



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

PROYECTO TÉCNICO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ELEVACIÓN CON
MECANISMO NEUMÁTICO PARA LA EMPRESA CIAUTO CÍA. LTDA.”**

AUTORES: Justin Rafael Minda Maldonado

María de los Angeles Torres Lizano

TUTOR: Ing. Francisco Agustín Peña Jordán, MSc.

Ambato – Ecuador

Febrero - 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención de Título de Ingeniero Mecánico con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ELEVACIÓN CON MECANISMO NEUMÁTICO PARA LA EMPRESA CIAUTO CÍA. LTDA.”**, elaborado por el Sr. Justin Rafael Minda Maldonado portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1803710035 y la Srta. María de los Angeles Torres Lizano portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1850013473, estudiantes de la Carrera de Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.


Ambato, febrero 2024

.....
Ing. Franciseo Agustín Peña Jordán, MSc.
TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Justin Rafael Minda Maldonado** portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1803710035, y **María de los Angeles Torres Lizano** portadora de la cédula de ciudadanía C.I. 1850013473, declaramos que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico denominado: **"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ELEVACIÓN CON MECANISMO NEUMÁTICO PARA LA EMPRESA CIAUTO CÍA. LTDA."**, así como, también los cálculos, tablas, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores del proyecto, a excepción de las referencias citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2024



.....
Justin Rafael Minda Maldonado
C.I. 1803710035
AUTOR



.....
María de los Angeles Torres Lizano
C.I. 1850013473
AUTORA

DERECHOS DE AUTOR


Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedemos los Derechos en línea patrimonial de nuestro Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando nuestros derechos de autor.

Ambato, febrero 2024



.....
Justin Rafael Minda Maldonado
C.I. 1803710035
AUTOR



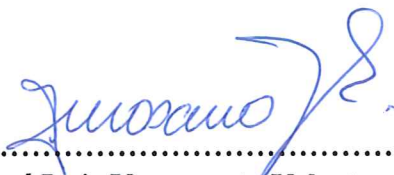
.....
María de los Angeles Torres Lizano
C.I. 1850013473
AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

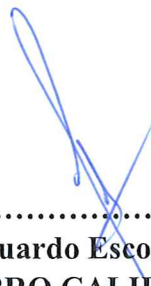
Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por los estudiantes María de los Angeles Torres Lizano y Justin Rafael Minda Maldonado de la Carrera de Mecánica, bajo el tema: **"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ELEVACIÓN CON MECANISMO NEUMÁTICO PARA LA EMPRESA CIAUTO CÍA. LTDA."**

Ambato, febrero 2024

Para constancia firman



.....
Ing. José Luis Yunapanta Velastegui, MSc.
MIEMBRO CALIFICADOR



.....
Ing. Luis Eduardo Escobar Luna, Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis amados y adorados sobrinos, José Andrés y Esteban Andrés, para que sepan que cada uno de los logros que he conseguido, los he logrado con ayuda de su amor y su apoyo. Los amo mucho y son mi inspiración para cada día ser una mejor persona.

Angeles Torres

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi abuelito Roberto Patricio Minda Moreno que en paz descansa, por haber sido el primero en creer en mí y en mis logros, porque siempre me apoyó y estuvo orgulloso de mí. Te amo mucho y siempre te recordaré en cada logro que alcance.

Justin Minda

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestras familias por ser el sustento y apoyo que nos ha permitido alcanzar nuestras metas.

Agradecemos a la empresa CIAUTO CÍA. LTDA. por el constante apoyo en el proyecto, brindándonos toda la ayuda y conocimiento necesario. En especial al Ing. Miguel Ángel Taipe e Ing. Javier Pilatasig, por su guía en este transcurso.

Agradecemos al equipo de mantenimiento por compartir su experiencia y conocimientos que han hecho posible la realización de este proyecto. En especial a Angelito, nuestro padrino de tesis.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Fundamentación teórica	4
1.3.1. Sistemas de elevación	4
1.3.2. Diseño estructural.....	12
1.3.3. Neumática	14
1.3.4. Mecanismos	20
1.4. Objetivos	20
1.4.1. Objetivo general:.....	20
1.4.2. Objetivos específicos:	20
CAPÍTULO II	22
2. METODOLOGÍA	22
2.1. Materiales	22
2.2. Equipos	23
2.3. Métodos	23

2.3.1.	Histórico – lógico	23
2.3.2.	Investigación – acción.....	24
2.3.3.	Investigación cuantitativa.....	24
2.4.	Etapas de desarrollo del proyecto.....	24
2.4.1.	Diagrama de etapas	24
2.4.2.	Descripción de las etapas	26
2.5.	Ecuaciones.....	27
CAPÍTULO III.....		35
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
3.1.	Selección de alternativas para el sistema de izaje.....	35
3.2.	Diseño del sistema gravedad cero.....	37
3.3.	Prediseño del puente grúa	37
3.3.1.	Viga grúa.....	37
3.3.2.	Cálculos de la viga carrilera.....	41
3.3.3.	Combinaciones de cargas.....	45
3.3.4.	Cálculo de la placa base	49
3.4.	Simulaciones mediante software aplicable.....	50
3.5.	Presupuesto del proyecto.....	52
3.6.	Pruebas de funcionamiento	54
CAPÍTULO IV.....		57
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
4.1.	Conclusiones	57
4.2.	Recomendaciones.....	57
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
6.	Anexos	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Grúa [23].....	4
Figura 2. Puente grúa [22].....	5
Figura 3. Grúa pórtico [22].	5
Figura 4. Grúa semipórtico [22].....	6
Figura 5. Grúa ménsula [22].	6
Figura 6. Grúa de brazo giratorio [22].	7
Figura 7. Puente grúa ligero KBK [27].....	7
Figura 8. Mecanismo de elevación [22].....	8
Figura 9. Mecanismo de movimiento (carro) [28].	8
Figura 10. Mecanismo de movimiento (puente) [29].....	8
Figura 11. Camino de rodadura [30].	9
Figura 12. Botonera [31].	9
Figura 13. Telemando [32].....	10
Figura 14. Cabina [33].	10
Figura 15. Sistema para preparación de aire [39].	15
Figura 16. Servomotor con cilindro neumático [39].....	16
Figura 17. Cilindro de doble efecto.....	17
Figura 18. Cilindro de simple efecto.....	17
Figura 19. Diagrama de flujo de las etapas.	24
Figura 20. Sección transversal del KBK 65x70x4 mm.....	38
Figura 21. Diagrama de cuerpo libre de la viga grúa.	39
Figura 22. Diagrama de cargas cortantes de la viga grúa.	39
Figura 23. Diagrama de momento flector de la viga grúa.....	40
Figura 24. Sección transversal viga carrilera.	41
Figura 25. Diagrama de fuerzas para la viga carrilera.	42
Figura 26. Diagrama cortante de la viga carrilera.....	42
Figura 27. Diagrama de momentos de la viga carrilera.	43
Figura 28. Viga empotrada con carga puntual [54].....	44
Figura 29. Puente grúa deformado por la combinación 1.	51
Figura 30. Puente grúa deformado por la combinación 2.3.	51
Figura 31. Puente grúa deformado por la combinación 8.	52
Figura 32. Simulación de demanda/capacidad de la estructura.	52

Figura 33. Estado inicial de la ejecución del proceso. 54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Simbología de las válvulas [43].	18
Tabla 2. Propiedades del acero ASTM A36 [49].	22
Tabla 3. Porcentaje de impacto vertical [38].	33
Tabla 4. Matriz de decisión ponderada.	36
Tabla 5. Presupuesto del proyecto.	53
Tabla 6. Tabla comparativa entre estados de ejecución.	55

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto tuvo como problemática la manipulación y transporte de neumáticos del área, debido a que el apilamiento de estos objetos se efectúa de forma manual, provocando esfuerzos musculoesqueléticos en los operarios y un tiempo prolongado de ejecución ralentizando la productividad de la planta de ensamblaje.

El trabajo técnico se desarrolló mediante el levantamiento de información con ayuda de los operarios en el área correspondiente para entendimiento del proceso de apilamiento y transporte de las llantas con un rango de 75 levantamientos durante las ocho horas de trabajo diario. Posteriormente, se realizó el diseño neumático implementado a un mecanismo de elevación cuyo funcionamiento tipo gravedad cero, mejora la ergonomía de este proceso y acelera su ejecución, adicionalmente cumple con las necesidades planteadas de transporte dentro de la empresa; y finalmente, se elaboró el diseño estructural del puente grúa verificando los resultados de acuerdo con la normativa CMAA-74 y AISC Design Guide 7. Se procedió a complementar la estructura con el mecanismo para su ejecución en conjunto para permitir su libre movimiento por el área de trabajo.

Al finalizar el trabajo, se comprobó que el tiempo de apilamiento y transporte de neumáticos fue reducido en comparación al estado inicial del proyecto, lo que mejora la productividad en el área de enllantaje de la empresa CIAUTO CÍA. LTDA. Asimismo, el mejoramiento de la ergonomía que se produce gracias a la estructura que incluye el mecanismo neumático, beneficia a la salud ocupacional de cada uno de los operarios.

Palabras clave: Mecanismo neumático, Diseño estructural, Puente grúa, Gravedad cero, Ergonomía.

ABSTRACT

The problem with this project was the handling and transport of tyres in the area, due to the fact that the stacking of these objects is carried out manually, causing musculoskeletal efforts in the operators and a prolonged execution time, slowing down the productivity of the assembly plant.

The technical work was developed through the collection of information with the help of the operators in the corresponding area to understand the process of stacking and transporting the tyres with a range of 75 lifts during the eight hours of daily work. Subsequently, the pneumatic design was implemented to a lifting mechanism whose zero gravity type operation improves the ergonomics of this process and speeds up its execution, additionally it meets the transport needs proposed within the company; and finally, the structural design of the bridge crane was developed, verifying the results in accordance with the CMAA-74 and AISC Design Guide 7 standards. The structure was complemented with the mechanism for its execution as a whole to allow its free movement through the work area.

At the end of the work, it was found that the time of stacking and transport of tyres was reduced compared to the initial state of the project, which improves productivity in the area of assembly of the company CIAUTO CÍA. LTDA. Likewise, the improvement in ergonomics that is produced thanks to the structure that includes the pneumatic mechanism, benefits the occupational health of each of the operators.

Keywords: Pneumatic mechanism, Structural design, Overhead crane, Zero gravity, Ergonomics.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

En el mercado automotriz actual, cada día, existe mayor automatización de las líneas de producción. Por lo que, a nivel nacional se busca optimizar el trabajo de las ensambladoras aportando mayor desarrollo tecnológico a la producción de vehículos. En esta empresa todavía se efectúa manualmente el inflado de llantas, la cual es una forma no tecnificada de ejecutar esta actividad.

El puente grúa es uno de los componentes de manejo de cargas más prácticos que existen. Debido a las limitaciones con las que cuenta el ser humano, la ingeniería ha buscado siempre la forma de hacer uso de componentes que puedan brindar apoyo a la ejecución de diferentes tipos de trabajo, tal es el caso que se diseñó un puente grúa para una industria enfocada en la metalmecánica de la ciudad de Quito, como se indica en la referencia [1].

Actualmente, el uso de puentes grúa son de suma utilidad para el manejo fácil de las piezas en las líneas de ensamblaje de vehículos [2]. La importancia que surge en los puentes grúas radica en su utilización como una máquina herramienta que permita la elevación, carga y transporte de objetos pesados, que son de difícil manipulación manual para los operadores, según indica la referencia [3], en donde, se describe la utilización de grúas para el proceso de carga de contenedores a los barcos, y cómo su automatización reduce el tiempo de ascenso y descenso del cargamento y mejora la productividad.

Según la referencia [4], una correcta selección de un puente grúa es capaz de mejorar los procesos de una empresa, tal es el caso que, en su proyecto, aumentaron la efectividad a la hora de ensamblar estructuras de las carrocerías en PICOSA Cía. Ltda., optimizando así, los tiempos de producción y los recursos con los que dicha empresa cuenta.

Un estudio realizado por la referencia [5], concluyó que la neumática cumple un papel muy importante dentro de la industria, debido a que, la fuente de su energía es el aire

comprimido, mismo que es fácil y económico de obtener, además de colaborar con la automatización o semi automatización de procesos industriales.

Utilizando la neumática, se aumenta la calidad del proceso de fabricación de un producto, puesto que, no necesita la habilidad del trabajador y el proceso se mantiene constante, incrementando así la cantidad de elementos por ciclo y reduciendo a la mitad el tiempo que se emplea para la fabricación, obteniendo una mejora de rentabilidad y producción como se demuestra en la referencia [6] para la elaboración de bloques.

En la investigación realizada por la referencia [7], se expone que el uso de una red neumática ayuda a la eficiencia de procesos. En ese caso se utilizó la red neumática para un taller automotriz, logrando así, una reparación de vehículos más efectiva y mejorando el negocio de mantenimiento.

Para mejorar la ergonomía en las actividades ejecutadas en las ensambladoras de vehículos, es oportuno la aplicación de sistemas automatizados, siendo la neumática una de las alternativas más rentables, prácticas y mayor proyección a futuro, brindando a la empresa mayor competitividad en el mercado, de ese modo, el aprendizaje acerca de los sistemas neumáticos en las ramas de la Ingeniería provee al profesional de la capacidad de aumentar la productividad en cualquier sector industrial [8].

Otro aspecto importante, es contar con la seguridad necesaria para la ejecución de las actividades de ensamblaje, es primordial contar con ergonomía adecuada, debido a que las actividades realizadas por los trabajadores son de fuerte impacto, un estudio realizado acerca de los riesgos de sufrir lesiones músculo esqueléticas por el apilamiento manual de las llantas en el ensamblaje de un vehículo compacto determinó que pueden ser moderados, porque se producen esfuerzos en las zonas de la espalda, brazos, manos y piernas por los movimientos constantes ejercidos diariamente [9].

Un estudio realizado por la referencia [10], demuestra que, el correcto manejo de la ergonomía origina beneficios para las empresas, no obstante, esta ciencia está incipiente en países que se encuentran en vías de desarrollo. Además, la referencia [11], describe que una correcta aplicación de esta ciencia puede garantizar que el trabajo sea más sustentable, saludable y productivo.

1.2. Justificación

En cualquier tipo de trabajo donde se necesite la carga continua de objetos pesados, es necesario el chequeo y aportación de correcciones para evitar daños a la persona, cuanto mayor sea el esfuerzo realizado, el consumo de energía que emplea el trabajador es proporcional, haciendo que la fatiga muscular sea la consecuencia más relevante [12]. Debido a esto, es necesario que en las empresas se implementen medidas ergonómicas para garantizar la salud de sus operarios, debido a que la manipulación manual de cargas está asociada a múltiples lesiones músculo - esqueléticas que afectan en su gran mayoría a la espalda, por lo que, es de gran importancia una correcta evaluación de tareas que involucren la manipulación manual de cargas y el adecuado acondicionamiento de los puestos de trabajo [13]. Además, según las referencias [14] y [15], es una ciencia que investiga el mejoramiento de la relación entre el ser humano con el medio que lo rodea, optimiza la productividad en los sitios de trabajo y reduce el elevado coste que surge por trastornos musculoesqueléticos.

Aplicar la ergonomía correctamente dentro de una empresa, demostró aumentar los indicadores de bienestar, salud, productivos y económicos de cada uno de los operarios, según un estudio realizado por la referencia [10]. Ecuador es denominado un país muy avanzado con respecto a la creación e implementación de normas de ergonomía, logrando que 163 países lo avalen como un instrumento jurídico técnico, es así como la NTE INEN – ISO 14738 y NTE INEN – ISO 11228 son una referencia para su aplicación eficaz en las empresas [16]. La norma NTE INEN – ISO 14738 detalla cómo mediante medidas antropométricas se asegura la ergonomía en el diseño de máquinas [17]. La norma NTE INEN – ISO 11228 en sus 3 partes otorga recomendaciones de ergonomía con respecto a actividades que involucren manipulación manual [18], [19].

En Ecuador, hasta el año 2018, el 80% de los accidentes de trabajo fueron a causa de la manipulación de cargas, posturas, movimientos repetitivos, etc. englobándolos en un factor de riesgo ergonómico [20]. Según la referencia [21], el dolor lumbar es la consecuencia más común a nivel mundial de este tipo de actividades, lo que provoca discapacidad laboral y ausentismo, provocando repercusiones económicas y físicas a las personas.

La elaboración del trabajo tiene como propósito el diseño y construcción de un puente grúa con sistema gravedad cero con la finalidad de prevenir y eliminar riesgos de seguridad industrial a los trabajadores del área de enllantaje de la empresa CIAUTO CÍA. LTDA. ubicada en la ciudad de Ambato, estos se producen en los trabajadores debido al requerimiento de la elevación manual de 75 llantas diarias por persona para su posterior proceso de inflado. La implementación del trabajo facilita este proceso, evitando los posibles riesgos de salud a los trabajadores como el agotamiento excesivo, problemas, dolores o lesiones musculares; además que aumentará el flujo de producción volviéndolo más constante, por consiguiente, el tiempo de carga por llanta se reducirá.

1.3. Fundamentación teórica

1.3.1. Sistemas de elevación

- **Clasificación de los sistemas de elevación**

Existen varios tipos de sistemas de movimiento de carga, cada uno está diseñado para ser usado en diferentes entornos de trabajo. Entre ellos están: grúa, grúa puente, grúa pórtico, grúa semipórtico, grúa ménsula y grúa de brazo giratorio o también conocido como “de palomilla” [22].

Grúa: Se define como máquina cuya operación es intermitente que sirve para levantar y colocar las distintas cargas que se encuentran fijadas por un gancho o cualquier elemento de prensión. Se muestra un ejemplo en la Fig. 1.



Figura 1. Grúa [23].

Puente grúa: Un puente grúa cumple la función de cargar y transportar grandes pesos, principalmente en naves industriales, cuya composición consta de dos raíles por los

cuales se moviliza una viga metálica [24]. La derivación del nombre de “puente grúa” viene dado porque el aspecto de su estructura es semejante a un puente. Como se explicó anteriormente, están conformadas por una viga principal que se encuentra colocada, normalmente, en el techo y de otra viga para el carro que se ubica por debajo de esta y cumple la función de agarrar y transportar los objetos [25]. Es una estructura que incluye una o dos vigas portátiles denominadas como elemento portador que pueden encontrarse apoyadas o suspendidas, por encima se traslada el carro con sus respectivos mecanismos de elevación. Se muestra un ejemplo en la Fig. 2.

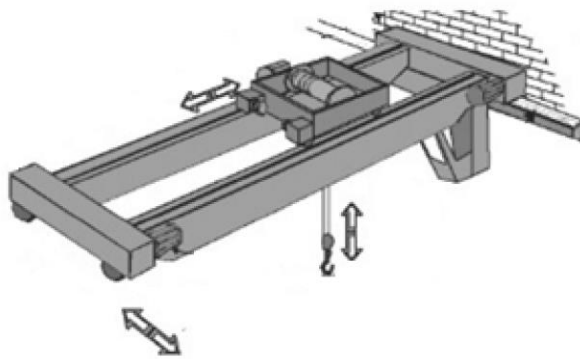


Figura 2. Puente grúa [22].

Grúa pórtico: Contiene, de igual manera, un elemento portador, pero este se encuentra ubicada sobre patas de apoyo encima de una vía móvil. Este tipo de estructura es diferente de la anterior en que sus railes están, normalmente, ubicados en el suelo o en un nivel horizontal inferior al carro. Se muestra un ejemplo en la Fig. 3.

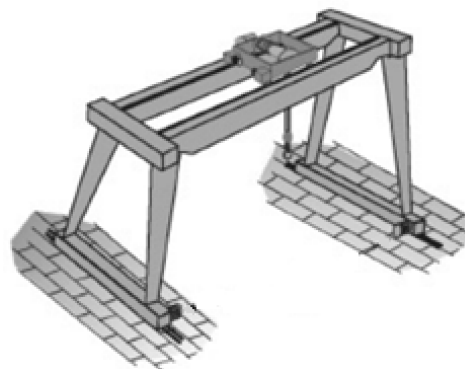


Figura 3. Grúa pórtico [22].

Grúa semipórtico: Es una mezcla de las dos anteriores grúas, en un lado tiene patas de apoyo con un raíl a un nivel inferior del carro (suelo) y por el otro, una vía móvil al mismo nivel que sujetan al elemento portador. Se muestra un ejemplo en la Fig. 4.



Figura 4. Grúa semipórtico [22].

Grúa ménsula: Este tipo de grúa se encuentra asegurada en un muro. También puede desplazarse por medio de una vía móvil que se encuentre sujeta a una estructura o muro. Este tipo de grúa se diferencia de las demás, debido a que sus raíles de movimiento se encuentran en un solo plano vertical. Se muestra un ejemplo en la Fig. 5.

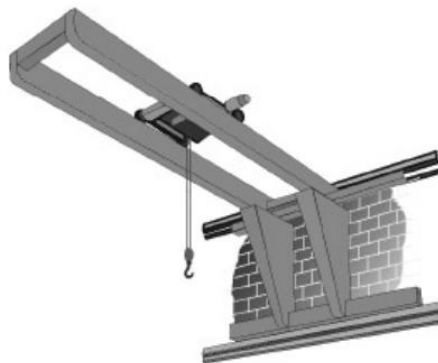


Figura 5. Grúa ménsula [22].

Grúa de brazo giratorio: También conocida como “de palomilla”, es una grúa que cuenta con la capacidad de rotar sobre una columna sujeta por la base a la fundación, también puede estar sujeta a una columna rotatoria en un soporte empotrado. Se muestra un ejemplo en la Fig.6.

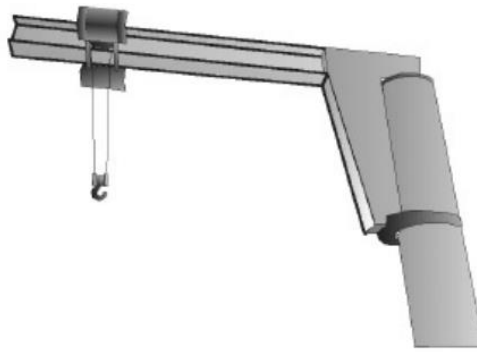


Figura 6. Grúa de brazo giratorio [22].

