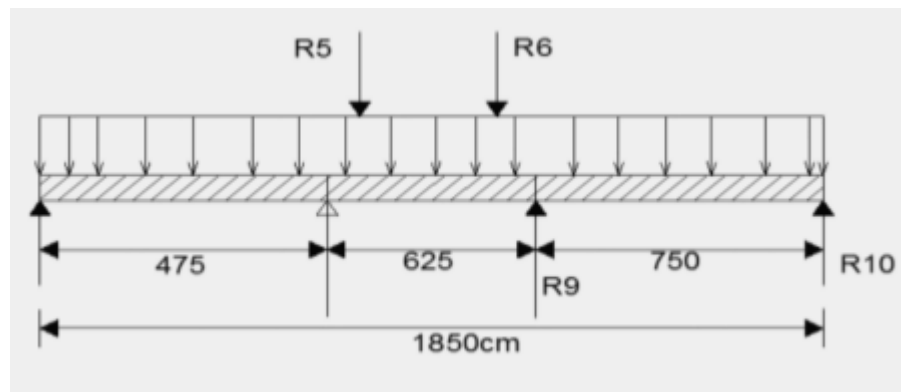


Fig. 31 Diagrama de cuerpo libre de la viga carrilera

Para una sección: Utilizando peso de la viga testera de tabla

$$W_{vc} = 0.9673 \text{ kg/cm}$$

$$L_{vc} = 2750 \text{ cm}$$

$$P_{vc} = 2660.075 \text{ kg}$$

Cálculo de las reacciones de la viga carrilera

Usamos la sección más crítica para el calculo siguiente, debido a ser el más largo es susceptible a tener mayor esfuerzo de deflexión.

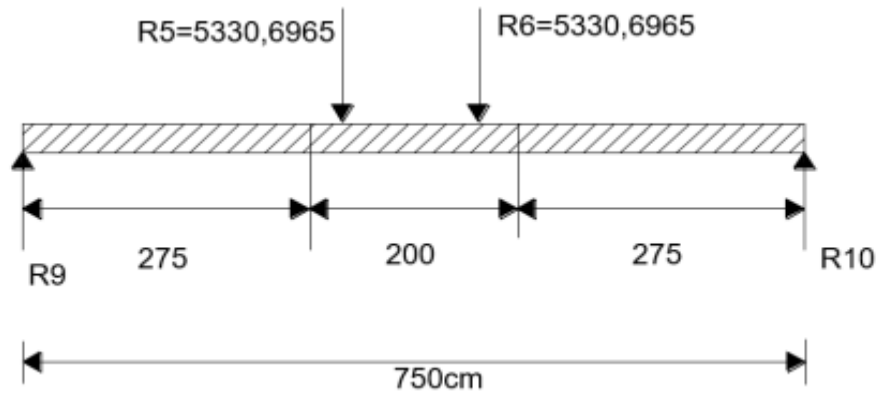


Fig. 32 Diagrama de cuerpo libre para tramo crítico de la viga carrilera

$$R9 + R10 = R5 + RL + W_{vc} + L_{vc}$$

$$R9 + R10 = 10661.39 + 0.9673 \times 725$$

$$R9 + R10 = 10661.39 + 701.2925 = 11362.6825 \text{ kg}$$

entonces; $R9 = R10 = 5681.34 \text{ kg}$

Diagrama de esfuerzos cortantes en la viga carrilera

Se obtiene el siguiente diagrama de los esfuerzos cortantes respecto a las reacciones, a cargas puntuales y peso propio de la viga carrilera

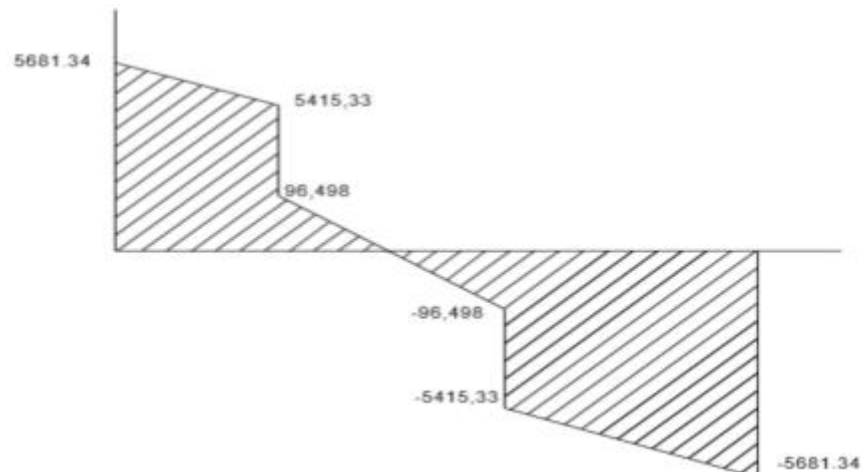


Fig. 33 Diagrama de corte para viga carrilera

Cálculo del momento del perfil de la viga carrilera

Para calcular el momento de la viga necesitamos encontrar el momento de la viga respecto al peso propio y a las cargas puntuales que se suscitan en el elemento.

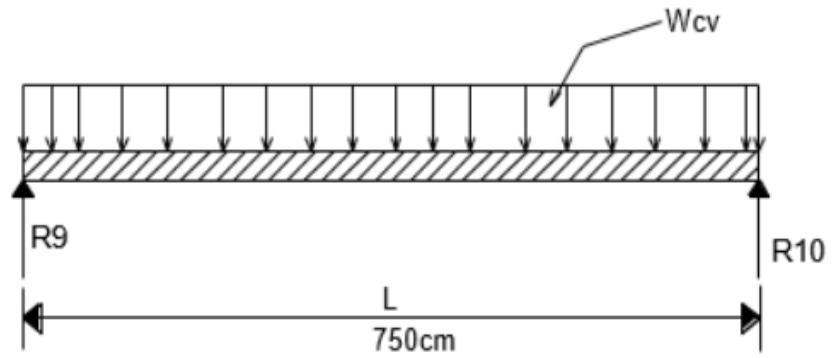


Fig. 34 Grafica de carga distribuida en viga carrilera

Respecto al peso propio del momento es

$$M_{wvc} = \frac{W \times L^2}{8} = \frac{0.9673 \times 750^2}{8} = 68013.2812 \text{ kg.cm}$$

Diagrama de cuerpo libre de las cargas puntuales

Del gráfico unidimensional, podemos determinar el momento producido por las cargas puntuales que actúan sobre la viga carrilera.

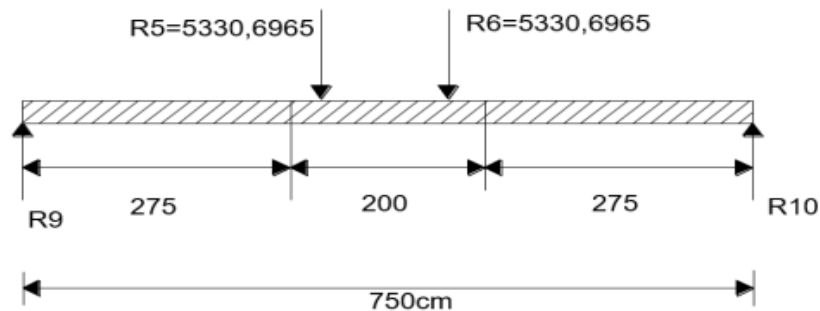


Fig. 35 Gráfica de carga puntuales en la viga carrilera

$$X = 275$$

$$M_{cp} = 5330.6965 \times 275 = 14841.538 \text{ kg.cm}$$

momento total sera

$$M_{tvc} = M_{cp} + M_{wvc} = 14841.538 + 68013.2812$$

$$M_{tvc} = 1533954.819 \text{ kg.cm}$$

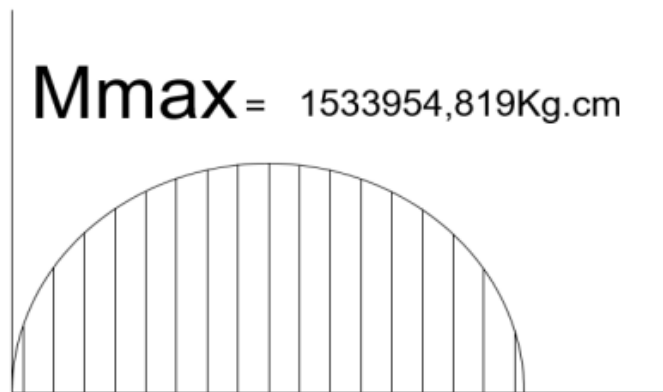


Fig. 36 Gráfica del momento total en la viga carrilera

Selección del perfil para la viga carrilera

Según exigencia del solicitante se necesita de un perfil W, debido a esto se considera para el diseño un perfil W12x65, Se observan las propiedades del perfil seleccionado.