Puente grúa ligero KBK: Los puentes grúa ligeros KBK brindan soporte para el transporte de piezas demasiado pesadas y grandes, contando con un manejo seguro y preciso. Pueden ser fijados a diferentes tipos de estructuras como vigas de acero, cerchas o bloques hechos de hormigón, por lo cual, no es necesario que se cuente con un gran espacio en el suelo. Ayudando así a que los sitios de trabajo como, por ejemplo, áreas de producción o de almacenamiento se encuentren cubiertas de forma aérea [26].



Figura 7. Puente grúa ligero KBK [27].

- **Componentes genéricos de un sistema de movimiento de carga:**

Mecanismo de elevación: Es un grupo de motores y diferentes sistemas de cables y poleas que tienen la función de cambiar velocidades y fuerzas, mismas que se asignan en el movimiento de tipo vertical de la carga. Se muestra un ejemplo en la Fig. 7.

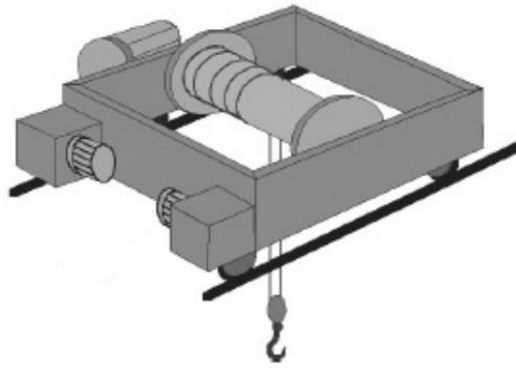


Figura 8. Mecanismo de elevación [22].

Mecanismo de movimiento (carro): Es un grupo de motores que se asignan en el movimiento de tipo longitudinal del carro, es decir, un sistema mecánico en conjunto con el mecanismo de elevación. En la Fig. 8. se muestra un ejemplo.



Figura 9. Mecanismo de movimiento (carro) [28].

Mecanismo de movimiento (puente): Es un grupo de motores que está conformado por testeros que actúan como estructuras portantes, estas integran este mecanismo para el movimiento de tipo longitudinal de la grúa. En la Fig. 9. se muestra un ejemplo.

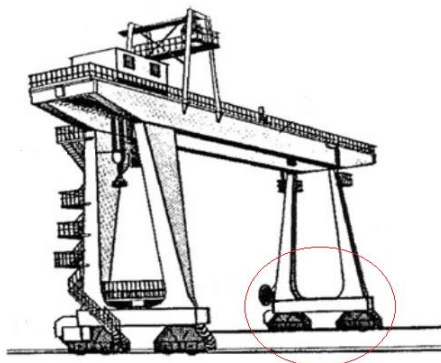


Figura 10. Mecanismo de movimiento (puente) [29].

Camino de rodadura: Es un componente estructural por el cual se traslada longitudinalmente la grúa. En la Fig. 10. se muestra un ejemplo.

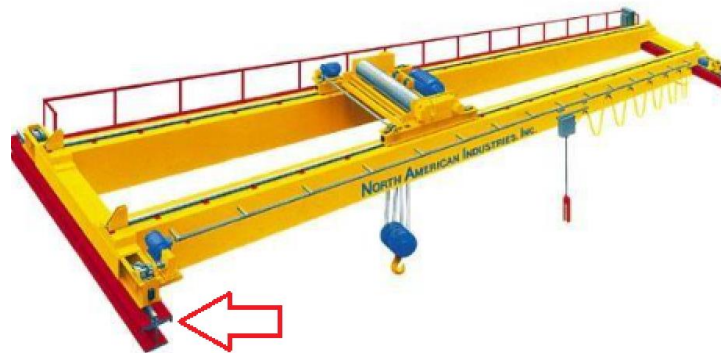


Figura 11. Camino de rodadura [30].

Mecanismo de giro: Es un grupo mecánico que cumple la función de trasladar angularmente el brazo o de la ubicación de los ganchos en el carro.

Botonera: Es un aparato que puede ser tanto eléctrico como electrónico que se encuentra unido de forma física a la grúa mediante el uso de mangueras de cables tipo eléctrico, con el fin de manejarlo desde la parte de afuera de la cabina. En la Fig. 11. se muestra un ejemplo.



Figura 12. Botonera [31].

Telemando: Es un aparato de tipo electrónico inalámbrico que no está unido de forma física a la grúa, para el manejo de esta. En la Fig. 12. se muestra un ejemplo.



Figura 13. Telemando [32].

Cabina: En caso de que exista este elemento, es la pieza que tiene la función de la conducción de la grúa además de guardar los elementos fijos de mando y de la persona operaria. En la Fig. 13. se muestra un ejemplo.



Figura 14. Cabina [33].

Accesorios: También se les conoce como “útiles de prensión”. Son componentes auxiliares que tienen el fin de agarrar la carga, como, por ejemplo: ventosas, electroimanes, pinzas, etc.

- **Componentes de seguridad de los sistemas de movimiento de carga**

No necesariamente todos los componentes que se nombrarán a continuación deben estar en un sistema de movimiento de carga. Cada uno debe ser equipado con los componentes de seguridad necesarios para el trabajo que realizará [22].

Dispositivo antichoque: Es un elemento que evita el choque entre grúas que cuenten con regiones de trabajo coincidentes.

Enclavamiento de la grúa: Es un elemento de anclaje que impide el traslado una vez que se pone en una posición de reposo.

Limitador de aflojamiento del cable: Es un elemento que impide riesgos probables que son producidos cuando un cable se afloja.

Limitador de altura de ascenso superior e inferior: Es un elemento que evita que el componente que hace presión a la carga se levante o descienda, de esta manera, puede ser golpeada contra el esqueleto de la grúa o pasar el límite superior e inferior que se estableció.

Limitador de altura de ascenso de seguridad: Es un elemento repetitivo, puesto que, cumple la función de evitar que la carga levantada golpee el esqueleto de la grúa en caso de que el dispositivo mencionado anteriormente tenga una falla inesperada.

Limitador de carga: Es un elemento automatizado que tiene la función de evitar el transporte de cargas que sobrepasen a la capacidad establecida.

Limitador de traslación: Este elemento es conocido también como limitador de giro, es un elemento que cumple la función de evitar todo tipo de movimiento, a lo largo de las vías de rodadura que sobrepasen los límites que se hayan establecido.

Pestillo de seguridad: Es un elemento mecánico que cumple la función de evitar el desenganche accidental de elementos de agarre de la carga.

Señal acústica: Es un componente de señalización sonoro que cumple la función de señalar el funcionamiento de la grúa.

Señales ópticas luminosas: Son componentes de señalización brillantes que indican el funcionamiento de la grúa.

Paro de emergencia: Es un componente que debe ser accionado manualmente para asegurar la desconexión rápida de cada uno de los motores de la grúa, además de impedir la puesta en marcha inoportuna al ser desenclavado.

- **Movimientos de un puente grúa**

Los puentes grúa son capaces de realizar tres movimientos, traslación, orientación del carro y ascenso / descenso. La traslación del puente se realiza de forma longitudinal, esta acción es realizada con un equipo moto-reductor que cumple la función de jalar los rodillos motores con ayuda de semiárboles de transmisión. La orientación del carro es la acción de movimiento a lo largo de todo el puente grúa. El ascenso y descenso es

la subida o bajada de la carga haciendo uso de un motor que agarra el gancho con un cable principal [34].

1.3.2. Diseño estructural

El diseño estructural es un proceso que tiene como objetivo crear estructuras funcionales y seguras capaces de aguantar todo tipo de cargas sin opción de fallo durante su vida útil, para lograr esto es necesario determinar la resistencia, rigidez y estabilidad con la que cuenta la estructura [35].

- **Modelado:**

La esquematización es fundamental, debido a que, el modelo mecánico debe ser capaz de predecir las distintas cargas. Los componentes estructurales más usados en el modelado son: vigas, pilares, zapatas, forjados, arriostramientos y muros de carga. Además, es importante determinar el tipo de material que se utilizará para la construcción de la estructura [35].

- **Análisis de cargas:**

Existen varios tipos de cargas clasificadas según su naturaleza y la duración de su aplicación [36].

Carga muerta: El peso de la estructura del puente grúa, junto con sus partes maquinadas y aquellas que debe soportar la estructura [37].

Carga del carro: Abarca el peso mismo del carro y de sus componentes [37].

Carga de elevación: Está compuesta por la carga de trabajo y el peso de cada uno de los componentes utilizados para la manipulación y levantamiento de la carga de trabajo [37].

Fuerza de inercia vertical: Estas fuerzas están conformadas por el movimiento generado por la grúa o de alguno de sus elementos, además, de la elevación y descenso de cargas. Estas cargas pueden ser incluidas haciendo uso de un factor independiente para la carga muerta (DLF) y para la carga de elevación (HLF) [37].

Fuerzas de inercia de los accionamientos (IFD): Este tipo de fuerza se produce debido a los movimientos tanto de aceleración como de desaceleración.

Fuerzas debidas a la inclinación: Son las fuerzas horizontales que se encuentran normales al raíl cuando las ruedas del carro están en movimiento, y que ejercen inclinación en la estructura.

Fuerzas torsionales y momentos debido a las cargas verticales: El momento torsional se produce debido a que las fuerzas verticales actúan de manera excéntrica con respecto al eje neutro vertical de la viga.

Fuerzas torsionales y momentos debido a las cargas laterales: El momento torsional se produce por medio de las fuerzas laterales que actúan de forma excéntrica con respecto al eje neutro horizontal de la viga.

Combinaciones de cargas: Las combinaciones de cargas aplicadas a puentes grúas están basadas en el método LRFD encontradas en AISC Design Guide 7 [38]. Se detalla todas las ecuaciones en el Capítulo 2, en la sección de Ecuaciones.

- **Clases de servicio**

Con la finalidad de obtener la carga de impacto vertical, se considera el ritmo de uso, variación de la carga levantada y la velocidad de transportación para clasificar a los puentes grúas en clases de servicio desde la clase A hasta la clase F [38].

El presente proyecto se encuentra en la clase D porque las elevaciones que realiza están en un rango de 10 a 20 por hora, por lo que, se considera el 25% de la carga nominal, debido a que es un servicio pesado [38].

- **Análisis estructural:**

El objetivo que tiene realizar un análisis de los componentes estructurales es comprender cual es el comportamiento del modelo estructural, haciendo uso de todas las combinaciones de carga. Los resultados se muestran en diagramas para esfuerzos cortantes, torsión, momento flector, reacciones, tensiones y todas las deformaciones que se puedan llegar a ejecutar por la aplicación de las cargas [35].

- **Diseño estructural:**

Este es el paso más importante por seguir, debido a que, trata de dar dimensiones a cada una de las partes con las que cuenta la estructura, basándose en los resultados obtenidos previamente en el análisis [35]. Además, tomando de guías normas como la

CMAA 74 y ASCE 7-22 también es posible elaborar un diseño estructural en condiciones.

- **Detallado estructural:**

Tiene como objetivo detallar las especificaciones de tornillos, armaduras, pernos de anclaje, calidad del acero del tornillo, soldadura, entre otros [35].

1.3.3. Neumática

Según la referencia [39], la neumática es el estudio acerca del movimiento del aire, además, se da una breve explicación que, desde sus inicios, por la década de 1950 se ha ido aplicando a diversos sectores industriales. Esto se debe a su fácil adquisición debido a los bajos costos de los componentes, la práctica implementación a razón de sus fáciles diseños, brindando mayor seguridad, debido a que hay nulas posibilidades de que ocurra una explosión, la transformación de movimiento lineal y giratorio, la capacidad de transmisión de energía en distancias de gran tamaño y, además, su construcción y mantenimiento son fáciles de realizar. A pesar de ello, es necesario tomar en cuenta que es complicado lograr velocidades estable consecuencia de la propiedad de compresibilidad que tiene el aire, las posibles fugas que menoran el rendimiento y los costos elevados de la aplicación de la energía neumática.

Los sistemas neumáticos que utilizan aire comprimido como fluido tienen control sobre el movimiento debido a elementos como cilindros, motores y frenos neumáticos, así también, válvulas de control y posicionadores. Es necesario que se cuente con una estación donde el aire comprimido sea generado y preparado por medio de un compresor, almacenado, atravesar por una unidad FRL (es decir, filtro, regulador de presión y lubricador) [39]. Como se observa en la Fig. 14. Asimismo, por una red de tuberías para su distribución y por elementos de preparación del aire individuales para determinados componentes.

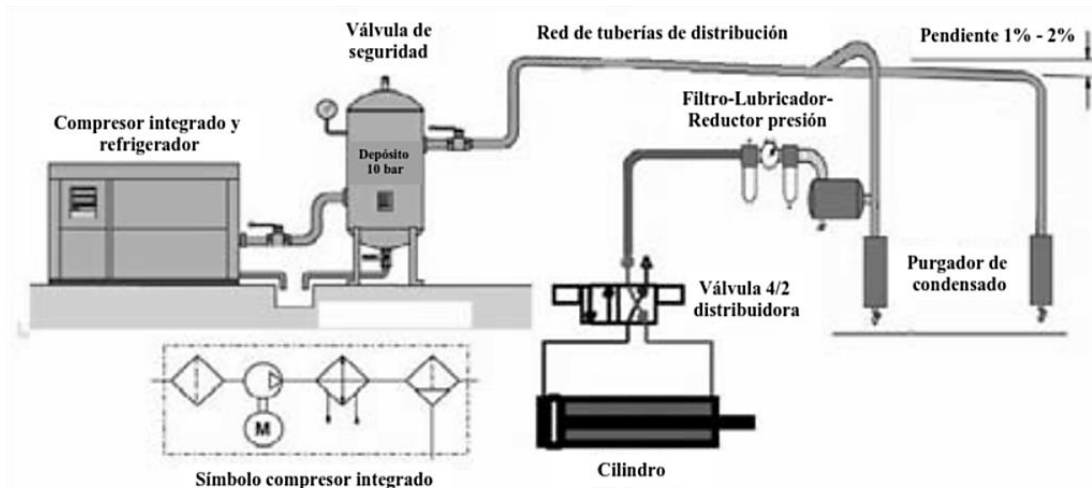


Figura 15. Sistema para preparación de aire [39].

En la industria ecuatoriana, las técnicas usadas para la implementación de equipos o sistemas automatizados son muy numerosas, puesto que, esta es una técnica sencilla de obtener, en la gran parte de maquinaria moderna se usa el aire comprimido porque este ayuda al rendimiento en la industria. La neumática tiene como objetivo el estudio para la correcta aplicación de aire comprimido, algunas características de este elemento son extremadamente útiles para la producción y fabricación [40].

El uso de la neumática permite una gran cantidad de aplicaciones dentro del campo de la maquinaria, herramientas y casi un cien por ciento de procesos industriales, entre las ventajas de la neumática se encuentran: facilidad de manejo en componentes de mando, velocidad de respuesta, velocidad de movimiento, uso de energía más pura. La desventaja más grande que se puede notar es que se necesita una inversión para la correcta automatización y un mantenimiento periódico del aire para intentar mantenerlo siempre en buen estado [41].

En el Ecuador existen un gran número de industrias que hacen uso de esta tecnología, por ejemplo, lácteos, en esta área la neumática se usa para envasar, etiquetar botellas, taponar, etc. En la industria del acero se usa en el mando de sujeción al taladrar, para el acabado superficial, desbarbado de fundición distintas piezas de aluminio, componentes de doblado automatizados, etc. [40].

- **Funciones de la neumática**

Esta rama de la mecánica es usada para realizar varias funciones, entre ellas se encuentran: el rastreo de diferentes estados con la ayuda de sensores, el procesamiento

de una gran cantidad de información haciendo uso de procesadores, la activación de actuadores con la ayuda de componentes de control, la elaboración de distintas acciones mediante actuadores [42].

- **Actuadores neumáticos**

Según la referencia [39], se conoce como actuadores neumáticos a aquellos dispositivos que transforman la energía neumática, es decir, del aire comprimido en trabajo mecánico mediante la creación de movimiento lineal. Esto se puede realizar por medio de servomotores de diafragma, por cilindros o motores neumáticos dando como resultado movimiento giratorio.

Servomotor neumático

El funcionamiento del servomotor neumático consta de un diafragma y un resorte que puede abarcar presiones de 0.2 a 1 bar, lo que es igual a 3 y 15 psi. Cuando se ejerce una presión sobre este diafragma, tiende a comprimir el resorte logrando provocar un movimiento constante hasta encontrar equilibrio entre la fuerza que se está ejerciendo por medio de la presión del aire en el diafragma y la fuerza que está ejerciendo el resorte [39]. Se observa un ejemplo en la Fig. 15. Se puede encontrar dos tipos:

De acción directa: Es cuando la presión de trabajo se sitúa en la cámara superior del servomotor, por lo que, la fuerza ejercida en el diafragma es hacia abajo.

De acción inversa: Es cuando la presión de trabajo se sitúa en la cámara inferior del servomotor, por lo que, la fuerza ejercida en el diafragma es hacia arriba.

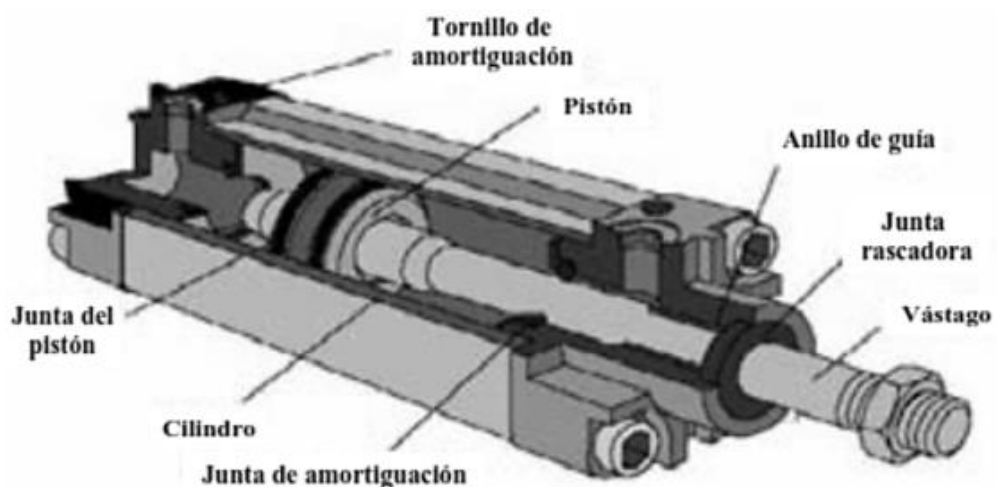


Figura 16. Servomotor con cilindro neumático [39].

Cilindro neumático de movimiento lineal

El cilindro neumático consta, como lo dice su nombre, de un cilindro que funciona como cámara cerrada por donde se desplaza un pistón, el cual está conectado a un vástago en el exterior al que se le transmite ese mismo movimiento [39]. Hay varios tipos de cilindros como:

De doble efecto: El aire ingresa a presión llenando la cámara trasera, logrando que el vástago avance y haciendo comprimir el aire de la cámara delantera escapando al exterior mientras cumple su carrera. Este proceso funciona de forma inversa para retraer el vástago. Se observa un cilindro de doble efecto en la Fig. 16.



Figura 17. Cilindro de doble efecto.

De simple efecto: Su funcionamiento es similar al descrito anterior, pero su retorno se logra por medio de un muelle. Se observa el cilindro de simple efecto en la Fig. 17.

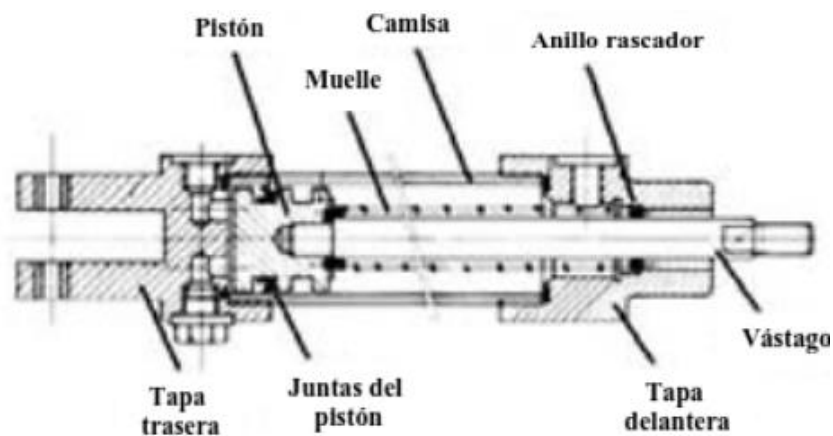


Figura 18. Cilindro de simple efecto.

Guiado: Mediante dos o más vástagos que se encuentran guiados se evita que haya una rotación del acoplamiento del mecanismo al cilindro, así no se producen fuerzas radiales o de torsión.

De impacto: El vástago se mueve a una gran velocidad igual a 10 m/s para su aplicación en prensas usadas para embutir, remachar, etc.

De rotación: Produce rotación por medio de una cremallera que se encuentra sujeta al vástago o. a su vez, a un componente rotativo de paletas.

- **Sistemas de accionamiento**

Según la referencia [39], los sistemas de accionamiento permiten controlar el arranque o parada, la presión o caudal del aire en los actuadores neumáticos por medio de válvulas que pueden ser manuales, mecánicas, eléctrica, hidráulicas o neumáticas.

El uso más común es de las válvulas distribuidoras, antirretorno, reguladoras de presión y las de flujo.

Válvulas distribuidoras

Su funcionamiento se centra en la dirección del aire por medio de vías logrando producir el arranque, parada o cambio de posición del pistón en un cilindro [39]. La Tabla 1 describe la simbología de las válvulas:

Tabla 1. Simbología de las válvulas [43].