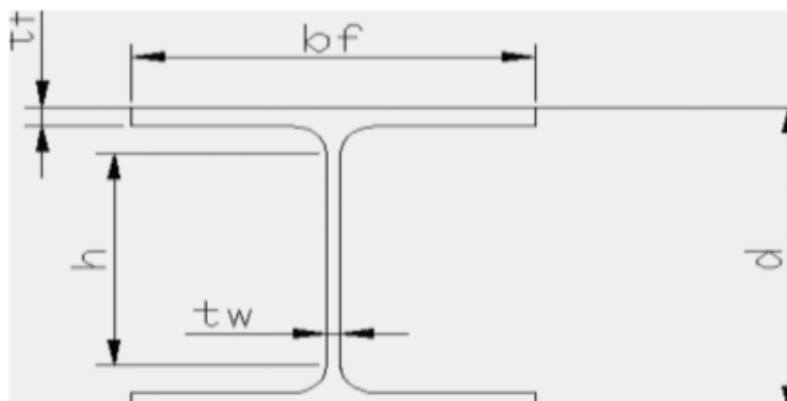


Fig. 37 Gráfica del perfil de la viga carrilera

Propiedades del Perfil W12X65 para la viga carrilera, datos obtenidos de tabla AICS:

$$d = 30,7848 \text{ cm}$$

$$bf = 30,48 \text{ cm}$$

$$tf = 1.5667 \text{ cm}$$

$$tw = 0.9906 \text{ cm}$$

Tabla VIII Propiedades del perfil W12X65

Área del perfil de la viga	$A = 123.22556\text{cm}^2$
Peso por unidad de longitud	$Wvt = 1.13591\text{ kg/cm}$
Radio de giro	$rt = 8.3924\text{ cm}$
Momento de inercia con respecto al eje x	$I_{x-x} = 533\text{ in}^4$ $= 22185.11\text{ cm}^4$
Sección resistente con respecto al eje x	$S_{x-x} = 87.91\text{ in}^3$ $= 1440.422\text{ cm}^3$
Momento de inercia con respecto al eje y	$I_{y-y} = 174\text{ in}^4$ $= 7242.426\text{ cm}^4$
Sección resistente con respecto al eje y	$S_{y-y} = 29.1\text{ in}^3$ $= 476.86\text{ cm}^3$
Factor de amplificación de carga	$Cb = 1$

Verificación de la compacidad de la selección del perfil de la viga carrilera

Realizamos la verificación respectiva, basados en la siguiente ecuación:

$$\frac{bf}{2tf} \leq \frac{425}{\sqrt{F_y}}$$

$$\frac{30.48}{2 \times 1.5667} \leq \frac{425}{\sqrt{F_y}}$$

$9.727 \leq 8.449$ (no cumple); seguimos con:

$$\frac{d}{tw} \leq \frac{3540}{\sqrt{F_y}}$$

$$\frac{30.7848}{0.9906} \leq \frac{3540}{\sqrt{F_y}}$$

$$31.076 \leq 7037$$

Debido a que la sección no es compacta, calcularemos la siguiente ecuación:

$$L_{vc} = 750\text{ cm}$$

$$L_{vc} \leq L_c = (1.4 \times 10^6) \frac{d}{nf} \times F_y$$

$$L_{vc} \leq L_c = (1.4 \times 10^6) \frac{30.7848}{48} \times 2530$$

$$L_c = 862.80\text{ cm}$$

$$L_{vc} \leq L_c; 750\text{ cm} \leq 862.80$$

como $L_{vc} \leq L_c$ se comprueba, no se requiere calcular el pandeo lateral.

Cálculo del valor de la esbeltez del perfil de la viga carrilera

Reemplazando el radio de giro se obtiene el valor de la esbeltez que es:

$$\frac{Lvc}{rt} = \frac{750}{8.3924} = 89.366$$

$$\text{verificamos en } 22 \leq \frac{Lvc}{rt} \leq 100$$

$$22 \leq 89.366 \leq 100$$

La sección del perfil para la viga carrilera cumple con el rango de esbeltez propuesto.

Cálculo del esfuerzo permisible a flexión del perfil de la viga carrilera

se ejecutará mediante la siguiente ecuación:

$$2594 \sqrt{\frac{cb}{fy}} \leq \frac{Lvc}{rt} \leq 6025 \sqrt{\frac{cb}{fy}}$$

$$2594 \sqrt{\frac{cb}{fy}} \leq \frac{750}{8.3924} \leq 6025 \sqrt{\frac{cb}{fy}}$$

$$53.299 \leq 89.36 \leq 119.02$$

Cumpliendo el parametro del esfuerzo permisible a flexión, continuamos con el cálculo:

$$Fb = \left(\frac{2}{3} - \frac{Fy \times \frac{Lvc^2}{rt}}{108.88 \times 10^6} \right) \leq 0.6 \times Fy$$

$$Fb = \left(\frac{2}{3} - \frac{2530 \times 89.366^2}{108.88 \times 10^6} \right) \leq 0.6 \times Fy$$

$$Fb = 1217.1645$$

$$1217.1645 \leq 1518.00$$

comprobado esto, definimos que el máximo momento del perfil de la viga carrilera seleccionada es:

$$Mxx = Fb \times Sxx$$

$$Mxx = 1217.1645 \times 1140.422 = 1753230.573 \text{ kg. cm}$$

$$Mxx \geq Mtv$$

$$1753230.573 \geq 1533954.819$$

Comprobado esto, definimos que el perfil seleccionado es el correcto que responde a la viga carrilera.

Cálculo del factor de seguridad

Determinando el factor de seguridad de la viga carrilera con el perfil elegido:

$$Fb_{\text{perfil}} = \frac{Fy}{Fb_{\text{perfil}}} = \frac{2530}{1064.9343}$$

$$Fb_{\text{perfil}} = 1064.9343$$

Hallando el factor de seguridad, consecuencia de la anterior ecuación:

$$n = \frac{M_{tvc}}{S_{xx}} = \frac{15339554.819}{1440.422} = 2.3753$$

Se corrobora que es adecuado para el diseño del perfil de la viga carrilera

Cálculo de deflexiones en el perfil de la viga carrilera

En la sección determinada de máxima deflexión

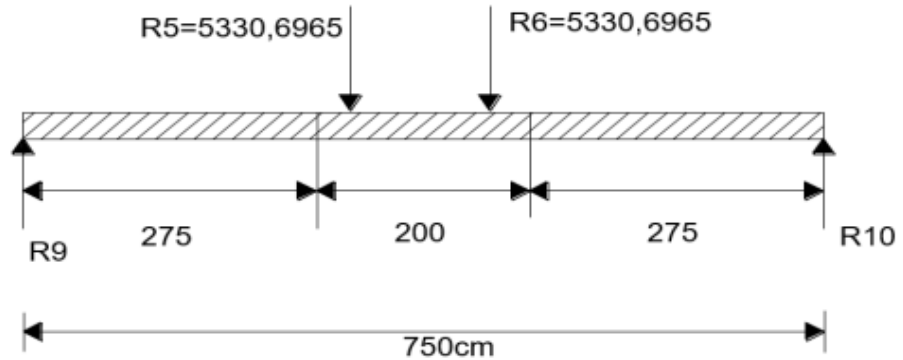


Fig. 38 Diagrama del cuerpo libre de la viga carrilera

Cálculo de deflexión debido al peso del perfil de la viga carrilera

$$\Delta_1 = \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times E_x \times I_{x-x}}$$

Donde:

$$W = 0.9673 \frac{kg}{cm}$$

$$L = 750 cm$$

$$E = 29000 KSI = 2043000 \frac{kg}{cm^2}$$

$$I_{x-x} = 22185.11 cm^4$$

$$\Delta_1 = \frac{5 \times 0.9673 \frac{kg}{cm} \times 750 cm^4}{384 \times 2043000 \frac{kg}{cm^2} \times 22185.11 cm^4} = 0.0879 cm$$