ISO 1219 Alfabética	CETOP Numérica	Función
P	1	Alimentación/Conexión del aire comprimido
A, B, C	2, 4, 6	Tuberías/Vías de trabajo
R, S, T	3, 5, 7	Orificios de purga/Escape
X, Y, Z	12, 14, 16	Tuberías de control/Pilotaje/Accionamiento
L	9	Fuga

Válvula normalmente cerrada: Cuando se encuentra en posición de reposo, el aire no circula hasta la salida, pero cuando hay paso de aire, se dirige hacia las vías de trabajo.

Válvula normalmente abierta: Cuando se encuentra en posición de reposo, el aire circula libremente hasta la salida, cuando se le inyecta aire, se cierra.

Posición de partida: Movimiento inicial interno de la válvula cuando se encuentra alimentada por la presión del aire de un sistema neumático.

Mediante símbolos, según la referencia [39], se representan las funcionalidades de las válvulas distribuidoras para mostrar el número de posiciones y vías. Para representar el número de posiciones se hace mediante cuadrados o casillas que en su interior se encuentra el esquema de funcionamiento, donde las líneas son la cantidad de tuberías o conductos, unidas por un punto. La representación de las conexiones, que son las entradas y salidas de las válvulas, se realizan por medio de líneas externas unidas a la casilla o cuadro. En el Anexo 1 se observa la guía de esta simbología [43].

Válvulas antirretornos: Limitan la función del aire comprimido para que salga en un solo sentido, su diseño es tal que es el mismo aire que presiona sobre el obturador para reforzar ese impedimento.

Válvulas reguladoras de presión: Su funcionamiento viene dado por la acumulación de presión en una cámara que se encuentra ajustado por un resorte, por el escape se libera aire hasta que llega al valor correspondiente soltando el resorte para cerrar el paso.

Dispositivos de función lógica

La aplicación de este tipo de válvulas es primordialmente por seguridad y su funcionamiento es parecida a los circuitos lógicos electrónicos [39]. Según la referencia [44], se implementan para resolver problemas que contengan mandos combinatorios.

Función Y (AND) o válvula de simultaneidad: Se anexa a los circuitos neumáticos para activar dos válvulas distribuidoras al mismo tiempo.

Función O (OR): Permite el paso de aire de una de las válvulas cuando su presión es mayor a la otra.

Función NO (NOT): Es aplicado generalmente a cilindros de simple efecto para que el aire de alimentación pase directamente hacia el cilindro y el vástago salga, pero cuando se aplasta un pulsador, el aire sale por el escape retrayendo el vástago.

1.3.4. Mecanismos

Los mecanismos son aquellos componentes de una máquina que son aptos para trasladar y transformar distintos movimientos y fuerzas comenzando en un componente motriz o conductor hasta un componente conducido. Los mecanismos son capaces de realizar cuatro tipos de movimientos, entre ellos están: alternativo, lineal, oscilante y de rotación [45].

La integración de mecanismos a las actividades para convertirlas en sistemas eficientes, con mayor productividad y ergonomía son de completa utilidad para su inserción mediante sistemas neumáticos o hidráulicos como se redacta en la referencia [46], en donde se elaboró un mecanismo que da mejor movilidad a personas con discapacidades físicas. Esto demuestra la gran aplicabilidad en diversos ámbitos y, en el caso de las ensambladoras de vehículos, permite un control más dinámico que logre obtener mejores resultados en el sector industrial.

Otro ejemplo claro de la fusión entre mecanismos y la neumática se detalla en la referencia [47], donde se explica la automatización aplicada a un sistema de engranajes planetarios para su utilización como medio de aprendizaje.

Grados de libertad

Un grado de libertad puede ser expresado guiándose por la cantidad de contornos independientes que estén cerrados, el número de grados de libertad se considera que es igual a la cantidad de movimientos que se permiten por cada uno de los pares que se encuentren en el mecanismo menos la cantidad de enlaces que ordena cada contorno que se junta [48].

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general:

Diseñar y construir un sistema de elevación con un sistema de gravedad cero para el área de enllantaje de la empresa CIAUTO CÍA. LTDA.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Diseñar y construir el soporte y mecanismo neumático para el sistema de elevación.
- Elaborar el presupuesto del proyecto.

- Realizar pruebas de funcionamiento del proyecto.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

El diseño del sistema de elevación y sistema de gravedad cero tiene como primer paso una investigación a profundidad, para recolectar información que sea útil para la elaboración de un esquema preliminar. Cuando se obtenga el diseño final, se realizará un análisis para una correcta selección del material. Se revisarán diversos catálogos, información de documentos científicos, normas y tesis para obtener un factor de seguridad aceptable para la construcción. Se hará uso de programas de diseño estructural y neumático, para de esta forma, poder analizar correctamente las fuerzas, esfuerzos, deformaciones y desplazamientos que se puedan presentar. Finalmente, se prosigue con la construcción del sistema de elevación y mecanismo de gravedad cero, guiándose del diagrama elaborado anteriormente y, a continuación, se realizarán las pruebas necesarias para comprobar el correcto funcionamiento del sistema implementado en el área de enllantaje en la empresa CIAUTO CÍA. LTDA.

2.1. Materiales

Se presenta en la Tabla 2 el material que se usará con sus respectivas características.

Tabla 2. Propiedades del acero ASTM A36 [49].

Acero ASTM A36	
<i>Propiedades físicas</i>	
Densidad	7.85 g/cc (0.284 lb/in ³)
<i>Propiedades mecánicas</i>	
Resistencia última a la tracción	400-550 MPa (58-79.8 ksi)
Límite elástico	250 MPa (36.3 ksi)
Módulo de elasticidad	200 GPa (29000 ksi)
Resistencia a la compresión	152 MPa (22 ksi)
Módulo de compresibilidad	160 GPa (23200 ksi)
Radio de Poisson	0.26
Módulo de cizallamiento	79.3 GPa (11500 ksi)
Aire comprimido	
<i>Propiedades físicas</i>	

Presión	115 – 120 psi
----------------	---------------

2.2. Equipos

- **Computador portátil**

Para la ejecución del documento técnico, en el diseño se utilizan programas de diseño aplicables, y para la elaboración de planos se hace uso del computador Lenovo Legion Y7000.

- **Herramientas**

Una herramienta es un elemento que actúa como una prolongación del cuerpo lo cual permite realizar una tarea mecánica con más facilidad. Entre estas se encuentran:

- Flexómetro
- Juego de llaves mecánicas
- Destornilladores
- Alicates

- **Escalera**

La escalera es un componente portátil que está conformado por dos piezas paralelas que se utiliza para bajar o subir a una persona desde una altura a otra.

- **Equipos de seguridad**

Un equipo de seguridad son todas aquellas piezas que cumplen la función de evitar el contacto con ambientes peligrosos y garantizar que las actividades realizadas por cada persona se ejecuten de manera segura.

2.3. Métodos

2.3.1. Histórico – lógico

Este método es aplicable a todas las ramas de la ciencia debido a su alta comprobabilidad y fiabilidad de hechos previos para el desarrollo de la investigación actual. Esta investigación permite la evaluación y el análisis de pruebas que logran crear un historial de hechos para explicar los acontecimientos del propio tema desde sus orígenes y, de ese modo, obtener conclusiones [50].

2.3.2. Investigación – acción

Según la referencia [50], este método es utilizado a razón de su aplicación para resolver un problema específico mediante una normativa rigurosa.

2.3.3. Investigación cuantitativa

Mediante el método de investigación cuantitativa, se propone la recolección de resultados contables y medibles como datos numéricos [50].

2.4. Etapas de desarrollo del proyecto

Este proyecto será llevado a cabo siguiendo distintas etapas de manera secuencial, haciendo así que, al momento de pasar a la siguiente etapa, se cuente con la información indispensable para una correcta ejecución de actividades. A continuación, se detallan las mismas.

2.4.1. Diagrama de etapas

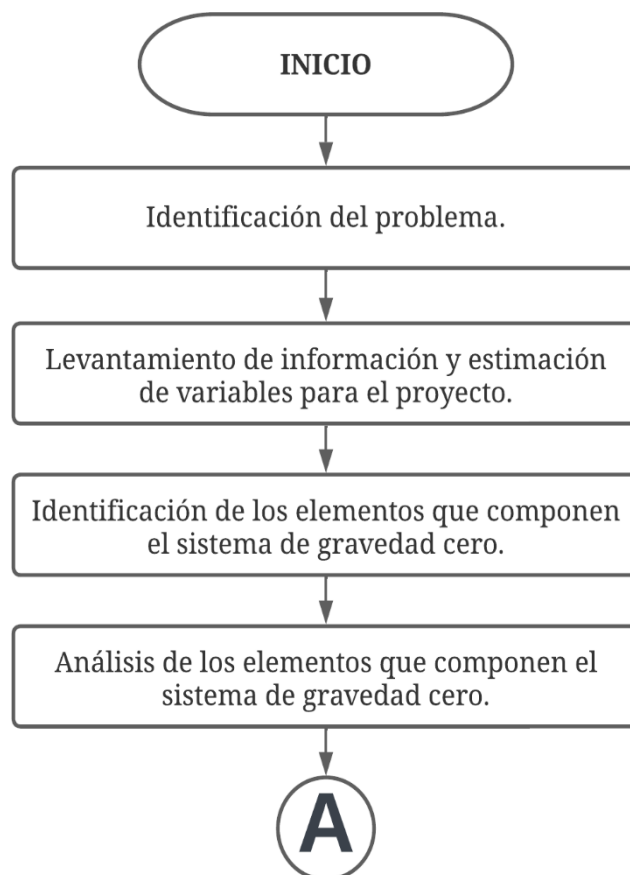


Figura 19. Diagrama de flujo de las etapas.

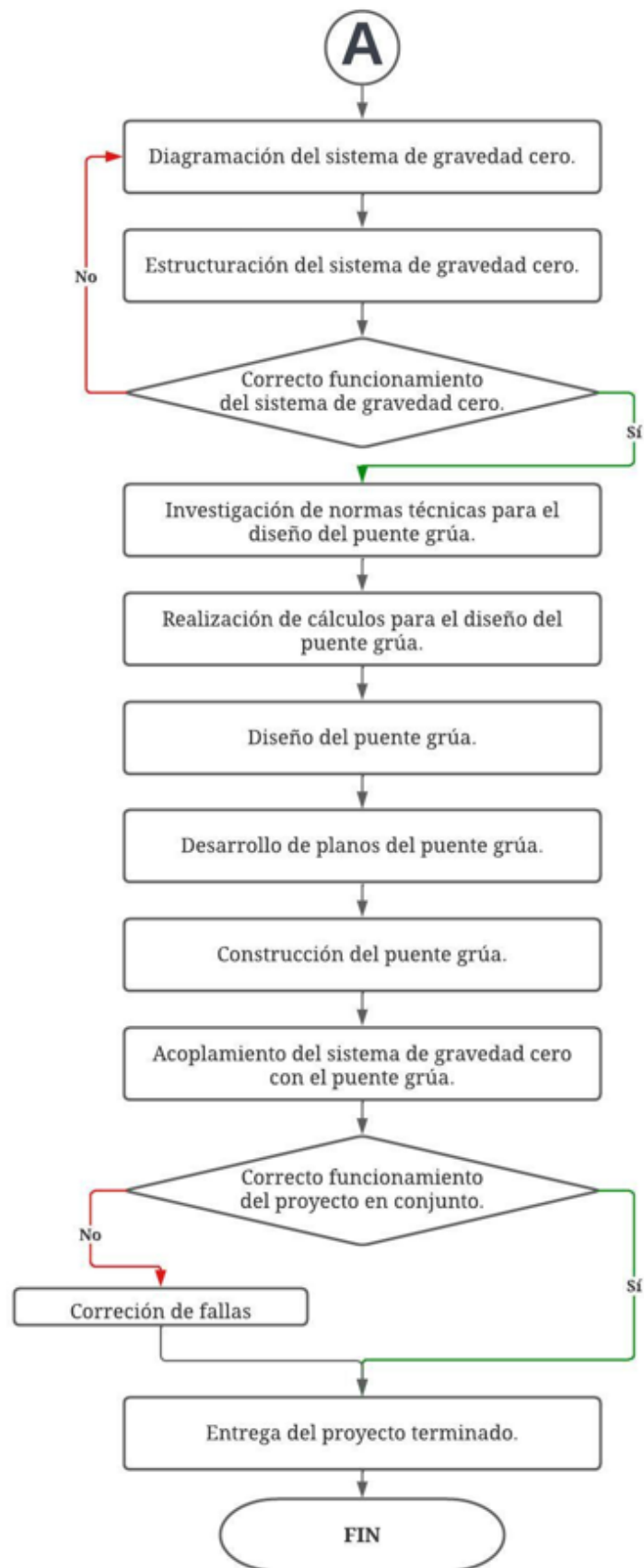


Figura 19. Diagrama de flujo de las etapas.

2.4.2. Descripción de las etapas

- Identificación del problema

Mediante una visita guiada a la empresa CIAUTO CÍA. LTDA., se pudo observar el proceso de apilamiento e inflado en el área de enllantaje, cuya ejecución es manual, lo que provoca un gran esfuerzo musculoesquelético en los operarios.

- Levantamiento de información y estimación de variables para el proyecto

Para el desarrollo del actual proyecto, se procedió a obtener las dimensiones del área de enllantaje para la construcción del sistema de elevación y su sistema de gravedad cero.

- Identificación de los elementos que componen el sistema de gravedad cero

Es primordial reconocer los diferentes elementos que componen un sistema de gravedad cero para comprender su funcionamiento.

- Análisis de los elementos que componen el sistema de gravedad cero

Luego de identificar cada elemento, es necesario estudiar en detalle su funcionamiento individual para poder agruparse en conjunto.

- Diagramación del sistema de gravedad cero

Mediante el uso de Festo FluidSIM, se obtiene un diagrama neumático del sistema para su simulación e implementación.

- Estructuración del sistema de gravedad cero

Al obtener el diagrama neumático, se procede a la elaboración física del sistema.

- Correcto funcionamiento del sistema de gravedad cero

Cuando se finaliza la estructuración, se realizan las pruebas correspondientes para verificar el correcto funcionamiento del sistema.

- Investigación de normas técnicas para el diseño del puente grúa

Para comenzar el diseño del puente grúa, fue necesario la constante investigación de normas técnicas como la CMAA 74 y ASCE 7-22.

- Realización de cálculos para el diseño del puente grúa

Mediante la aplicación de las normas técnicas, se realizaron los cálculos pertinentes que verifiquen el factor de seguridad del diseño del puente grúa.

- Diseño del puente grúa

Al obtener todos los cálculos necesarios, se procede a realizar el diseño y simulación del puente grúa mediante programa de diseño aplicable [51].

- Desarrollo de planos del puente grúa

Seguidamente, se elaboran los planos del puente grúa de forma rigurosa para su conservación en la empresa.

- Construcción del puente grúa

La construcción del puente grúa se realiza por medio de los planos realizados anteriormente.

- Acoplamiento del sistema de gravedad cero con el puente grúa

Al finalizar la construcción del puente grúa, se procede a acoplar el sistema de gravedad cero.

- Correcto funcionamiento del proyecto en conjunto

El proyecto ensamblado en conjunto necesita de pruebas de funcionamiento para verificar el correcto funcionamiento.

- Corrección de fallas

Si existieran fallas en el funcionamiento del acoplamiento del proyecto, es necesario la revisión y rectificación de cualquier problemática presentada.

- Entrega del proyecto terminado

Finalmente, con la comprobación del correcto funcionamiento del proyecto, se observará su aplicación en la empresa.

2.5. Ecuaciones

- Capacidad del balancín neumático [52]:

$$F_{mecánica} = W_{mecanismo} + W_{llanta} \quad (1)$$

$$Capacidad_{balancín} = (Factor_{seguridad} * F_{mecánica}) + F_{mecánica} \quad (2)$$

- Factor de seguridad [53]:

$$n = \frac{0.75 * S_y}{\sigma_{máx}} \quad (3)$$

S_y : Límite de fluencia

σ : Esfuerzo admisible

- Esfuerzo de flexión [53]:

$$\sigma = \frac{M}{Z} \quad (4)$$

$$Z = \frac{I}{c} \quad (5)$$

M : Momento flexionante

Z : Módulo de sección de la viga

I : Momento de inercia del área

c : Distancia entre el plano neutro y la fibra externa

- Esfuerzo de flexión media [53]:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{máx} + \sigma_{mín}}{2} \quad (6)$$

- Esfuerzo cortante [53]:

$$\tau_{xy} = \frac{V}{A} \quad (7)$$

V : Fuerza cortante

A : Área de la sección transversal

- Factores de corrección [53]:

$$S_f = C_{carga} * C_{tamaño} * C_{sup} * C_{temp} * C_{conf} * S'_f = 0.5 * S_{ut} \quad (8)$$

S_f : Resistencia a la fatiga

C_{carga} : Factor de carga de reducción de resistencia

$C_{tamaño}$: Factor de tamaño de reducción de resistencia

C_{sup} : Factor de superficie de reducción de resistencia

C_{temp} : Factor de temperatura de reducción de resistencia

C_{conf} : Factor de confiabilidad de reducción de resistencia

S'_f : Resistencia a la fatiga teórica

S_{ut} : Resistencia última

- Combinaciones de cargas (Método LRFD)

1. $1.4D$

- 1.1. $1.4D + 1.4C_{dm}$

2. $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R)$

- 2.1. $1.2(D + C_{dm}) + 1.6L + 1.0(C_{vm} + C_{ss} + C_{ls}) + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R)$

- 2.2. $1.2(D + C_{dm}) + 1.0(C_{vm} + C_{ss} + C_{ls}) + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R)$

- 2.3. $1.2(D + C_{ds}) + 1.6L + 1.0(C_{vs} + C_i + C_{ls}) + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R)$

3. $1.2D + 1.6(L_r \text{ o } S \text{ o } R) + (L \text{ o } 0.5W)$

- 3.1. $1.2(D + C_{dm}) + 1.6(L_r \text{ o } S \text{ o } R) + 1.0(C_{vm} + C_{ss} + C_{ls}) + (L \text{ o } 0.5W)$

4. $1.2D + 1.0W + L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R)$

- 4.1. $1.2D + 1.2C_{dm} + 1.0W + L + C_{vm} + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R)$

5. $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$

- 5.1. $1.2D + 1.2C_{dm} + 1.0E + C_{vm} + L + 0.2S$

6. $0.9D + 1.0W$

7. $0.9D + 1.0E$

- 7.1. $0.9D + (C_{dm} \text{ o } C_{ds}) + 1.0E$

8. $1.2D + 1.2C_{ds} + 1.0C_{vs} + 1.0C_{bs}$

9. $0.9(D + C_{ds}) + 1.6C_{vs(min)} + 1.6C_{ss}$

10. $0.9(D + C_{ds}) + 1.6C_{ls} \text{ o } 1.0C_b$

D: Carga muerta

E: Carga sísmica

L: Carga viva

L_r: Carga viva del techo

R: Carga de lluvia

S: Carga de nieve

W: Carga de viento

C: Carga de grúa

C_{bs}: Fuerza de topes para grúas

C_{ds}: Carga muerta de una sola grúa con el trolley ubicado para producir el máximo efecto de carga; la carga muerta de la grúa incluye el peso del puente grúa, carros testers y trolley.

C_{dm}: Carga muerta de varias grúas con puentes grúa y trolleys colocados para producir el máximo efecto de carga.

C_i: Fuerzas de impacto vertical debido a una sola grúa en un solo carril.

C_{ls}: Cargas de tracción longitudinales de una sola grúa.

C_{ss}: Empuje lateral de una sola grúa.

C_{vm}: Carga levantada por varias grúas con puentes grúa y trolleys colocados para producir el máximo efecto de carga.

C_{vs}: Carga levantada por una sola grúa con el trolley colocado para producir el máximo efecto de carga.

C_{vs(min)}: Carga levantada por una sola grúa en un solo pasillo con el trolley colocado para producir el máximo efecto de carga.

- Radio de giro en X

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \quad (9)$$

A: Área gruesa

I_x : Inercia en X

- Radio de giro en Y

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad (10)$$

I_y : Inercia en Y

- Carga vertical por rueda

$$P_{vs} = P_{m\acute{a}x} \quad (11)$$

$P_{m\acute{a}x}$: Carga máxima de rueda

- Carga transversal por rueda

$$P_{ts} = \frac{C_{FLa} * (Q + W_{cp})}{4} \quad (12)$$

C_{FLa} : Coeficiente para fuerza lateral

Q: Capacidad máxima de la grúa

W_{cp} : Peso del carro y polipasto

- Carga longitudinal por rueda

$$P_{ls} = \frac{C_{Flo} * (Q + W_{cp} + W_{pg})}{4} \quad (13)$$

C_{Flo} : Coeficiente para fuerza longitudinal

W_{pg} : Peso del puente grúa

- Carga por rueda debido al peso del puente grúa

$$P_{pg} = \frac{W_{pg}}{4} \quad (14)$$

- Carga uniformemente distribuida sobre la viga

$$q_u = 1.2 * q_s \quad (15)$$

- Carga vertical impactada por rueda

$$P_{vu_i} = (100\% + C_{IV}) * (1.2 * P_{pg} + 1.6 * P_{gc}) \quad (16)$$

- Carga vertical sin impacto por rueda

$$P_{vu_{si}} = (1.2 * P_{pg} + 1.6 * P_{gc}) \quad (17)$$

- Carga transversal por rueda

$$P_{tu} = 1.6 * P_{ts} \quad (18)$$

- Carga longitudinal por rueda

$$P_{lu} = \frac{C_{FLO} * (1.2 * W_{pg} + 1.6 * (Q + W_{cp}))}{4} \quad (19)$$

- Cálculo de la carga de seguridad

$$W_{ss} = 0.3 * W_{pp} \quad (20)$$

W_{pp} : Peso de los perfiles estructurales más peso de las vigas carrileras.