Cálculo de deflexión respecto a cargas puntuales del perfil de la viga carrilera

$$\Delta_2 = \frac{F \times X \times (3L^2 - 4X^2)}{24 \times E \times I}$$

$$\Delta_2 = \frac{5330.6965 \times 275 \times (3(750)^2 - 4(275)^2)}{24 \times 2043000 \times 22185.11} = 1.8664 cm$$

Cálculo de la deflexión total del perfil de la viga carrilera

Sumatoria de las deflexiones halladas, se obtendrá:

$$\Delta_t = \Delta_1 + \Delta_2 = 0.0879 cm + 1.8664 cm$$

$$\Delta_t = \Delta_1 + \Delta_2 = 1.8659 cm$$

Para vigas no debe pasar de:

$$\frac{L_{vc}}{400} \geq \Delta_t$$

$$1.875 \geq 1.8659$$

Demostrándose así que cumple con lo establecido, se cumple con el diseño, el perfil es satisfactorio.

3.2.8 Cálculos de las columnas

Modelamiento de la columna

Modelización del elemento mediante un enfoque unidimensional:



Fig. 39 Modelamiento unidimensional de la columna

Diagrama de cuerpo libre de la columna

El diagrama de cuerpo libre del elemento se utiliza para calcular las reacciones de la columna y determinar su perfil.



Fig. 40 Diagrama de cuerpo libre de la columna

Cálculo de la selección del perfil de la columna:

Debiendo ser 0 en la columna, se usa la ecuación:

$$\sum M_0 = 0$$

$$L = 7500 \text{ mm} = 24.6 \text{ ft}$$

$$P = 5681.34 \text{ kg} = 11.2 \text{ k.lb}$$

$$K = 0.8$$

$$K \times L = 0.8 \times 24.6 = 19.68$$

En el manual ASD página 3.33 se toma la siguiente relación con $K*L = 19.68$ que resistira una carga de 20 k.lb asumiendo del manual ASD de la página 1.32 seleccionamos un perfil W18 x 158.

Cálculo de la esbeltez de la columna

Desarrollaremos la siguiente ecuación, para determinar la esbeltez de la columna:

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{0.8 \times 24.6 \times 12}{2.74} = 86.189$$

Haciendo uso de la tabla C36 página 3.16 del manual ASD, se tiene:

$$\frac{K \times L}{r} = 84.08$$

siendo el resultado de la ecuación:

$$F_a = 14.67 \text{ ksi}$$

Cálculo del factor de seguridad de la columna

Se determina el F_a usando perfil elegido de la columna:

$$F_a = \frac{P}{A} = \frac{11.2 \text{ k.lb}}{46.3 \text{ in}^2} = 0.24$$

Calculando el factor de seguridad

$$n = \frac{14.9}{2.4} = 6.2$$

El perfil seleccionado es W18x158.

3.2.9 Cálculos de la placa base

Considerando los criterios para hacer los cálculos y determinar las dimensiones de la placa base: La columna elegida tiene una capacidad de carga de 11 K.lb con un perfil de W18x158.

La columna estará soportada por una zapata de concreto reforzado para la carga establecida por el puente grúa de 20 x 20 cm, con un:

$$f_c = 1k. \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

$$A_1 = \frac{1}{A_2} \times \left(\frac{P}{0.35 \times f_c} \right)^2$$

$$A_1 = \frac{1}{60.8} \times \left(\frac{11}{0.35 \times 1} \right)^2 = 16.246 \text{ in}^2$$

$$\Delta = 0.5(0.95 \times (d) - 0.8 \times (bf))$$

$$\Delta = 0.5(0.95 \times (19.72) - 0.8 \times (11.3))$$

$$\Delta = 4.85$$

$$N = \sqrt{A1} + \Delta = \sqrt{16.246} + 4.85$$

$$N = 8.88 \text{ in} = 225.6 \text{ mm}$$

$$B = \frac{A1}{N} = \frac{16.246}{8.88} = 1.83 \text{ in} = 46.4 \text{ mm}$$

Utilizaremos la plancha de 200 x 200, para la columna y el perfil calculado, quedando a la medida de la zapata de concreto, de estar forma se realizara el empotramiento.