- Carga muerta total

$$D = W_{pp} + W_s \quad (21)$$

- Carga de sismo

$$W_{ss} = V * W_{pp} \quad (22)$$

V : Factor de amplificación de sismo

- Carga de operación

$$C_n = Capacidad + Carga_{seguridad} * Capacidad \quad (23)$$

- Impacto vertical

$$C_i = P_{Ci} * C_n \quad (24)$$

P_{Ci} : Porcentaje de impacto vertical según indica la Tabla 3.

Tabla 3. Porcentaje de impacto vertical [38].

Tipo de grúa	Impacto Vertical	Empuje lateral total	Fuerza de tracción
Grúa viajera con cabina	25%	20%	10%
Grúa operada con control remoto	10%	10%	5%
Grúa operada a mano, monorriel, pescante o trole	50%	-	5%

- Carga vertical de diseño para la viga carrilera

$$C_{vs} = C_n + W_{pg} + C_i \quad (25)$$

- Empuje lateral

$$C_{ss} = 0\% * C_{vs} \quad (26)$$

- Empuje axial

$$C_{ls} = P_{cls} * C_{ruedam\acute{a}x} \quad (27)$$

- Carga de impacto en los fines de carrera

$$C_{bs} = F_{\text{impacto}} * \text{Capacidad} \quad (28)$$

F_{impacto} : Factor de impacto igual a 1.5.

- Porcentaje de material usado

$$\% \text{ material usado} = \frac{\sigma_{\text{m\acute{a}x}}}{0.75 * S_y} * 100 \quad (29)$$

- Deflexión en vigas con apoyo fijo y carga central

$$y_{\text{m\acute{a}x}} = -\frac{Fl^3}{192El} \quad (30)$$

F : Carga aplicada

l : Longitud de viga

E : M\acute{o}dulo de elasticidad

I : Inercia

- M\acute{a}xima deflexi\’n vertical permisible

$$y_{m\acute{a}x} < \frac{l}{600} \quad (31)$$

l : Longitud de la luz

- Masa por metro lineal de la secci3n transversal del KBK

$$m_{KBK} = A * \rho_{acero} \quad (32)$$

- Esfuerzo máximo de una viga en flexi3n

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_{m\acute{a}x} * c}{I_x} \quad (33)$$

- Esfuerzo máximo soportado por la viga grúa

$$\sigma_{m\acute{a}x} < 0.75 * S_y \quad (34)$$

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo, se presenta alternativas para el sistema de izaje, con el propósito de encontrar el mejor sistema que permita elevar y transportar correctamente las llantas. Con la información detallada anteriormente, se procede a realizar el dimensionamiento del puente grúa y sistema de gravedad cero con sus planos respectivos para su implementación en el área de enllantaje de la empresa CIAUTO CÍA. LTDA. Se considera el espacio disponible en el área para el transporte de las llantas para el diseño del proyecto.

3.1. Selección de alternativas para el sistema de izaje

Para el sistema de izaje del puente grúa que permita la carga y transporte de las llantas, se tiene en consideración los siguientes equipos:

- Cilindro de simple efecto
- Teclé eléctrico
- Cilindro de doble efecto
- Servomotor neumático
- Balancín neumático
- Músculo neumático

• Alternativas

Considerando los equipos de izaje enlistados, se debe tomar en cuenta que el sistema necesario debe permitir al operario su fácil y rápida manipulación a través de toda el área dimensionada para el puente grúa, su funcionamiento debe permitir crear un efecto de gravedad cero.

Alternativa 1: Cilindro de doble efecto

Alternativa 2: Balancín neumático

• Criterios de diseño

Costo de adquisición

Para la elección del equipo, el valor es un factor muy importante a tener en cuenta.

Durabilidad

El equipo debe permitir el izaje de las llantas durante el tiempo necesario de su vida útil.

Fiabilidad

El equipo de izaje debe mejorar la productividad del área de enllantaje durante la jornada de trabajo.

Montaje

En la construcción, el equipo no debe generar complicaciones al momento de su montaje, siendo fácil y rápido.

Manipulación

Es un factor primordial, porque debe permitir que el operario manipule y transporte con facilidad el mecanismo en conjunto con la llanta.

- **Matriz de decisión ponderada**

Después de escoger los criterios de diseño, se crea la matriz de decisión ponderada para obtener la mayor calificación que permita escoger la mejor alternativa.

Tabla 4. Matriz de decisión ponderada.

Criterio de diseño	Factor de ponderación	Unidad	Alternativa 1			Alternativa 2		
			Mag.	Punt.	Calif.	Mag.	Punt.	Calif.
Costos de adquisición	0,25	\$	312,67	7	1,75	2974	3	0,75
Durabilidad	0,2	Experiencia	Bueno	6	1,2	Excelente	10	2
Fiabilidad	0,2	Experiencia	Bueno	6	1,2	Excelente	10	2
Montaje	0,1	Experiencia	Moderado	5	0,5	Bueno	6	0,6
Manipulación	0,25	Experiencia	Bueno	6	1,5	Excelente	10	2,5
Total					6,15			7,85

Luego de obtener la calificación más alta mediante la matriz, se ha determinado que el balancín neumático es la mejor opción para el sistema de izaje, debido a que se acopla a la mayor cantidad de criterios de diseño.

3.2. Diseño del sistema gravedad cero

El diseño neumático detallado en el Anexo 5 se llevó a cabo en FESTO FluidSIM, cuenta con válvulas 3/2, válvulas 5/2, válvula selectora “OR”, válvulas reguladoras de presión, válvulas antirretornos, cilindros doble efecto y balancín neumático. El funcionamiento de las válvulas permite el movimiento de un mecanismo que sujeta las llantas para su transportación y ubicación. Con la entrada de aire hacia los componentes, la posición inicial que cuenta con peso muerto se activa mediante la pulsación del botón negro, el peso muerto permite que el operario maneje el mecanismo fácilmente sin esfuerzo y se traslade hasta las llantas apiladas de forma horizontal. Al pulsar el botón verde, se sujeta la llanta y se eleva del piso de forma horizontal a vertical. Luego, al presionar el botón A, se activa uno de los reguladores de presión permitiendo el paso de mayor presión de aire hacia el balancín neumático para que el operario pueda llevar la carga de forma fácil y segura hacia el sistema de transporte. Finalmente, al presionar el botón amarillo se acciona el cilindro que suelta la llanta para su ubicación final. Se procede nuevamente a presionar el botón negro que permite realizar el proceso descrito nuevamente.

Para conocer la capacidad que soporta el balancín neumático, se debe tomar en consideración que la carga no sobrepase el 70% de su capacidad de la Ecuación 1 y 2.

$$F_{mecánica} = W_{mecanismo} + W_{llanta}$$

$$F_{mecánica} = 28.5 \text{ kg} + 26 \text{ kg} = 54.5 \text{ kg}$$

$$Capacidad_{balancín} = (Factor_{seguridad} * F_{mecánica}) + F_{mecánica}$$

$$Capacidad_{balancín} = (0.3 * 54.5 \text{ kg}) + 54.5 \text{ kg} = 70.85 \text{ kg}$$

3.3. Prediseño del puente grúa

3.3.1. Viga grúa

Para la determinación de los cálculos necesarios en la viga grúa, se debe considerar la longitud de la luz existente entre los apoyos, siendo igual a 3.4 m. Los extremos se encuentran simplemente apoyados y se ubica una carga puntual justo al centro de la viga, debido a que en esta condición es donde habrá mayor deflexión.

- **Cálculo de la deflexión máxima permisible**

Según la norma CMAA 74, se establece que la máxima deflexión vertical permisible para la viga grúa no puede exceder a $l/600$ de la longitud de la luz.

Mediante la Ecuación 31:

$$y_{m\acute{a}x} < \frac{l}{600}$$

$$y_{m\acute{a}x} = 5.67 \text{ mm}$$

- **Cálculo del momento de inercia de referencia**

Utilizando el método de superposición, presentado en el Anexo 2, se despeja la Inercia:

$$I = \frac{F * l^3}{48 * E * y_{m\acute{a}x}}$$

$$I = 921089.601 \text{ mm}^4$$

- **Selección de la sección transversal**

Considerando que en la empresa se mantiene en almacenamiento distintos tipos de perfiles, se utilizará el perfil KBK de 65x70x4 mm mostrado en la Fig. 21., que tiene una inercia de 926781.58 mm^4 que cumple con lo establecido.

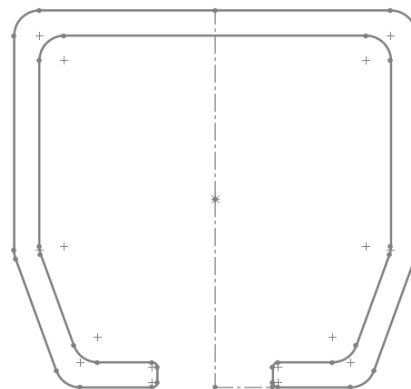


Figura 20. Sección transversal del KBK 65x70x4 mm.

Además, mediante la Ecuación 32, se obtiene la masa por metro lineal de la sección transversal del KBK.

$$m_{KBK} = A * \rho_{acero}$$

$$m_{KBK} = 1.207 \text{ kg/m}$$

$$W = 4.1 \text{ kg}$$

- **Análisis estático**

Para la realización de los cálculos del análisis estático de la viga grúa, se necesita un diagrama de cuerpo libre mostrado en la Fig. 22. y la realización de la sumatoria de fuerzas y momentos.

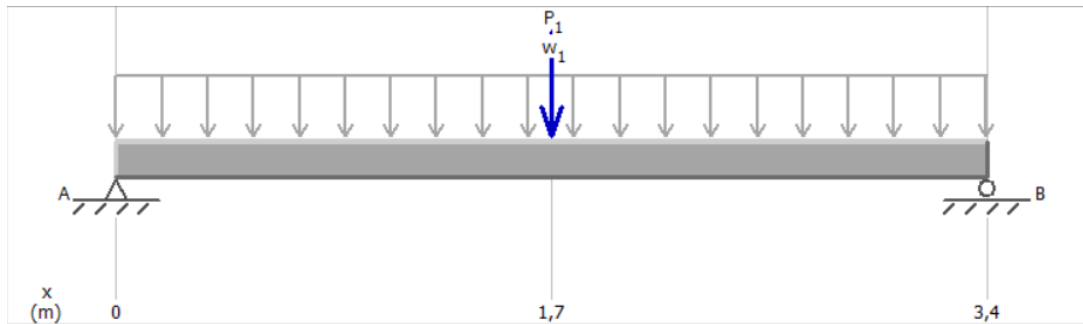


Figura 21. Diagrama de cuerpo libre de la viga grúa.

$$\sum M_A = 0$$

$$P(1.7 \text{ m}) + W(1.7 \text{ m}) - R_B(3.4 \text{ m}) = 0$$

$$R_B = 67.05 \text{ kgf}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A + R_B - P - W = 0$$

$$R_A = 67.05 \text{ kgf}$$

- **Diagrama de carga cortante y momento flector**

En la Fig. 23., se observa el diagrama de fuerzas cortantes, obtenidas por medio de los cálculos previamente realizados.

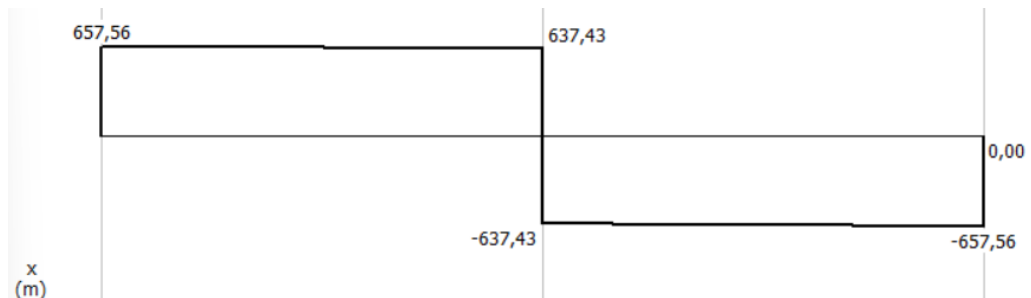


Figura 22. Diagrama de cargas cortantes de la viga grúa.

Para la obtención del momento flexionante máximo, se debe aplicar las ecuaciones del Anexo 2, para una carga puntual centrada y una carga distribuida proveniente del peso mismo de la viga como se muestra en la Fig. 22.

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{F * l}{4} + \frac{W * l^2}{8}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 112.244 \text{ kgf/m}$$

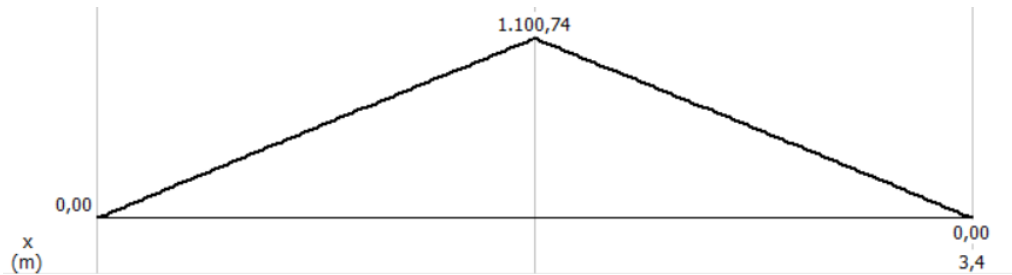


Figura 23. Diagrama de momento flector de la viga grúa.

- **Deflexión de la viga grúa**

Por medio de las ecuaciones del Anexo 2, se procede a calcular la deflexión total que sufre la viga grúa.

$$y_{total} = \frac{F * l^3}{48 * E * I} + \frac{5 * W * l^4}{384 * E * I}$$

$$y_{total} = 5.43 \text{ mm} \rightarrow \text{SI CUMPLE}$$

- **Esfuerzo a flexión y factor de seguridad**

Mediante la Ecuación 33, se obtiene el esfuerzo máximo que está sometido a una viga en flexión:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_{m\acute{a}x} * c}{I_x}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 38.161 \text{ MPa}$$

Mediante la Ecuación 34, se verifica el esfuerzo máximo soportado por la viga grúa:

$$\sigma_{m\acute{a}x} < 0.75 * S_y$$

$$38.161 \text{ MPa} < 187.5 \text{ MPa} \rightarrow \text{SI CUMPLE}$$

Mediante la Ecuación 3, se obtiene el factor de seguridad:

$$n = \frac{0.75 * S_y}{\sigma_{m\acute{a}x}}$$

$$n \geq 1.33$$

$$n = 4.913 \rightarrow SI \ CUMPLE$$

- **Porcentaje de utilización del material:**

$$P_{material} = \frac{\sigma_{m\acute{a}x}}{0.75 * S_y} * 100\%$$

$$P_{material} = 20.35\%$$

3.3.2. Cálculos de la viga carrilera

La viga grúa se transporta por dos vigas carrileras, mismas que tienen que aguantar todo el peso estructural del puente grúa, además del mecanismo de gravedad cero.

La viga carrilera tiene una sección transversal constituida por un perfil IPE 160, como se detalla en la Fig. 25. Se verificará si este diseño es capaz de cumplir con las necesidades de carga, tomando en cuenta las condiciones de diseño que se especifican en la norma CMAA 74.

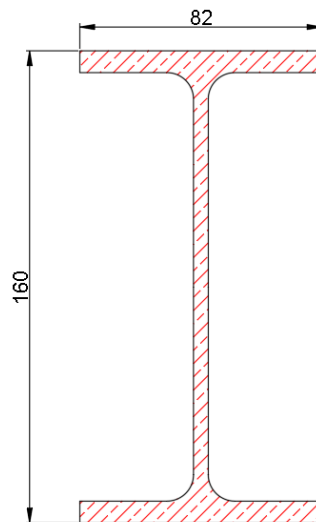


Figura 24. Sección transversal viga carrilera.

Esta viga carrilera será sujeta sobre columnas, estas columnas se encontrarán a una distancia de 6.4 metros.

Se analizará la viga carrilera cuando la carga se encuentre centrada, en este lugar es donde estará el mayor momento flector y mayor deflexión.

Cálculo de las reacciones y momentos

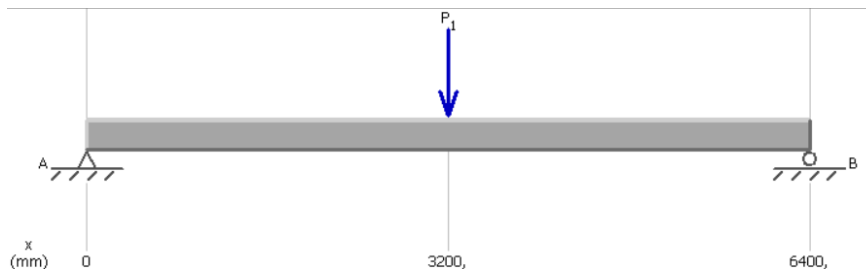


Figura 25. Diagrama de fuerzas para la viga carrilera.

$$P_1 = 768 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 7534.08 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A + R_B - W = 0$$

$$R_A + R_B = W$$

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B(6.4 \text{ m}) - W(3.2 \text{ m}) = 0$$

$$R_B = \frac{W}{2}$$

$$R_B = 3767.04 \text{ N}$$

$$R_A = 3767.04 \text{ N}$$

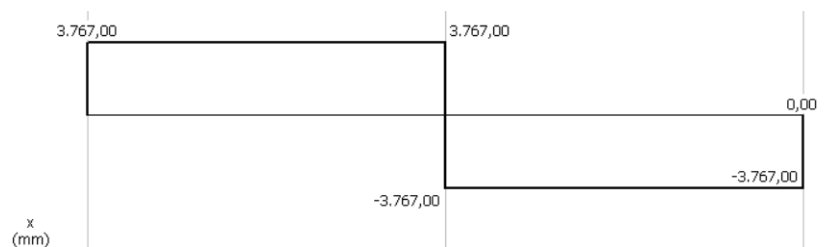


Figura 26. Diagrama cortante de la viga carrilera.

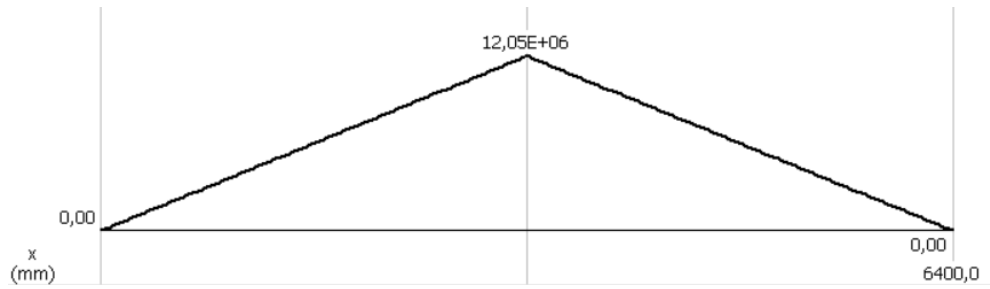


Figura 27. Diagrama de momentos de la viga carrilera.

Cálculo del esfuerzo flexionante y factor de seguridad

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_{m\acute{a}x} * C}{Ix}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 115.63 \text{ MPa}$$

El esfuerzo a fluencia con el que cuenta el acero ASTM A36 es 250 MPa, según la referencia [37], el esfuerzo máximo que debe soportar una viga no debe ser superior al $0.75 * S_y$.

$$\sigma_{m\acute{a}x} < 0.75 * S_y$$

$$115.63 \text{ MPa} < 0.75 * (250 \text{ MPa})$$

$$115.63 \text{ MPa} < 187.25 \text{ MPa} \text{ SI CUMPLE}$$

El factor de seguridad con el que cuenta la viga no debe ser menor a 1.33.

$$n = \frac{0.75 * S_y}{\sigma_{m\acute{a}x}} \geq 1.33$$

$$n = \frac{0.75 * 250 \text{ MPa}}{115.63 \text{ MPa}} \geq 1.33$$

$$n = 1.62 \geq 1.33 \text{ SI CUMPLE}$$

Porcentaje de utilización del material para la viga carrilera:

$$\% \text{ material usado} = \frac{\sigma_{m\acute{a}x}}{0.75 * S_y} * 100$$

$$\% \text{ material usado} = \frac{115.63 \text{ MPa}}{0.75 * 250 \text{ MPa}} * 100$$

$$\% \text{ material usado} = \frac{115.63 \text{ MPa}}{187.5 \text{ MPa}} * 100$$

$$\% \text{ material usado} = 61.67\%$$

Deflexión máxima en la viga carrilera

Para el cálculo de la deflexión se usará el método de super posición de la Tabla A9 del libro, misma que se encuentra en el libro de Shigley y detallada en el Anexo 2.

En la Fig. 29. se identifica la ecuación que se debe utilizar dependiendo de la posición en la que se encuentre la carga puntual.

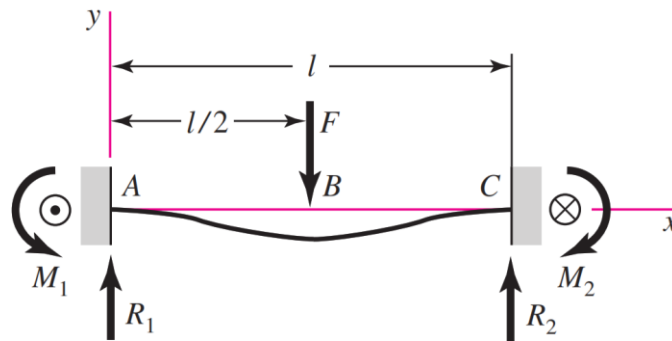


Figura 28. Viga empotrada con carga puntual [54].