$$Fp = 0.35(fe) \times \sqrt{\frac{A2}{A1}} \leq 0.7 \times (fc)$$

$$Fp = 0.35(1) \times \sqrt{\frac{60.8}{16.246}} \leq 0.7 \times (1)$$

$$Fp = 0.67 \leq 0.7$$

$$n = \frac{B - 0.8 \times bf}{2} = \frac{4.05 - 0.8 \times 5}{2}$$

$$n = 0.025 \text{ in}$$

$$tp = n \times \sqrt{\frac{Fp}{0.25 \times fy}} = 0.025 \times \sqrt{\frac{0.62}{0.25 \times 36}} = 0.00656 \text{ in}$$

3.2.10 Cálculos de los pernos estructurales del puente grúa

Cálculo de las dimensiones de la pernería de anclaje

Se tendrá a continuación las siguientes consideraciones:

$$P = 5681.34 \text{ kg}$$

$$P = 55.67 \text{ kN}$$

Mp: momento de la carga en la placa base

$$Mp = 53.39 \text{ kN} \times (0.1) \text{ m}$$

Son las especificaciones de cálculo, teniendo en cuenta P como la carga que soporta la placa base respecto de la columna del puente grúa.

Cálculo de la distancia desde el centroide

La distancia del centroide hasta el centro de cada perno que no está en la línea del centroide, determina según:

$$r = \sqrt{0.08^2 + 0.05^2} = 0.095 \text{ m} = 95 \text{ mm}$$

Cálculo de la carga cortante primaria por perno

Utilizamos la relación:

$$F1 = \frac{P}{n}$$

Se considera cuatro pernos por la placa base, entonces:

$n = \text{numero de pernos}; n = 4. \text{Entonces}$

$$F1 = \frac{55.677}{4} = 13.9192 \text{ KN}$$

Cálculo de la carga cortante secundaria por perno

Responde a la relación, teniendo en cuenta las fuerzas secundarias iguales

$$F2 = \frac{Mr}{4r^2}$$

$$F2 = \frac{M}{4r} = \frac{5567.7}{4(95)} = 14.65 \text{ kN}$$

Cálculo de la suma de cargas cortantes primarias y secundarias

Usando la ley de cosenos obtendremos la resultante de las cargas cortantes

$$Fr^2 = P1^2 + P2^2 - 2 \times P1 \times P2 \times \cos 60$$

$$Fr^2 = 13.919^2 + 14.65^2 - 2 \times 13.919 \times 14.65 \times \cos 60$$

$$Fr = 14.29 \text{ kN}$$

Cálculo de la longitud de la pernería de anclaje

Para la longitud de la pernería de anclaje se dan los siguientes datos:

$$h = \frac{3}{8} \text{ in}$$

$$d = \frac{11}{16} \text{ in}$$

$$h = 17 \text{ mm}$$

tenemos la siguiente relación para calcular la longitud mínima

$$L > h + 1.5d$$

$$L > \frac{3}{8} + 1.5 \frac{11}{16}$$

$$L > 1.4 \text{ in}$$

Considerando como $L > 1.4 \text{ in}$ se determina una longitud de 2 in para el perno de anclaje.

$$L = 2 \text{ in}$$

Cálculo de la longitud de la rosca actuante de la pernería de anclaje

$$L = 2d + \frac{1}{4} \text{ in}$$

cuando

$$L \leq 6 \text{ in}$$

$$L = 2 \left(\frac{11}{16} \right) + \frac{1}{4} = 1.62 \text{ in} = 41.25 \text{ mm}$$

Cálculo del área del esfuerzo cortante de la pernería de anclaje

Utilizamos

$$A = \pi \frac{d^2}{4} = \pi \frac{17^2}{4} = 226.98 \text{ mm}^2$$

Cálculo del esfuerzo cortante de la pernería de anclaje

Utilizamos

$$t = \frac{14.29}{226.98} \times \frac{10^3}{1} = 2.7 Mpa$$

Según la tabla el perno de 11/16 o 17 mm tiene un esfuerzo cortante

$$h = \frac{3}{8} in$$

$$d = \frac{11}{16} in$$

$$t = 2.7 Mpa$$

Hallando el factor de seguridad de la pernería de anclaje

$$F_{seguridad} = \frac{17}{6.040} = 2.7$$

El perno seleccionado cumple con el diseño.

3.3 Análisis estadístico de los resultados

Dado el carácter exploratorio y fundamental del estudio, no hay análisis estadístico de los resultados, ya que el diseño seleccionado y los cálculos justificativos se obtiene como consecuencia de la investigación.

3.4 Prueba de hipótesis

EL MÉTODO GENERALIZADO DE PROCEDIMIENTO EN EL PROCESO DE DISEÑO, sugerido por el ing. Barriga Gamarra, es un método utilizado principalmente para organizar la actividad creativa del diseñador. En este enfoque, la prueba de hipótesis es comparable al gráfico de portadores de funciones, también conocido como matriz morfológica.

IV. DISCUSIÓN.

Los datos y soluciones adquiridos en este estudio son excelentes y adecuados para nuestro escenario específico. El gráfico, conocido como matriz morfológica ZWICKY, muestra las soluciones ideales que deben seleccionarse en función de un criterio técnico-económico según el planteamiento alemán VDI. Los resultados calculados se utilizan para elegir, validar y, a continuación, desarrollar los diseños correspondientes para la futura construcción del puente grúa del taller mecánico de la F.I.M.E.E, validando que se cumpla desde inicio a fin del proyecto.

La ingeniería implica el examen y análisis exhaustivos de las interconexiones e interacciones entre diversos componentes, sistemas y subsistemas, estas pueden ser de naturaleza civiles, estructurales, máquinas, equipos y sistemas electromecánicos. También implica establecer las condiciones y requisitos necesarios para cada uno de estos elementos. Esta etapa es crucial para garantizar la total compatibilidad y coherencia entre todos los componentes y sistemas, permitiendo así una integración segura y fiable. De ahí que la etapa inicial consista en "descomponer o desagregar" el proyecto en elementos diferenciados, como obras, equipos, componentes primarios, sistemas y subsistemas auxiliares, para facilitar su estudio y análisis. El alcance de esta división depende de la magnitud y complejidad del proyecto. En los proyectos modestos, los contratistas pueden incorporar o incluir equipos y componentes auxiliares como parte de los equipos y componentes principales que suministran. Esta desagregación suele asociarse a la estructura de división del trabajo, que consiste en asignar el trabajo a distintos especialistas. También resulta útil para agrupar o separar los contratos de fabricación y suministro de equipos, así como los de diseño y construcción de las obras. Además, es beneficioso para organizar los costes. La fase actual de análisis de las interconexiones e interacciones entre todos los componentes no debe retrasarse. En las fases posteriores, cuando se lleve a cabo la ingeniería de detalle, grupos o contratistas especializados e independientes se encargarán de los diseños finales. Estos diseños se basarán en los criterios y requisitos establecidos en la fase de ingeniería básica. Si estos criterios y requisitos no se han definido de forma clara y explícita, existe el riesgo de que no se tengan en cuenta y no se incluyan en los diseños finales. Sin duda, las partes implicadas deben coordinarse y cooperar estrechamente, al tiempo que mantienen una supervisión general. Con frecuencia, el proyecto se inicia sin haber completado estos estudios, lo que lleva a la creación de "diseños preliminares" que posteriormente requieren más información, modificada o corregida.

V. CONCLUSIÓN

Hemos identificado la solución más eficaz y adecuada en función de nuestros requisitos y las condiciones del entorno. Hemos seleccionado cuidadosamente la tecnología adecuada que se ajusta a las tareas que debe realizar el mecanismo. Como resultado, hemos elegido una estructura de acero estructural de A 36, que consta de los siguientes componentes esenciales: columna W18x158 y viga carrilera W12x65.

Los métodos de cálculo empleados en este estudio fueron esenciales para lograr conclusiones adecuadas para el plan de diseño sugerido.

La metodología aplicada ofrece al ejecutor del proyecto una perspectiva completa y amplia del mismo, lo que resulta crucial para transmitir eficazmente los conocimientos a través de este documento.

Los resultados de esta investigación se enmarcan en el concepto de desarrollo de ingeniería básica pues se realiza el calculo estructural o memoria de calculo de los elementos estructurales principales, basados en un diseño optimo que se selecciono mediante una lista de exigencias y matriz morfológica

La técnica utilizada dota al diseñador de toda la información esencial para pasar a la fase de creación de los planos de producción y montaje, especificaciones técnicas de fabricación e instalación, desarrollo de documentos y gestión administrativa para una posible licitación y posterior construcción del proyecto desarrollado.