La ecuación para determinar cuál es la deflexión de una viga que se encuentra empotrada con una carga puntual:

$$y_{\text{máx}} = -\frac{Fl^3}{192EI}$$

$$y_{\text{máx}} = -\frac{7534.08 \text{ N} * (6.4 \text{ m})^3}{192 * (200 \times 10^9 \text{ Pa})(8.50 \times 10^{-6} \text{ m}^4)}$$

$$y_{\text{máx}} = -6.05 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$y_{\text{máx}} = -6.05 \text{ mm}$$

Según la referencia [37], la deflexión vertical máxima para vigas carrileras debe ser menor $l/888$.

$$y_{\text{máx}} < \frac{l}{888}$$

$$\frac{l}{888} = \frac{6400}{888} \text{ mm}$$

$$\frac{l}{888} = 7.21 \text{ mm}$$

$$y_{\text{máx}} < 7.21 \text{ mm}$$

6.05 mm < 7.21 mm SI CUMPLE

3.3.3. Combinaciones de cargas

Cálculo de la carga de peso propio W_{pp}

Peso de los perfiles estructurales:

$$W_p = 394.13 \text{ kg}$$

Peso de las vigas carrileras:

$$W_c = 180.46 \text{ kg}$$

$$W_{pp} = W_p + W_c = 574.59 \text{ kg}$$

Cálculo de la carga de seguridad W_s :

$$W_s = 0.3 * W_{pp} = 172.377 \text{ kg}$$

Carga muerta total D:

$$W_{pp} = +W_s = 746.967 \text{ kg}$$

Carga de sismo W_{SS} :

$$Z = 0.4$$

$$I = 1$$

$$S = 1.2$$

$$C_t = 0.09$$

$$h_n = 4.5$$

$$T = C_t * h_n^{0.075} = 0.278$$

$$C = \frac{1.25 * S^S}{T} = 5.595$$

$$R = 7$$

$$\phi_{PA} = 1$$

$$\phi_{PB} = 1$$

$$\phi_P = \phi_{PA} * \phi_{PB} = 1$$

$$\phi_E = 1$$

$$V = \frac{Z * I * C}{R * \phi_P * \phi_E} = 0.32$$

$$W_{SS} = V * W_{pp} = 183.694 \text{ kg}$$

Carga de operación C_n :

$$\text{Capacidad} = 100 \text{ kg}$$

$$\text{Carga}_{\text{seguridad}} = 0.3$$

$$C_n = \text{Capacidad} + \text{Carga}_{\text{seguridad}} * \text{Capacidad} = 130 \text{ kg}$$

Impacto vertical C_i :

$$P_{Ci} = 10\%$$

$$C_i = P_{Ci} * C_n = 13 \text{ kg}$$

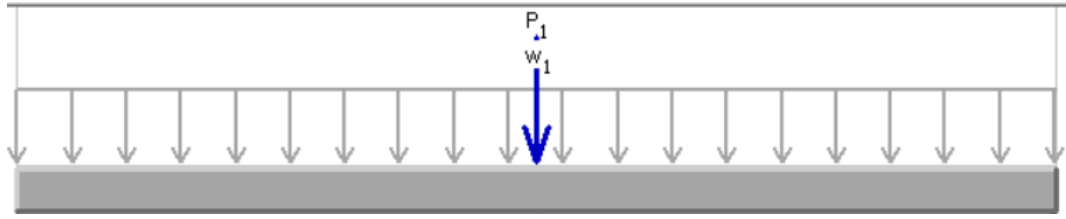
Peso del puente grúa sin carga W_{pg} :

$$W_{pg} = 625 \text{ kg}$$

Carga vertical de diseño para la viga carrilera C_{vs}

$$C_{vs} = C_n + W_{pg} + C_i = 768 \text{ kg}$$

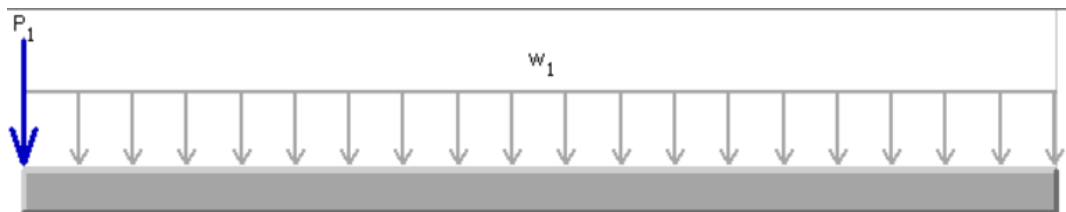
Cuando el balancín neumático se encuentra en el centro:



$$R_1 = \frac{C_n + C_i + W_{pg}}{2} = 384 \text{ kg}$$

$$C_{ruedamin} = \frac{R_1}{2} = 192 \text{ kg}$$

Cuando el balancín neumático se encuentra en el extremo:



$$R_1 = C_n + \frac{W_{pg}}{2} + C_i = 384 \text{ kg}$$

$$R_2 = \frac{W_{pg}}{2} = 312.5 \text{ kg}$$

$$C_{ruedam\acute{a}x} = \frac{R_1}{2} = 227.5 \text{ kg}$$

Empuje lateral C_{ss}

$$C_{ss} = 0\% * C_{vs} = 0 \text{ kg}$$

Empuje axial C_{ls}

$$P_{cls} = 5\%$$

$$C_{ls} = P_{cls} * C_{ruedam\acute{a}x} = 11.388 \text{ kg}$$

Carga de impacto en los fines de carrera C_{bs}

Para maquinaria pesada y reciprocante:

$$F_{impacto} = 1.5$$

$$C_{bs} = F_{impacto} * Capacidad = 150 \text{ kg}$$

Combinaciones de cargas por el método LRFD:

$$P_{mecanismo} = 28.5 \text{ kg}$$

$$P_{balancín} = 28 \text{ kg}$$

$$P_{llanta} = 26 \text{ kg}$$

$$L, L_r, S, R, C_{dm}, W, C_{vm} = 0 \text{ kg}$$

$$E = W_{ss}$$

$$C_{ds} = W_{pg}$$

$$C_{vsmin} = C_{ruedamin}$$

Combinación 1:

$$1.4D = 1045.754 \text{ kg}$$

Combinación 2:

$$1.2D + 1.6L + 0.5L_r = 896.36 \text{ kg}$$

Combinación 2.1:

$$1.2(D + C_{dm}) + 1.6L + 1(C_{vm} + C_{ss} + C_{ls}) + 0.5L_r = 907.748 \text{ kg}$$

Combinación 2.2:

$$1.2(D + C_{dm}) + 1(C_{vm} + C_{ss} + C_{ls}) + 0.5(L_r) = 907.748 \text{ kg}$$

Combinación 2.3:

$$1.2(D + C_{dm}) + 1.6L + 1(C_{vs} + C_i + C_{ls}) + 0.5L_r = 1688.748 \text{ kg}$$

Combinación 3:

$$1.2D + 1.6L_r + L = 896.36 \text{ kg}$$

Combinación 3.1:

$$1.2D + 0.6L_r + 1(C_{vm} + C_{ss} + C_{ls}) = 907.748 \text{ kg}$$

Combinación 4:

$$1.2(D + C_{dm}) + 1W + L + 0.5L_r = 896.36 \text{ kg}$$

Combinación 4.1:

$$1.2D + 1.2C_{dm} + 1W + L + C_{vm} + 0.5L_r = 896.36 \text{ kg}$$

Combinación 5:

$$1.2D + 1E + L + 0.2S = 1080.055 \text{ kg}$$

Combinación 5.1:

$$1.2D + 1.2C_{dm} + 1E + C_{vm} + L + 0.2S = 1080.055 \text{ kg}$$

Combinación 6:

$$0.9D + 1W = 672.27 \text{ kg}$$

Combinación 7:

$$0.9D + 1E = 855.965 \text{ kg}$$

Combinación 7.1:

$$0.9D + C_{ds} + 1E = 1480.965 \text{ kg}$$

Combinación 8:

$$1.2D + 1.2C_{ds} + 1C_{vs} + 1C_{bs} = 2564.36 \text{ kg}$$

Combinación 9:

$$0.9(D + C_{ds}) + 1.6C_{vsmin} + 1.6C_{ss} = 1541.97 \text{ kg}$$

Combinación 10:

$$0.9(D + C_{ds}) + 1.6C_{ls} + 1C_{bs} = 1402.99 \text{ kg}$$

Estas combinaciones de carga fueron añadidas a SAP2000 para obtener la simulación de la estructura.

3.3.4. Cálculo de la placa base

Se realiza el cálculo usando el Caso I: Sin confinamiento de concreto.

Se tiene un área mínima requerida estimada de 230 mm x 230 mm.

Optimización de las dimensiones de la placa:

$$\Delta = \frac{0.95 * d - 0.8 * b_f}{2} = 7.5 \text{ mm}$$

$$N = \sqrt{\text{Área requerida} + \Delta} = 237.5 \text{ mm}$$

$$B = \frac{\text{Área requerida}}{N} = 222.737 \text{ mm}$$

Determinación del espesor para la placa:

$$m = \frac{N - 0.95 * d}{2} = 71.25 \text{ mm}$$

$$n = \frac{B - 0.8 * b_f}{2} = 71.368 \text{ mm}$$

$$A_1 = N * B = 52900 \text{ mm}^2$$

$$\phi_c P_p = \phi_c * 0.85 * f_c * A_1 = 601905.39 \text{ N}$$

$$X = \left(\frac{4 * d * b_f}{(d + b_f)^2} \right) * \frac{P_u}{\phi_c P_p} = 0.038$$

$$\lambda = \frac{2 * \sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}} = 0.197$$

$$\lambda n' = \lambda * \frac{\sqrt{d * b_f}}{4} = 4.935 \text{ mm}$$

$$l = n$$

Espesor de placa:

$$t = l * \frac{\sqrt{2 * P_{u1}}}{\phi_f * F_y * B * N} = 4.437 \text{ mm}$$

Revisando en catálogos de distribuidores de la empresa CIAUTO CÍA. LTDA. se tomará un espesor de 10 mm, debido a que existen planchas que cuentan con este valor disponible en el mercado. Asimismo, en el Anexo 3 se detallan los cálculos realizados en programa aplicable.

3.4. Simulaciones mediante software aplicable

- Deformación en la estructura del puente grúa

Como se puede observar en la Fig. 30, 31 y 32., se nota cómo se deforma la estructura con la aplicación de las diversas cargas combinadas analizadas anteriormente. Se

puede observar las deformaciones más críticas que sufre la estructura del puente grúa debido a las diferentes combinaciones.

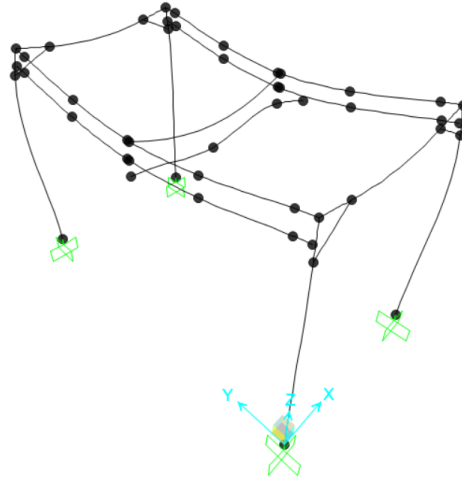


Figura 29. Puente grúa deformado por la combinación 1.

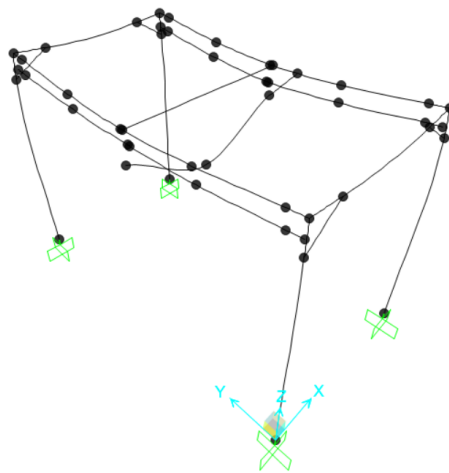


Figura 30. Puente grúa deformado por la combinación 2.3.

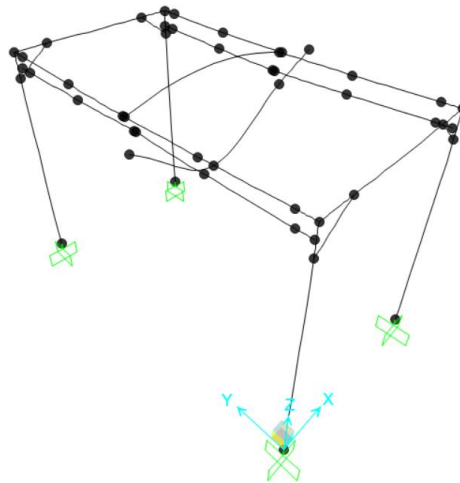


Figura 31. Puente grúa deformado por la combinación 8.

- Demanda/Capacidad de la estructura

Como se observa en la Fig. 33. la simulación de demanda/capacidad de la estructura se encuentra en valores aceptables.

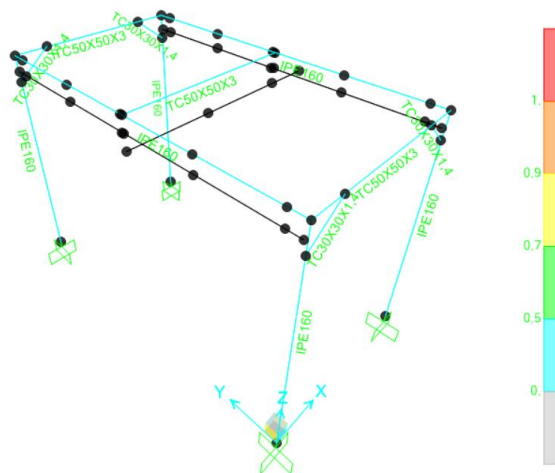


Figura 32. Simulación de demanda/capacidad de la estructura.

3.5. Presupuesto del proyecto

Tomando en cuenta que en la empresa existe material almacenado que es posible utilizar para este proyecto, haciendo necesario solo el corte y adecuación de este, los presupuestos finales se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5. Presupuesto del proyecto.

MATERIAL			
Denominación	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Estructura			
IPE 160	30,8 m	\$145,78	\$874,68
ST-HJ80 (Unión KBK KBK)	2	\$52,39	\$105,04
TC 100x1,5	10 m	\$36,69	\$73,38
Plancha 1220x2440x10 mm	0,726 m ²	\$262,08	\$262,08
Pernos expansivos de 5/8 plg	16	\$3,08	\$49,28
Pernos 5/8 plg y 20 mm	16	\$2,00	\$32,00
KBK 80x75x5mm	16,5 m	\$27,90	\$83,70
ST-JE80-16# (Unión IPE KBK)	10	\$11,44	\$114,40
ST-DG80 (Tapas KBK)	6	\$4,42	\$26,52
ST-BLSG65 (Sujeción mangueras)	10	\$30,03	\$300,30
Accesorios para la acometida neumática			
Tubería de aire 1/2"	4,7 m	\$15,11	\$15,11
Conector en T de 1/2" HG	1	\$11,99	\$11,99
Unión universal 3/4" HG	1	\$4,73	\$4,73
Válvula de cierre 1/2"	1	\$5,23	\$5,23
Bushing 3/4" a 1/2" HG	1	\$17,00	\$17,00
Bushing de 1/2" a 1/4" HG	1	\$11,80	\$11,80
Acople tipo cazoleta 1/4"	1	\$8,61	\$8,61
Consumibles			
Electrodos 6011 y 7018	5 kg	\$4,30	\$21,50
Pintura gris mate anticorrosiva	2 gal	\$21,95	\$43,90
Discos de corte 7 plg	10	\$2,50	\$25,00
Discos de desbaste	2	\$5,95	\$11,90
Consumibles para plasma	1	\$20,00	\$20,00
Tablero neumático			
Válvulas reguladoras de presión	4	\$47,37	\$189,48
Válvulas distribuidoras 5/2	5	\$69,57	\$347,85
Racores	20	\$15,45	\$61,80
Reductores	5	\$1,50	\$7,50
Uniones	50	\$1,50	\$75,00
Codos	26	\$1,24	\$32,20
Manguera	120 m	\$3,20	\$384,00
Unión T y Y	20	\$1,50	\$30,00
Estranguladores	2	\$13,00	\$26,00
Silenciadores	2	\$3,00	\$6,00
Válvula antirretorno	1	\$3,65	\$3,65
Válvula lógica Or	1	\$30,00	\$30,00

Selector	1	\$50,00	\$50,00
Pernos	12	0,58	\$6,96
Tornillos	9	\$0,63	\$5,67
Tuercas	12	\$0,18	\$2,16
Tablero	1	\$141,25	\$141,25
Cerradura tablero	1	\$11,91	\$11,91
Mecanismo			
Botones	6	\$9,35	\$56,10
Tubo cuadrado 40x2mm	2,3 m	\$17,76	\$17,76
Manguera helicoidal M12	20m	\$30,50	\$30,50
ST-BLSG80 (Sujeción balancín)	1	\$30,03	\$30,03
Balancín neumático	1	\$2.093,00	\$2.093,00
Cilindro doble efecto carrera 100 mm	1	\$96,43	\$96,43
Cilindro doble efecto carrera 300 mm	1	\$150,47	\$150,47
Mano de obra			
		Tiempo trabajado	Valor por día trabajado
			Total
Estudio de ingeniería	2	30 días	\$30,00
Soldadores	2	4 días	\$112,50
Ayudantes	2	4 días	\$112,50
Subtotal			\$9.603,87
Imprevistos 25%			\$2.400,97
TOTAL			\$12.004,84

3.6. Pruebas de funcionamiento



Figura 33. Estado inicial de la ejecución del proceso.

En la Fig. 33 se observa que la ejecución del proceso se realizaba de forma manual y que el operario tardaba 30 segundos en transportar el neumático desinflado hacia la máquina de inflado, 10 segundos en el correcto posicionamiento en la máquina, para el inflado y nivelado tarda 75 segundos, 10 segundos en el transporte del neumático ya inflado, otros 90 segundos para el apilamiento y, finalmente tarda 90 segundos en la ubicación en los racks para el transporte a las líneas de producción en donde serán ensambladas al chasis, teniendo un tiempo total por llanta de 305 segundos.

En la Tabla 6 se detalla el Estado A que representa la ejecución manual del proceso, mientras que el Estado B se realiza mediante la aplicación del mecanismo neumático acoplado al sistema de elevación. También se observa que el aumento de producción de llantas se eleva a un 172%, reduciendo el tiempo total de 305 segundos a 137 segundos en la ejecución del proceso por cada neumático. Por ende, se aumentó la producción por jornada laboral (8 horas) de 70 – 75 neumáticos a 120 – 130 neumáticos.

Tabla 6. Tabla comparativa entre estados de ejecución.

Inicio del proceso		
		
Posición X	Posición Y	Posición Z
0 m	0 m	0 m

Final del proceso



Posición X	Posición Y	Posición Z	
3 m	0,56 m	1,5 m	
Tiempos (s)			
Actividades	Estado A	Estado B	
Transporte neumático desinflado	30	10	
Posicionamiento máquina inflado	10	5	
Inflado y nivelación	75	75	
Transporte neumático inflado	10	10	
Apilamiento	90	15	
Ubicación en racks para transporte a línea de producción	90	22	
Total	305	137	
Elaboración de neumáticos			
Ejecución por hora	8-10	15-17	
Ejecución por jornada laboral	70-75	120-130	

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Utilizar programas de diseño aplicable permitió optimizar y perfeccionar el diseño del proyecto de forma eficiente, contando así con mayor seguridad y un buen rendimiento de la estructura, verificado mediante las simulaciones previamente expuestas.
- Se elaboró el presupuesto abarcando todos los elementos necesarios para el proyecto como estructura, accesorios para el mecanismo neumático, consumibles y mano de obra. Además, se tomó en consideración posibles imprevistos para garantizar una correcta asignación de recursos financieros, alcanzando así un valor final de \$12 004,84.
- En el apartado 3.6 se detalla el proceso utilizado para ejecutar las pruebas de funcionamiento del proyecto, dando como resultado un aumento del 172% en la producción de neumáticos.

4.2. Recomendaciones

- En sistemas de gravedad cero se recomienda la elaboración del diagrama neumático considerando individualmente cada una de las acciones realizadas por los actuadores neumáticos y sincronizándolas con las válvulas neumáticas para su funcionamiento en conjunto.
- Revisar la calidad de los componentes neumáticos, verificando que cada uno esté correctamente instalado, para evitar fallas en el sistema.
- Se recomienda en todo momento hacer uso del equipo personal de seguridad, para garantizar la salud física de los ejecutores del proyecto durante el proceso de construcción, pruebas de funcionamiento y puesta en marcha.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. C. Morales Gordón y C. S. Silva Proaño, «Diseño de un puente grúa tipo de 5 toneladas de capacidad para la industria metalmeccánica», bachelorThesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2011. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4397>
- [2] Redacción Interempresas, «Puentes grúa y grúas pluma para el transporte piezas y herramientas en la industria europea del automóvil», Interempresas. Accedido: 28 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Logistica/Articulos/228992-Puentes-grua-gruas-pluma-transporte-piezas-herramientas-industria-europea-automovil.html>
- [3] J. M. Andújar, A. J. Barragán, M. E. Gegúndez, y M. Maestre, «Control borroso multivariable basado en heurística. un caso práctico: grúa porta contenedores», *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, vol. 4, n.º 2, pp. 81-89, abr. 2007, doi: 10.1016/S1697-7912(07)70212-1.
- [4] J. L. Guerra Pérez, «Sistemas de transporte para el ensamblaje de estructuras de carrocerías en la Empresa Picoso CIA. LTDA.», bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015. Accedido: 29 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/13874>
- [5] D. A. Quishpe Rosero, «Estudio de la neumática y sus aplicaciones en diferentes campos de la industria», bachelorThesis, Universidad Central del Ecuador, Quito, 2018. Accedido: 29 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/16881>
- [6] D. Mise, D. de I. de la U. de C. Universidad de Cuenca, y DIUC, «Diseño y construcción de una máquina semiautomática para la fabricación de bloques», *Maskana. Revista científica*, vol. 5, pp. 13-24, 2014.
- [7] R. C. Campaña Rojas, «Diseño de una Red Neumática para servicio del taller Automotriz auto computarizado santana», bachelorThesis, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, 2019. Accedido: 29 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2893>
- [8] Villacres Cevallos, Edison, Salazar Yopez, Wilfrido, y Cabrera Vallejo, Mario, «Sistema de medios de enseñanza tecnológicos de neumática y automatización para ingenieros», *Industrial Data*, vol. 20, n.º 1, pp. 59-67, 2017.
- [9] E. del V. Rodríguez, E. E. Vargas, E. Aravena, y C. Cachutt, «Demanda biomecánica en el ensamblaje de un vehículo compacto», *Universidad, Ciencia y Tecnología*, vol. 13, n.º 52, pp. 223-230, sep. 2009.
- [10] Y. Rodríguez Ruíz, E. Pérez Mergarejo, y L. Vázquez Veloz, «Introducción de mejoras ergonómicas: Beneficios para la organización», *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, vol. 36, n.º 2, pp. 183-192, ago. 2013.
- [11] Mabel Maria Cedeño-Párraga, «La ergonomía y su relación con las enfermedades profesionales», *Pol. Con.*, vol. 3, n.º 11, pp. 447-461, nov. 2018, doi: 10.23857/casedelpo.2018.3.11.447-461.
- [12] R. Chavarría Cosar, «NTP 177: La carga física de trabajo: definición y evaluación». [En línea]. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/326801/ntp_177.pdf/83584437-a435-4f77-b708-b63aa80931d2
- [13] S. Asensio-Cuesta, M. J. B. Ceca, y J. A. D. Más, *Evaluación ergonómica de puestos de trabajo*, n.º 1ª ed. Paraninfo, 2012.

- [14] Cenea, «Ergonomía Ocupacional en Ecuador», feb. 2018, [En línea]. Disponible en: <https://www.cenea.eu/la-ergonomia-ocupacional-en-ecuador/>
- [15] M. Guillén Fonseca, «Ergonomía y la relación con los factores de riesgo en salud ocupacional», *Revista Cubana de Enfermería*, vol. 22, n.º 4, pp. 0-0, dic. 2006.
- [16] Cenea, «Diseño ergonómico de puestos de trabajo: ¿Sabes implementar la legislación ecuatoriana?», Riesgos ergonómicos puestos de trabajo: Ecuador. Accedido: 29 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.cenea.eu/riesgos-ergonomicos-puestos-de-trabajo-ecuador/>
- [17] Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Norma técnica ecuatoriana NTE INEN - ISO 14738: Seguridad de las máquinas. Requisitos antropométricos para el diseño de puestos de trabajo asociados a máquinas (ISO 14738:2002, IDT).» Quito, enero de 2014. [En línea]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_14738.pdf
- [18] Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Norma técnica ecuatoriana NTE INEN - ISO 11228 - 1: Ergonomía. Manipulación manual. Parte 1: Levantamiento y transporte (ISO 11228-1:2003, IDT).» Quito, enero de 2014. [En línea]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_11228_1extracto.pdf
- [19] Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Norma técnica ecuatoriana NTE INEN - ISO 11228 - 3: Ergonomía. Manipulación manual. Parte 3: Manipulación de cargas livianas a alta frecuencia (ISO 11228-3:2007, IDT).» Quito, enero de 2014. [En línea]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_11228_3extracto.pdf
- [20] Seguro General de Riesgos del Trabajo, «Boletín Estadístico de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Ocupacionales», 6, 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.iess.gob.ec/documents/10162/51889/Boletin_estadistico_2018_nov_dic.pdf
- [21] Ministerio de Salud Pública, «Dolor lumbar: Guía Práctica Clínica (GPC)». Dirección Nacional de Normatización, Quito, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://salud.gob.ec>
- [22] D. Rodríguez Planas, «NTP 736: Grúas tipo puente (I): generalidades». [En línea]. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_736.pdf/83c12498-f827-41b6-90f2-4df605b60a00?version=1.0&t=1617977668120
- [23] Tropical, «Grúa», Soyvisual.org. [En línea]. Disponible en: <https://www.soyvisual.org/fotos/grua>
- [24] asisteel, «Puentes Grúa». [En línea]. Disponible en: <https://www.asisteel.com/productos/puentes-grua>
- [25] Ludus, «Puente grúa: qué es, tipos y usos». [En línea]. Disponible en: <https://www.ludusglobal.com/blog/puente-grua>
- [26] Demag, «Demag KBK - El sistema de grúa ligera modular». [En línea]. Disponible en: <https://www.mecaser.ec/wp-content/uploads/2017/09/El-Sistema-de-Gr%C3%BAa-Ligera-modular.pdf>
- [27] ZokeCrane, «Puente Grúa». [En línea]. Disponible en: <https://www.zoke-crane.com/es/overhead-cranes/>

- [28] «5ton Single Track final carro para puente grúa», Made-in-China.com. Accedido: 14 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://es.made-in-china.com/co_jialitxk/product_5ton-Single-Track-End-Carriage-for-Overhead-Crane_rnornhieg.html
- [29] M. I. Aguilar Navarrete, «Grúas y puentes grúa». Accedido: 14 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://slideplayer.es/slide/4256563/>
- [30] «Manual de puente grúa». Accedido: 14 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://docplayer.es/79541059-Manual-de-puente-grua-online.html>
- [31] Detectores y Sensores, «Botonera colgante 4 botones 2 velocidades». Accedido: 7 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.detectores.cl/tienda/botonera-colgante-4-botones-2-velocidades/>
- [32] Saioa Control, «Control Remoto para Puente Grúa - Mando Industrial - Botonera Radiocontrol», SAIOA CONTROL. Accedido: 14 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://saioacontrol.com/control-remoto-para-puente-grua-e-industrial>
- [33] Aicrane, «Puente Grúa 20 Toneladas De Aicrane - Súper alta eficiencia de trabajo», Aicrane Puente Grúa. Accedido: 14 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://aicranegruas.com/puentegrúa/puente-grua-20-toneladas/>
- [34] «Guía para la adecuación y evaluación de riesgos en puentes grúa». Ona Industria Gráfica, España, p. 35. [En línea]. Disponible en: <https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/F78C69CE-48A0-4DCC-90CC-B8AF0B0B3F09/145866/GuaPuentesGrua.pdf>
- [35] Buildsoft, «Conceptos básicos de diseño y análisis estructural». Accedido: 5 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.buildsoft.eu/es/blog/conceptos-basicos-de-diseno-y-analisis-estructural>
- [36] J. C. McCormac y S. F. Csernak, *Diseño de estructuras de acero*, Quinta. México: Alfaomega, 1999.
- [37] Crane Manufactures Association of America, *CMAA Specification #74 Specifications for Top Running and Under Running Single Girder Electric Traveling Cranes Utilizing Under Running Trolley Hoist*. 2010.
- [38] American Institute of Steel Construction y James M. Fischer, *Design Guide 7 Industrial Building Design*, Tercera. USA, 2019.
- [39] A. Creus Solé, *Neumática e Hidráulica*. España: 3Q Editorial, 2007.
- [40] J. D. Centeno Valencia y V. E. Jiménez Herrera, «Manual consultivo de control automático y electroneumático utilizando el software Festo FluidSIM», Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador, 2010. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/604/1/T-UTC-1070.pdf>
- [41] G. Rodríguez A. y J. Torres E., «Modelo de Enseñanza de Neumática y Automatización para Ingenieros», p. 7, jun. 2009.
- [42] T. de J. Moreno Murillo, «La automatización neumática en procesos industriales», vol. 2, p. 3, oct. 2011.
- [43] Instituto Alemán de Normalización, Organización Internacional de Normalización, y SMC Corporation, «Símbolos neumáticos DIN ISO1219-1, 03/96. Símbolos gráficos para equipos neumáticos.» [En línea]. Disponible en: <https://www.studocu.com/ec/document/escuela-superior-politecnica-del-litoral/instrumentacion-industrial/simbolosneumaticos-din-iso-1219/15188528>

- [44] J. A. M. Escobar, J. A. M. Vargas, y J. A. C. Osorio, «Implementación De Circuitos Neumáticos Mediante El Uso De Lógica Neumática», *Scientia Et Technica*, vol. XVI, n.º 44, pp. 223-228, 2010.
- [45] M. Reino Flores y G. Galán Marín, *Cinemática de mecanismos planos Teoría y Problemas resueltos*, 1.ª ed. España: McGrawHill, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/11670/1/978-84-09-25222-0.pdf>
- [46] M. Álvarez M. y J. Fiallos Á., «Diseño y construcción de un mecanismo de accionamiento hidráulico- neumático que permita el acceso a personas con discapacidad física en un bus tipo urbano.», *Repositorio Dspace*, p. 7, feb. 2015.
- [47] S. A. Álvarez Rodríguez y I. A. Salazar Torres, «Automatización y habilitación del sistema de engranajes planetarios para la práctica “caja de cambios automática” del laboratorio de mecanismos y servomecanismos del DECEM», p. 6, abr. 2012.
- [48] A. Díaz Arias y H. F. Quintero, «Sobre la determinación de la movilidad en los mecanismos», *Scientia Et Technica*, vol. 11, n.º 27, pp. 103-108, abr. 2005.
- [49] MatWeb, «ASTM A36 Steel, bar», MatWeb Material Property Data. Accedido: 24 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=d1844977c5c8440cb9a3a967f8909c3a&ckck=1>
- [50] D. Behar, *Metodología de la Investigación*, Rubeira, A. Shalom, 2008. Accedido: 20 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.calameo.com/read/004416166f1d9df980e62>
- [51] morrison Ingenieros, Estructuras morrison, FUNDEXTENSUS, y CARIBE, «Manual SAP2000 v23». Accedido: 8 de diciembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.csicertifications.us/Manuals/Manual%20de%20SAP2000%20v23.pdf>
- [52] C. F. Renfigo Toaquiza, «Dimensionamiento y construcción de un manipulador neumático para el montaje de ruedas, en la línea de ensamblaje de camiones Hyundai, para la industria automotriz Aymesa.», Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4950/1/CD-4488.pdf>
- [53] Robert L. Norton, *Diseño de máquinas: Un enfoque integrado*, Cuarta. México: Pearson Educación, 2011.
- [54] R. Budynas y K. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Octava. McGrawHill.

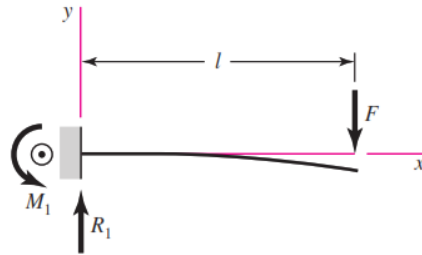
6. ANEXOS

Anexo 1. Símbolos neumáticos DIN/ISO 1219-1 [43].

Volumen 1					
Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción		
	Válvula de control direccional Válvula de dos vías, cerrada posición normal		Válvula de control direccional Válvula de 5 vías, escape posición neutra		
	Válvula de control direccional Válvula de dos vías, abierta posición normal		Válvula de control direccional Válvula de 5 vías, abierta posición neutra		
	Válvula de control direccional Válvula de 3 vías, cerrada posición normal		Control manual general		Control manual Botón
	Válvula de control direccional Válvula de 3 vías, abierta posición normal		Palanca control manual		Pedal control manual
	Válvula de control direccional Válvula de 3 vías, cerrada posición neutra		Palpador control mecánico		Muelle control mecánico
	Válvula de control direccional Válvula de 3 vías, abierta posición neutra		Rodillo control mecánico		Rodillo de control mecánico escamoteable
	Válvula de control direccional Válvula de 4 vías, cerrada posición neutra		Electroválvula con una bobina		Electroválvula con dos bobinados actuando opuestamente
	Válvula de control direccional Válvula de 4 vías, abierta posición neutra		Control combinado por electroválvula válvula de pilotaje		Control de presión
	Válvula de control direccional Válvula de 4 vías, cerrada posición neutra		Selector		Relé electroneumático
	Válvula de control direccional Válvula de 4 vías, abierta posición neutra		Indicador neumático		Silenciador
	Válvula de control direccional Válvula de 5 vías, cerrada posición neutra		Control de presión Válvula accionam. neumático		Componente mecánico bloqueo
	Válvula de control direccional Válvula de 5 vías, abierta posición neutra				

Anexo 2. Tablas y ecuaciones para el cálculo de mecánica clásica [54].

1 En voladizo: carga en extremo

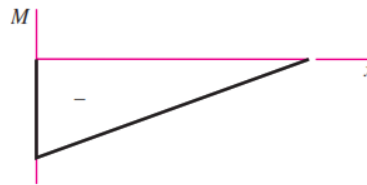
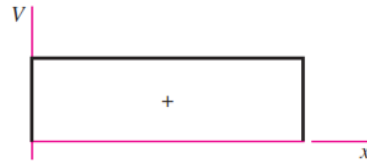


$$R_1 = V = F \quad M_1 = Fl$$

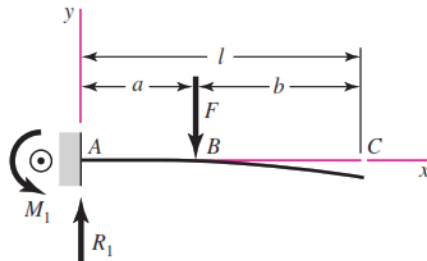
$$M = F(x - l)$$

$$y = \frac{Fx^2}{6EI}(x - 3l)$$

$$y_{\text{máx}} = -\frac{Fl^3}{3EI}$$



2 En voladizo: carga intermedia



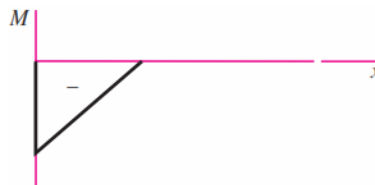
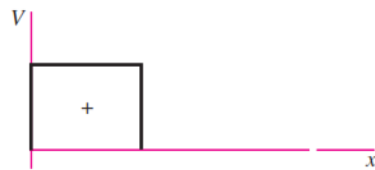
$$R_1 = V = F \quad M_1 = Fa$$

$$M_{AB} = F(x - a) \quad M_{BC} = 0$$

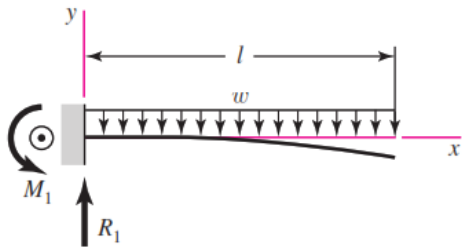
$$y_{AB} = \frac{Fx^2}{6EI}(x - 3a)$$

$$y_{BC} = \frac{Fa^2}{6EI}(a - 3x)$$

$$y_{\text{máx}} = \frac{Fa^2}{6EI}(a - 3l)$$



3 En voladizo: carga uniforme

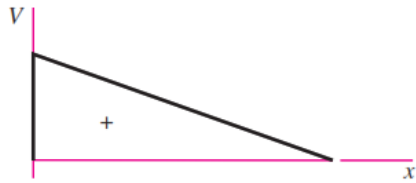


$$R_1 = wl \quad M_1 = \frac{wl^2}{2}$$

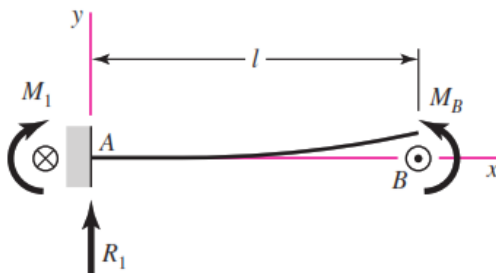
$$V = w(l - x) \quad M = -\frac{w}{2}(l - x)^2$$

$$y = \frac{wx^2}{24EI}(4lx - x^2 - 6l^2)$$

$$y_{\text{máx}} = -\frac{wl^4}{8EI}$$

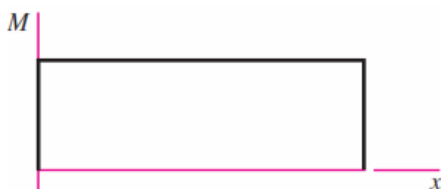


4 En voladizo: carga de momento

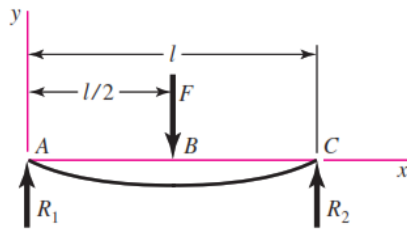


$$R_1 = V = 0 \quad M_1 = M = M_B$$

$$y = \frac{M_B x^2}{2EI} \quad y_{\text{máx}} = \frac{M_B l^2}{2EI}$$



5 Apoyos simples: carga central



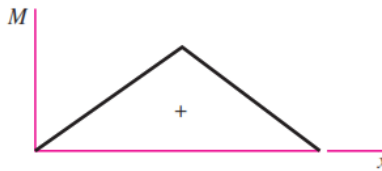
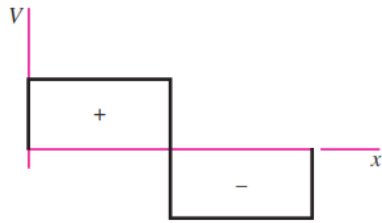
$$R_1 = R_2 = \frac{F}{2}$$

$$V_{AB} = R_1 \quad V_{BC} = -R_2$$

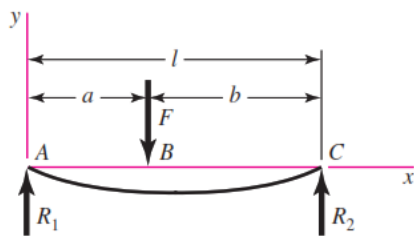
$$M_{AB} = \frac{Fx}{2} \quad M_{BC} = \frac{F}{2}(l-x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fx}{48EI}(4x^2 - 3l^2)$$

$$y_{\text{máx}} = -\frac{Fl^3}{48EI}$$



6 Apoyos simples: carga intermedia



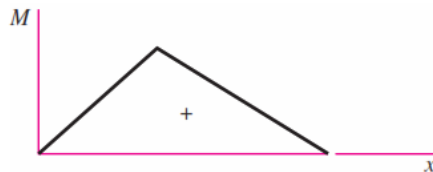
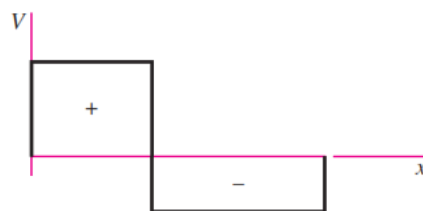
$$R_1 = \frac{Fb}{l} \quad R_2 = \frac{Fa}{l}$$

$$V_{AB} = R_1 \quad V_{BC} = -R_2$$

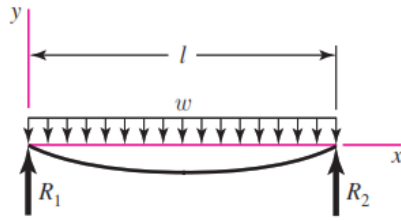
$$M_{AB} = \frac{Fbx}{l} \quad M_{BC} = \frac{Fa}{l}(l-x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fbx}{6EI}(x^2 + b^2 - l^2)$$

$$y_{BC} = \frac{Fa(l-x)}{6EI}(x^2 + a^2 - 2lx)$$



7 Apoyos simples: carga uniforme

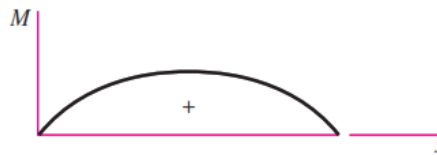
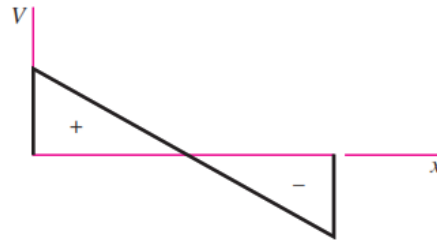


$$R_1 = R_2 = \frac{wl}{2} \quad V = \frac{wl}{2} - wx$$

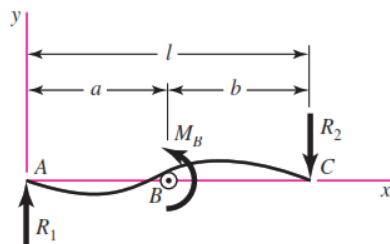
$$M = \frac{wx}{2}(l - x)$$

$$y = \frac{wx}{24EI}(2lx^2 - x^3 - l^3)$$

$$y_{\text{máx}} = -\frac{5wl^4}{384EI}$$



8 Apoyos simples: carga de momento

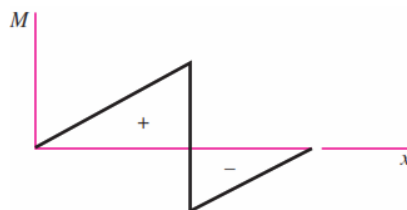
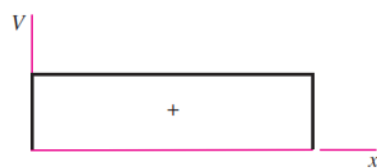


$$R_1 = R_2 = \frac{M_B}{l} \quad V = \frac{M_B}{l}$$

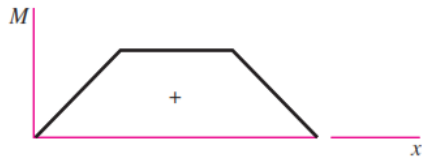
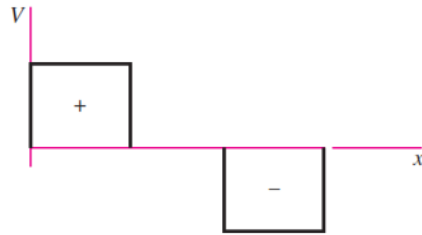
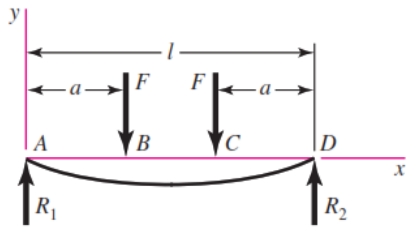
$$M_{AB} = \frac{M_B x}{l} \quad M_{BC} = \frac{M_B}{l}(x - l)$$