VI. RECOMENDACIÓN.

Para garantizar una evaluación exhaustiva durante todo el proceso de diseño mecánico, es aconsejable recopilar una lista completa de aspectos tanto externos como internos que tengan un impacto directo o indirecto en el proyecto.

Es aconsejable tener en cuenta la normativa vigente sobre diseño mecánico mientras se desarrolla el proyecto.

Cuando se diseña una estructura mecánica, se produce un índice de accidentes laborales. Por lo tanto, es aconsejable evaluar meticulosamente cada paso del proceso de desarrollo del proyecto y aplicar las medidas adecuadas para evitar percances de salud laboral, tanto para la empresa como para el medio ambiente.

Es aconsejable elegir la tecnología más adecuada en función del objetivo principal y del contexto específico en el que se ejecutará el proyecto.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Huaroc Espinoza, E. (2018). Diseño de un puente grúa para el winche de servicios en Mina Yauricocha. Huamaní Matute, L. N. (2010).
- [2]. Diseño de un puente grúa de 18 metros luz, con 8 TM de capacidad. Millones Paucar, L. A. (2015). Diseño y selección de un puente de grúa, de 30 Tn. para una planta de fundición de aceros especiales.
- [3]. Norma Técnica de Edificación E.020:
<https://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/50%20E.020%20CARGAS.pdf>
- [4]. Norma Técnica de Edificación E.090:
<https://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/57%20E.090%20ESTRUCTURAS%20METALICAS.pdf>
- [5]. Historia Evolutiva de las Gruas. Obtenido ” Unitec Lifting Solution:
https://www.unitecls.com/wp-content/uploads/2016/05/HISTORIA_EVOLUTIVA-DE-LAS-GR%C3%AAS-1.pdf
- [5]. Yarasca Córdova, P. (2002). Diseño de una grúa tipo puente de 10 ton. para una planta industrial

VIII. ANEXOS

Anexo 01: Guía para la redacción de una lista de exigencias con las características principales

GUIA PARA LA REDACCION DE UNA LISTA DE EXIGENCIAS CON LAS CARACTERISTICAS PRINCIPALES	
CARACTERISTICAS	EJEMPLOS
Geometria	Tamaño, altura, ancho, largo, diámetro, disposición, conexión, extensión, y ampliación
Cinematica	Tipo de movimiento, dirección del movimiento, velocidad aceleración
Fuerzas	Dirección de las fuerzas, magnitud de las fuerzas, frecuencia de las fuerzas; peso, carga, deformación, rigidez, propiedades elásticas, fuerzas de inercia,
Energia	potencia, eficiencia, pérdidas, fricción, ventilación, estado presión, temperatura, calentamiento, enfriamiento, energía de conexión, almacenamiento,
Materia	Flujo de material y transporte de material. Propiedades físicas y químicas de los productos de entrada y salida, materiales adicionales, materiales prescritos (Leyes
Señales (información)	Magnitudes de entrada y salida, formas de las señales, indicadores, aparatos de control y funcionamiento
Seguridad	Técnicas de seguridad inmediata, si temas de protección, seguridad de trabajo y medio ambiente.
Ergonomia	Relación hombre-máquina, manejo, altura de manejo, tipo de servicio, claridad, disposición, confort del asiento, iluminación, configuraciones de forma, apariencia
Fabricación	Limitación por los talleres de producción, dimensión máxima a fabricar, procedimiento preferido de fabricación, medios de fabricación, calidad y tolerancias posibles, cuotas de perdicio.
Control	Posibles pruebas y mediciones, prescripciones especiales (TUV, ASME, ISO, AD – hojas de cálculo, ITINTEC)
Montaje	Prescripciones especiales de montaje ensamble, instalación, montaje en obra, fundamentos
Transporte	Limitación por las grúas, perfil las líneas, condiciones de transportar según el tipo de vía, por tamaño, tipo de envío.
Uso	Sin ruidos, coeficiente de desgaste uso en lugares apartados, lugar de empleo (p.e. Atmosfera sulfurosa).
Mantenimiento	Sin mantenimiento o bien tiempos y frecuencia de mantenimiento, inspección, cambio y reparación de piezas pintura, Limpieza
Costos	Costos máximos de fabricación admisibles, costos de herramientas y dispositivos, inversión, amortización
Plazos	Fin del desarrollo, plan redes para los pasos intermedios, diagramas de barras, tiempo de entrega