$$y_{AB} = \frac{M_B x}{6EI} (x^2 + 3a^2 - 6al + 2l^2)$$

$$y_{BC} = \frac{M_B}{6EI} [x^3 - 3lx^2 + x(2l^2 + 3a^2) - 3a^2l]$$



9 Apoyos simples: cargas idénticas



$$R_1 = R_2 = F \quad V_{AB} = F \quad V_{BC} = 0$$

$$V_{CD} = -F$$

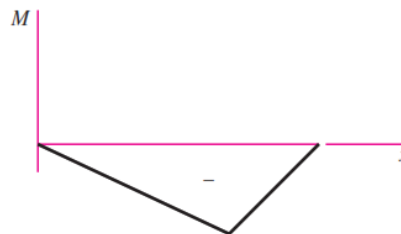
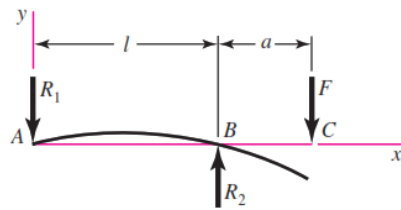
$$M_{AB} = Fx \quad M_{BC} = Fa \quad M_{CD} = F(l-x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fx}{6EI}(x^2 + 3a^2 - 3la)$$

$$y_{BC} = \frac{Fa}{6EI}(3x^2 + a^2 - 3lx)$$

$$y_{\text{máx}} = \frac{Fa}{24EI}(4a^2 - 3l^2)$$

10 Apoyos simples: carga en voladizo



$$R_1 = \frac{Fa}{l} \quad R_2 = \frac{F}{l}(l+a)$$

$$V_{AB} = -\frac{Fa}{l} \quad V_{BC} = F$$

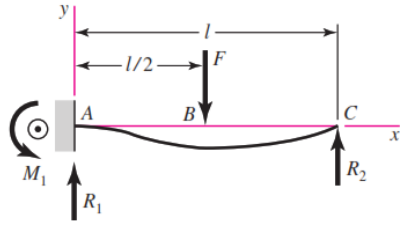
$$M_{AB} = -\frac{Fax}{l} \quad M_{BC} = F(x-l-a)$$

$$y_{AB} = \frac{Fax}{6EI}(l^2 - x^2)$$

$$y_{BC} = \frac{F(x-l)}{6EI}[(x-l)^2 - a(3x-l)]$$

$$y_c = -\frac{Fa^2}{3EI}(l+a)$$

11 Un apoyo fijo y el otro simple: carga central



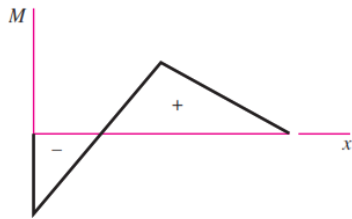
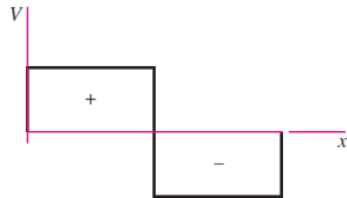
$$R_1 = \frac{11F}{16} \quad R_2 = \frac{5F}{16} \quad M_1 = \frac{3Fl}{16}$$

$$V_{AB} = R_1 \quad V_{BC} = -R_2$$

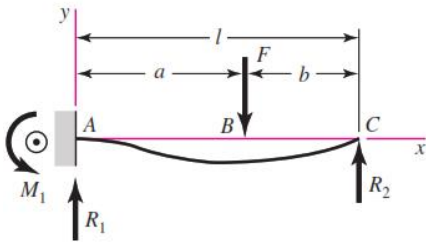
$$M_{AB} = \frac{F}{16}(11x - 3l) \quad M_{BC} = \frac{5F}{16}(l - x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fx^2}{96EI}(11x - 9l)$$

$$y_{BC} = \frac{F(l-x)}{96EI}(5x^2 + 2l^2 - 10lx)$$



12 Un apoyo fijo y el otro simple: carga intermedia



$$R_1 = \frac{Fb}{2l^3}(3l^2 - b^2) \quad R_2 = \frac{Fa^2}{2l^3}(3l - a)$$

$$M_1 = \frac{Fb}{2l^2}(l^2 - b^2)$$

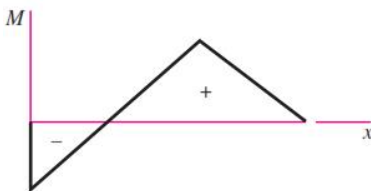
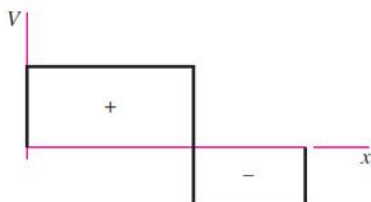
$$V_{AB} = R_1 \quad V_{BC} = -R_2$$

$$M_{AB} = \frac{Fb}{2l^3}[b^2l - l^3 + x(3l^2 - b^2)]$$

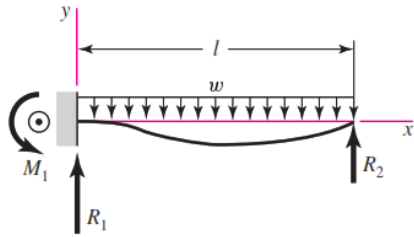
$$M_{BC} = \frac{Fa^2}{2l^3}(3l^2 - 3lx - al + ax)$$

$$y_{AB} = \frac{Fbx^2}{12EI l^3}[3l(b^2 - l^2) + x(3l^2 - b^2)]$$

$$y_{BC} = y_{AB} - \frac{F(x-a)^3}{6EI}$$



13 Un apoyo fijo y el otro simple: carga uniforme

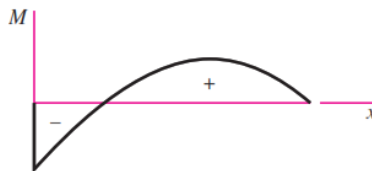
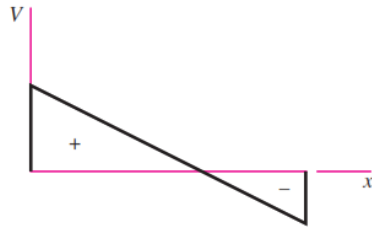


$$R_1 = \frac{5wl}{8} \quad R_2 = \frac{3wl}{8} \quad M_1 = \frac{wl^2}{8}$$

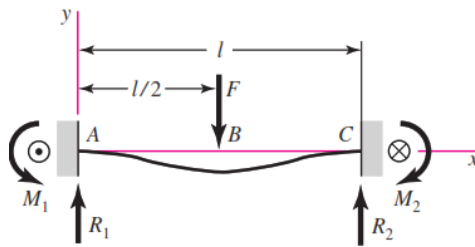
$$V = \frac{5wl}{8} - wx$$

$$M = -\frac{w}{8}(4x^2 - 5lx + l^2)$$

$$y = \frac{wx^2}{48EI}(l-x)(2x-3l)$$



14 Apoyos fijos: carga central



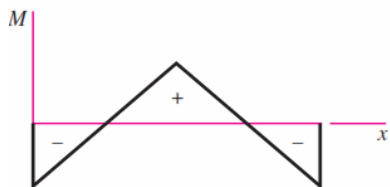
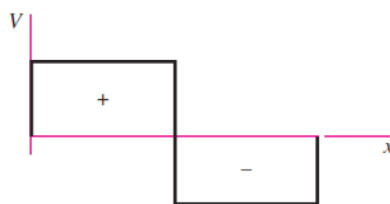
$$R_1 = R_2 = \frac{F}{2} \quad M_1 = M_2 = \frac{Fl}{8}$$

$$V_{AB} = -V_{BC} = \frac{F}{2}$$

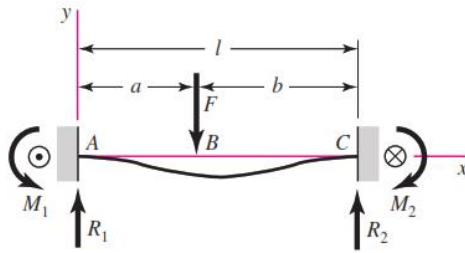
$$M_{AB} = \frac{F}{8}(4x-l) \quad M_{BC} = \frac{F}{8}(3l-4x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fx^2}{48EI}(4x-3l)$$

$$y_{\text{máx}} = -\frac{Fl^3}{192EI}$$



15 Apoyos fijos: carga intermedia



$$R_1 = \frac{Fb^2}{l^3}(3a + b) \quad R_2 = \frac{Fa^2}{l^3}(3b + a)$$

$$M_1 = \frac{Fab^2}{l^2} \quad M_2 = \frac{Fa^2b}{l^2}$$

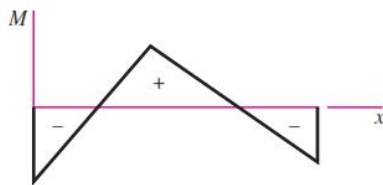
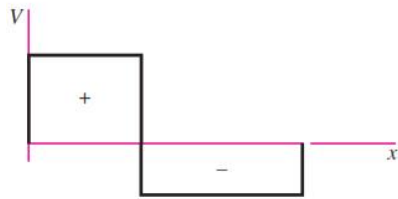
$$V_{AB} = R_1 \quad V_{BC} = -R_2$$

$$M_{AB} = \frac{Fb^2}{l^3}[x(3a + b) - al]$$

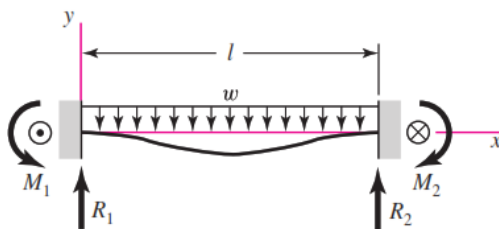
$$M_{BC} = M_{AB} - F(x - a)$$

$$y_{AB} = \frac{Fb^2x^2}{6EI l^3}[x(3a + b) - 3al]$$

$$y_{BC} = \frac{Fa^2(l - x)^2}{6EI l^3}[(l - x)(3b + a) - 3bl]$$



16 Apoyos fijos: carga uniforme



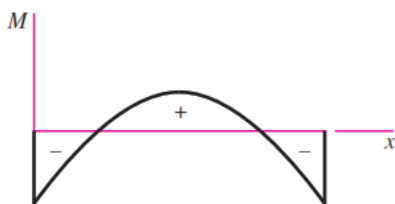
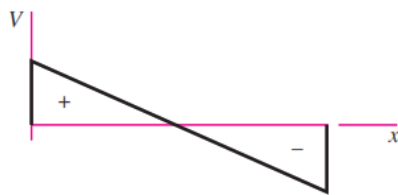
$$R_1 = R_2 = \frac{wl}{2} \quad M_1 = M_2 = \frac{wl^2}{12}$$

$$V = \frac{w}{2}(l - 2x)$$

$$M = \frac{w}{12}(6lx - 6x^2 - l^2)$$

$$y = -\frac{wx^2}{24EI}(l - x)^2$$

$$y_{\text{máx}} = -\frac{wl^4}{384EI}$$



Anexo 3. Cálculo manual del diseño del sistema de elevación.

Cálculo de placas base

Datos iniciales:

$$\phi_c := 0.65$$

$$\phi_f := 0.9$$

Φ_c = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento, igual a 0.65
 f'_c = Resistencia a la compresión del concreto

$$f'_c := 2.1 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$$

$$b_f := 100 \text{ mm}$$

$$d := 100 \text{ mm}$$

$$F_y := 250 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

CASO I: No confinamiento de concreto ($A_2=A_1$)

1. Cálculo de la carga axial última P_u

$$P_u := 23 \text{ kN}$$

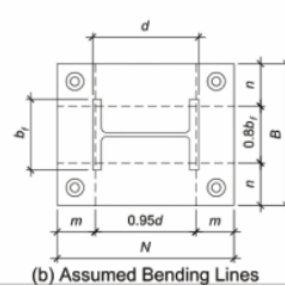
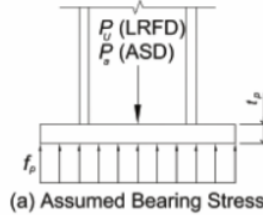
2. Cálculo del área mínima requerida para la placa base.

$$A_{1req} := 230 \text{ mm} \cdot 230 \text{ mm} = 529 \text{ cm}^2$$

3. Optimización de las dimensiones de la placa.

$$\Delta := \frac{0.95 d - 0.8 b_f}{2} = 7.5 \text{ mm}$$

$$N := \sqrt{A_{1req}} + \Delta = 237.5 \text{ mm}$$



$$B := \frac{A_{1req}}{N} = 222.737 \text{ mm}$$

4. Determinación del espesor mínimo requerido para la placa.

$$m := \frac{N - 0.95 d}{2} = 71.25 \text{ mm}$$

$$A_1 := N \cdot B = 52900 \text{ mm}^2$$

$$n := \frac{B - 0.8 b_f}{2} = 71.368 \text{ mm}$$

$$\phi_c P_p := \phi_c \cdot 0.85 \cdot f'_c \cdot A_1 = 601904.964 \text{ N}$$

$$X := \left(\frac{4 d \cdot b_f}{(d + b_f)^2} \right) \cdot \frac{P_u}{\phi_c P_p} = 0.038$$

$$\lambda := \frac{2 \cdot \sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}} = 0.197$$

if($\lambda \leq 1$, "ok", "Cambiar término X") = "ok"

$$\lambda n' := \lambda \cdot \frac{\sqrt{d \cdot b_f}}{4} = 4.935 \text{ mm}$$

$$l := \lambda n' \cdot \text{lmáx}(m, n, \lambda n')$$

$$P_{u1} := P_u$$

$$t_{\text{mín}} := n \cdot \sqrt{\frac{2 P_{u1}}{\phi_f \cdot F_y \cdot B \cdot N}} = 4.437 \text{ mm}$$

Para columnas sometidas solo a cargas axiales, basta con utilizar cuatro anclas ASTM F1554, Grado 36, de diámetro igual a 3/4 de pulgada y una longitud de 12 pulgadas.

Anexo 4. Proceso de construcción del proyecto.

Fotografía 1



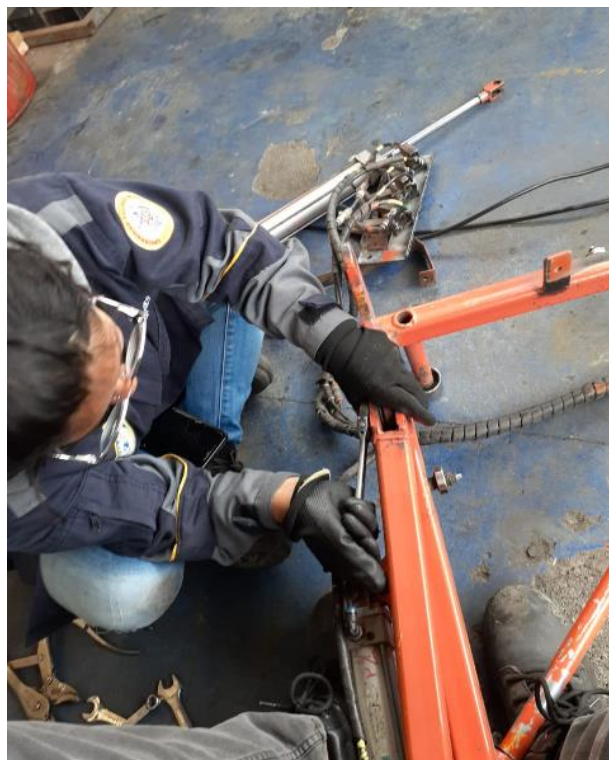
Fotografía 2



Fotografía 3



Fotografía 4



Fotografía 5



Fotografía 6



Fotografía 7



Fotografía 8



Fotografía 9



Fotografía 10



Fotografía 11



Fotografía 12



Fotografía 13



Fotografía 14



Fotografía 15



Fotografía 16



Fotografía 17



Fotografía 18



Fotografía 19



Fotografía 20



Fotografía 21



Fotografía 22



Fotografía 23



Fotografía 24



Fotografía 25



Fotografía 26



Fotografía 27



Fotografía 28



Fotografía 29



Fotografía 30



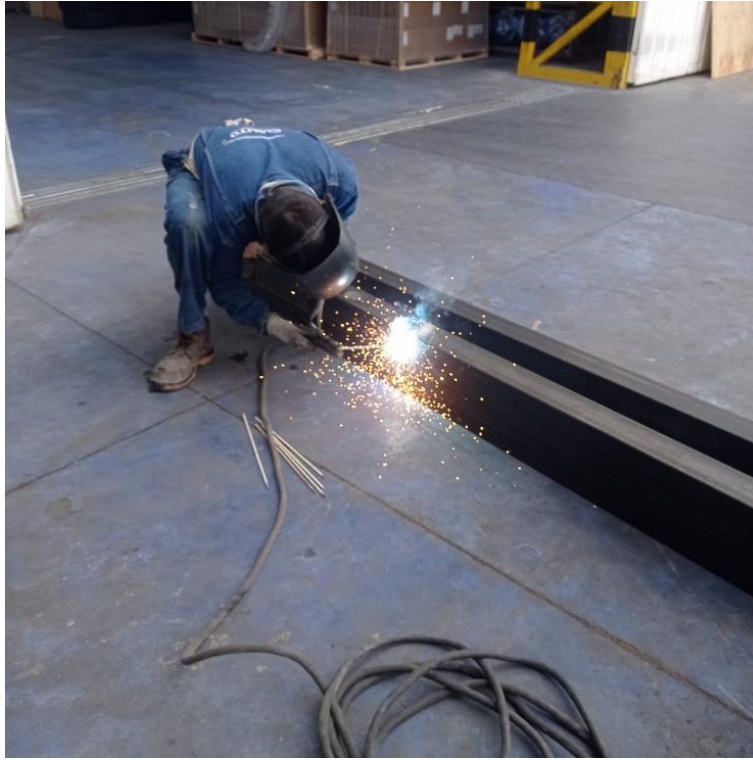
Fotografía 31



Fotografía 32



Fotografía 33



Fotografía 34



Fotografía 35



Fotografía 36



Fotografía 37



Fotografía 38



Fotografía 39



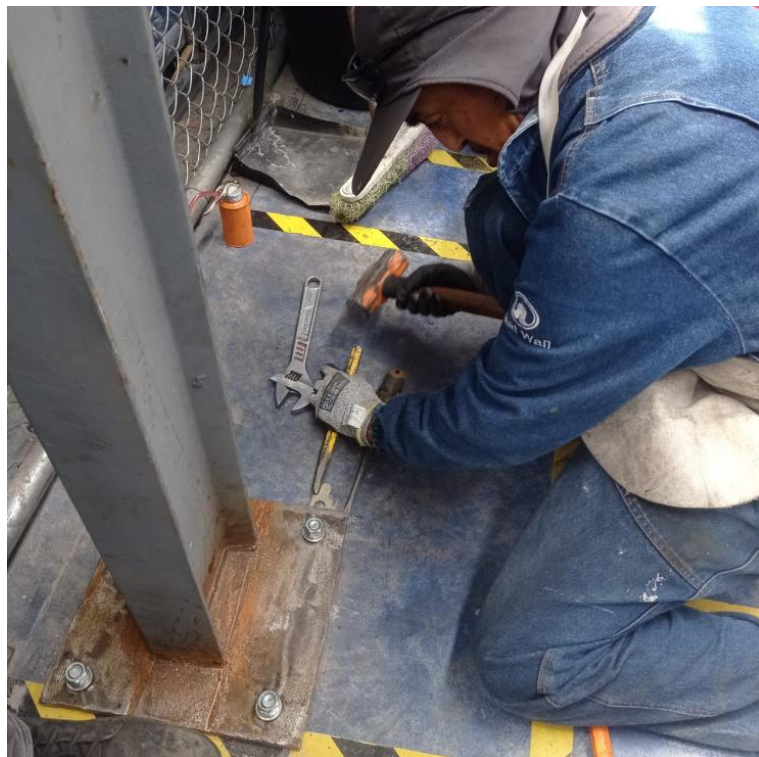
Fotografía 40



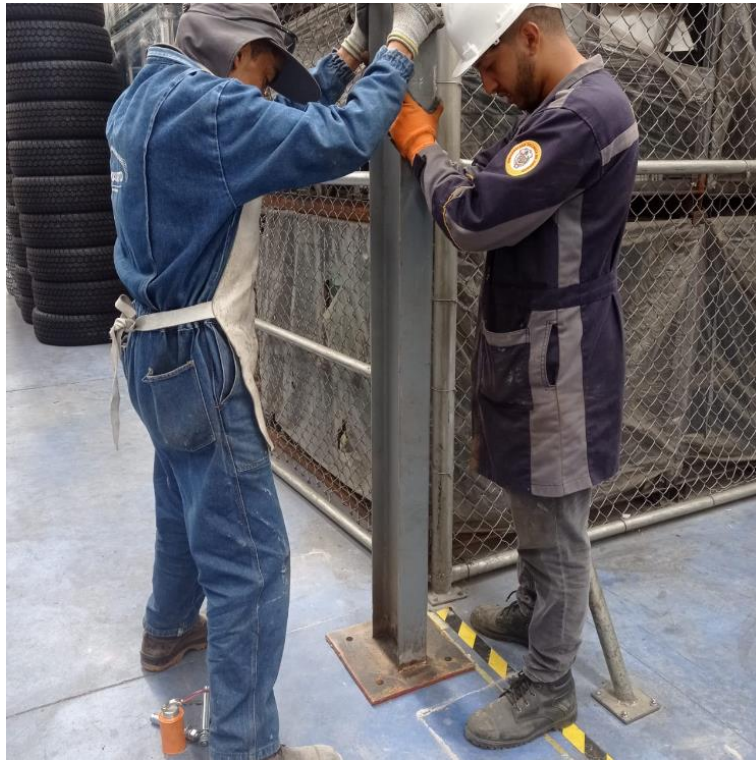
Fotografía 41



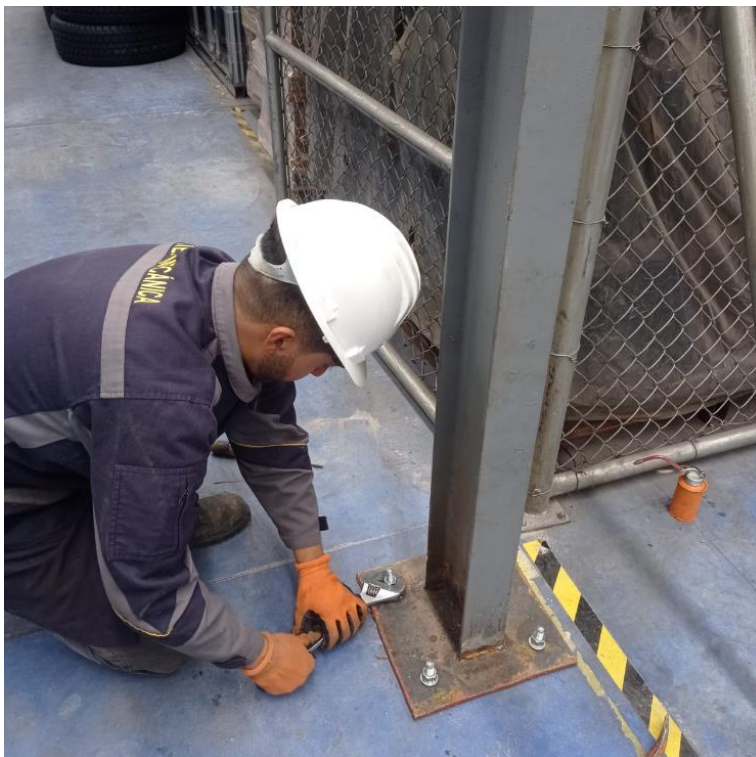
Fotografía 42



Fotografía 43



Fotografía 44



Fotografía 45



Fotografía 46



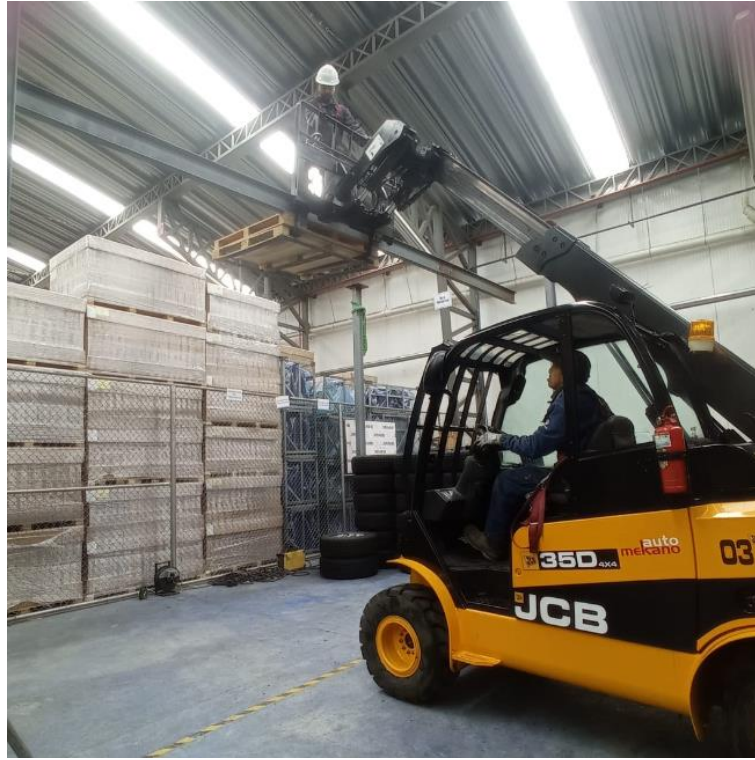
Fotografía 47



Fotografía 48



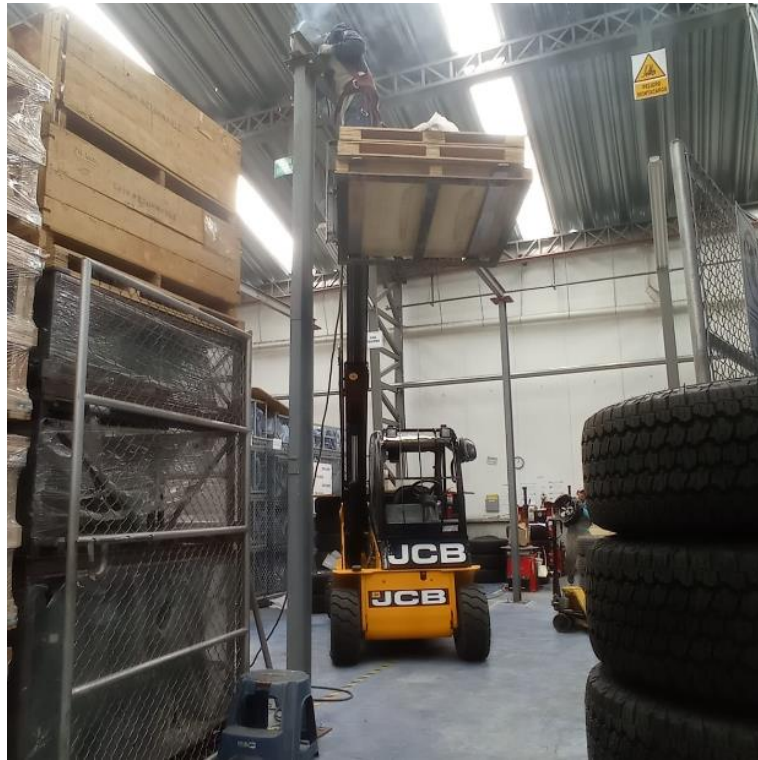
Fotografía 49



Fotografía 50



Fotografía 51



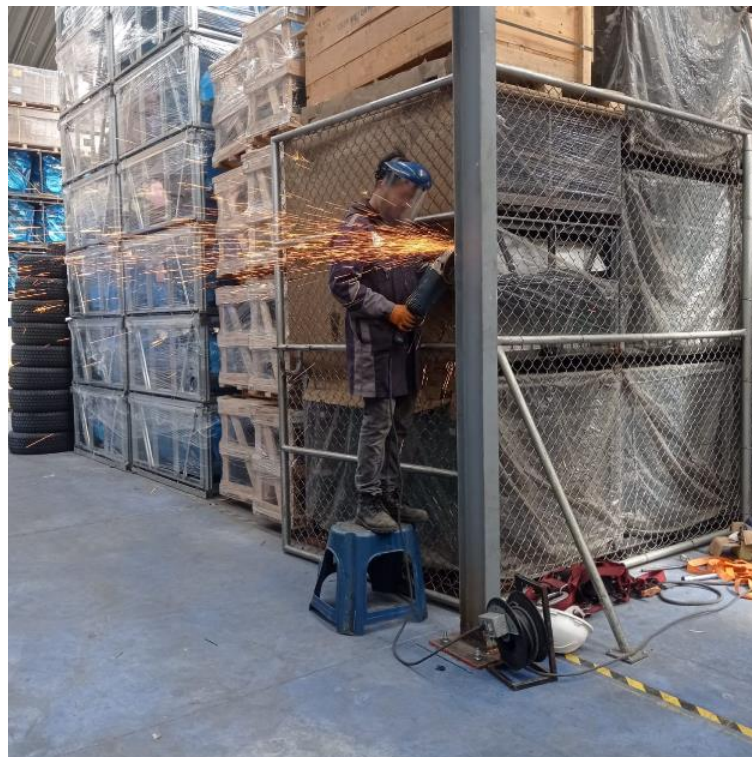
Fotografía 52



Fotografía 53



Fotografía 54



Fotografía 55



Fotografía 56



Fotografía 57



Fotografía 58



Fotografía 59



Fotografía 60



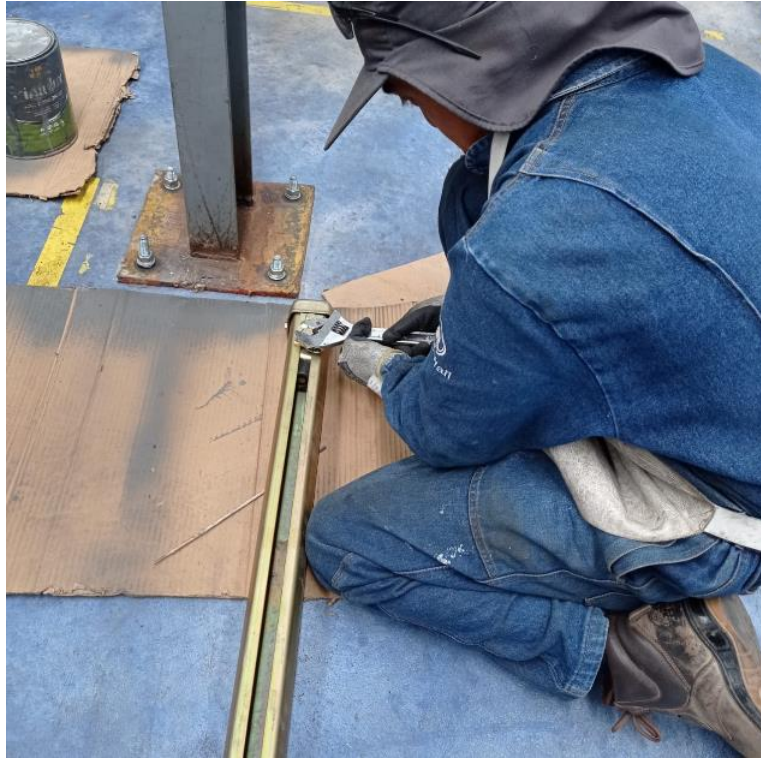
Fotografía 61



Fotografía 62



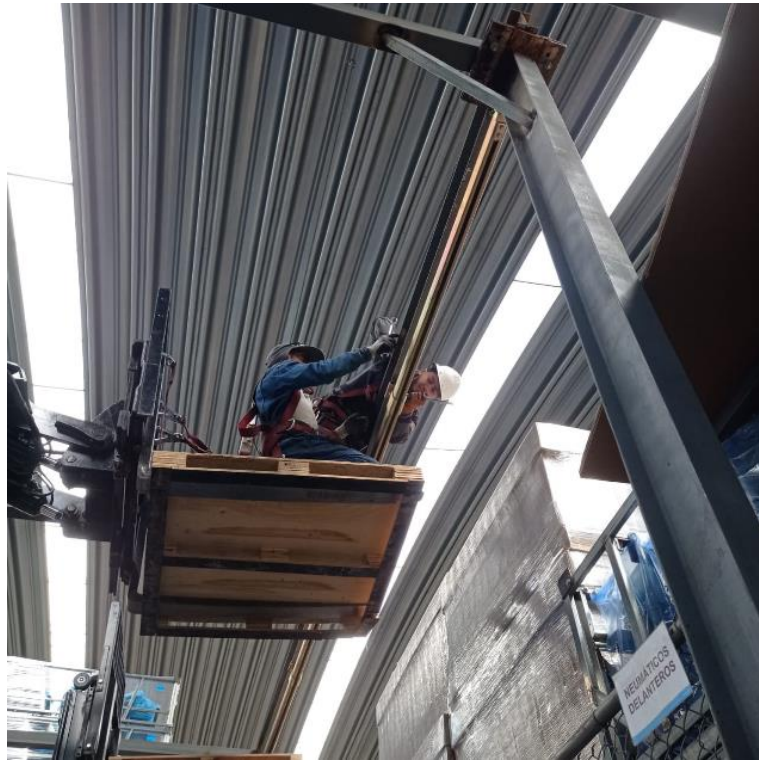
Fotografía 63



Fotografía 64



Fotografía 65



Fotografía 66



Fotografía 67



Fotografía 68



Fotografía 69



Fotografía 70



Fotografía 71



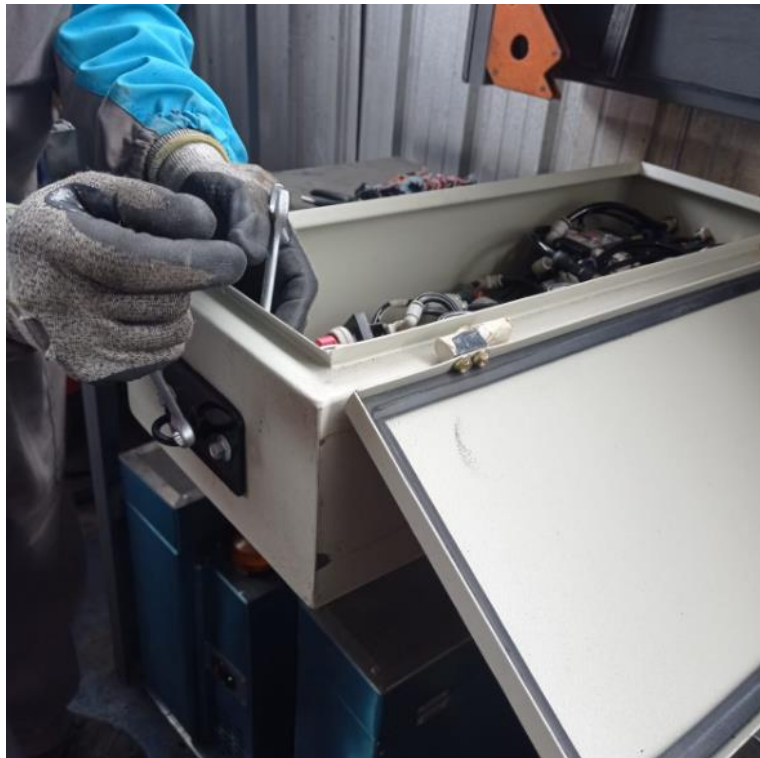
Fotografía 72



Fotografía 73



Fotografía 74



Fotografía 75



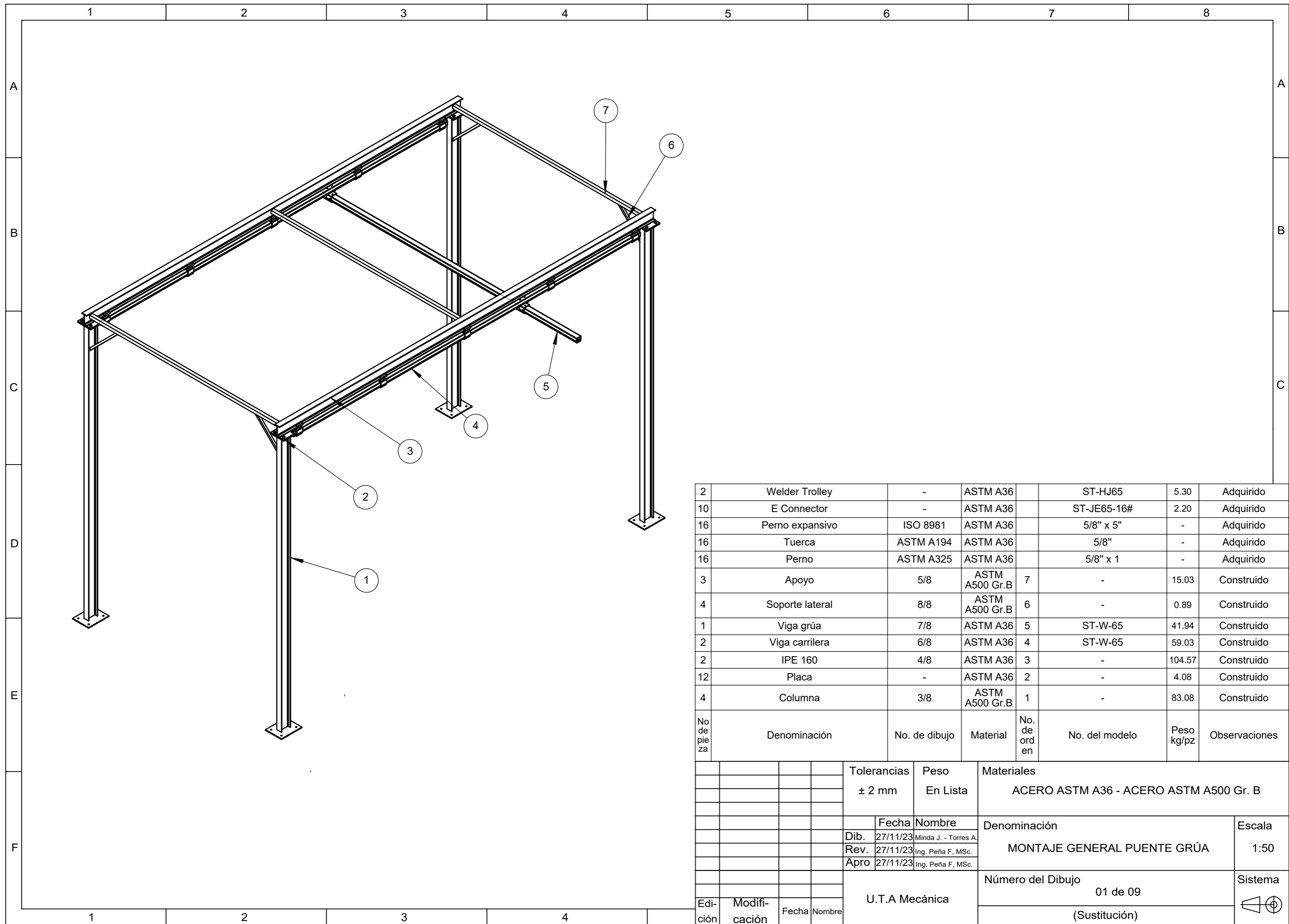
Fotografía 76



Fotografía 77



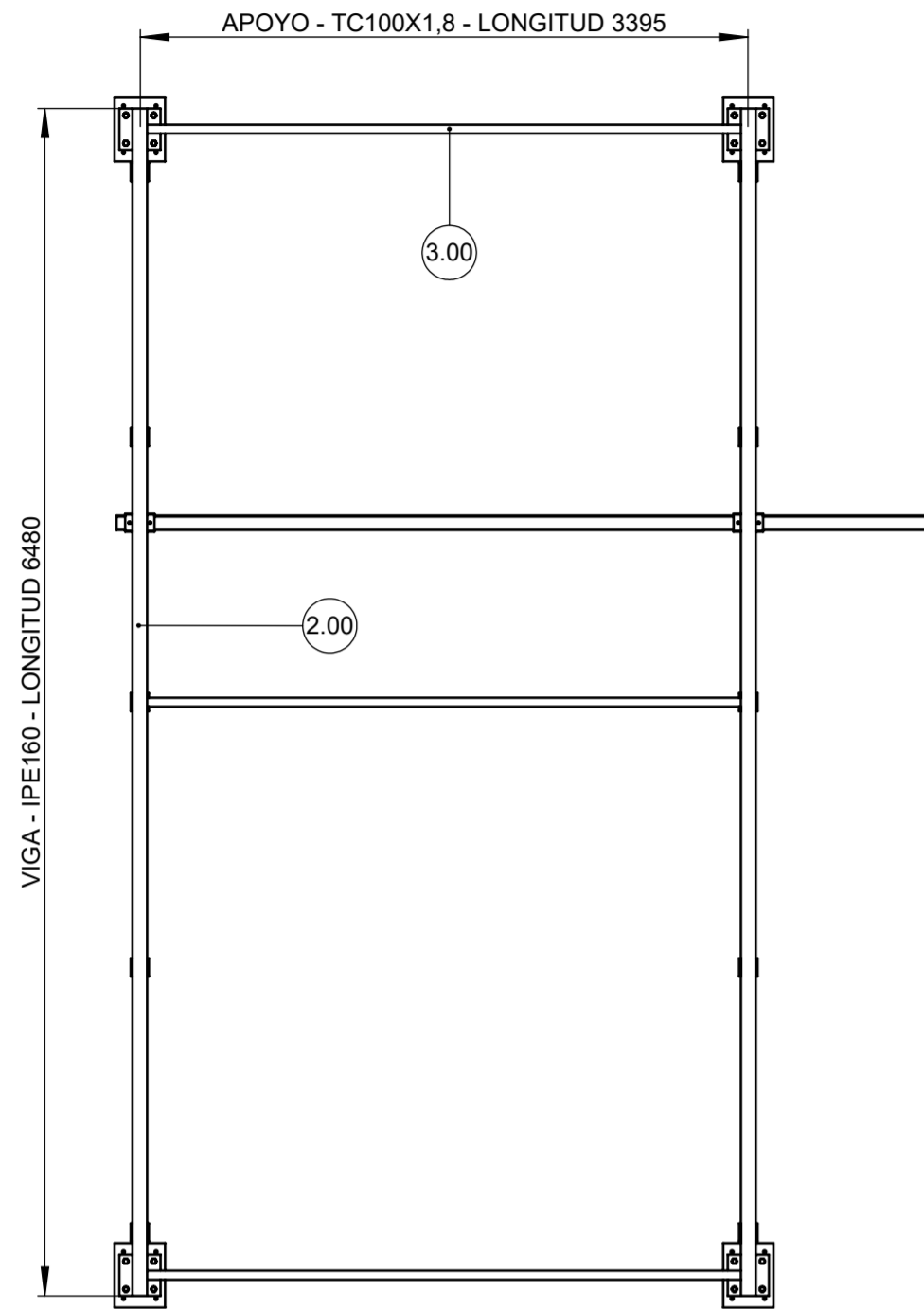
Anexo 5. Planos



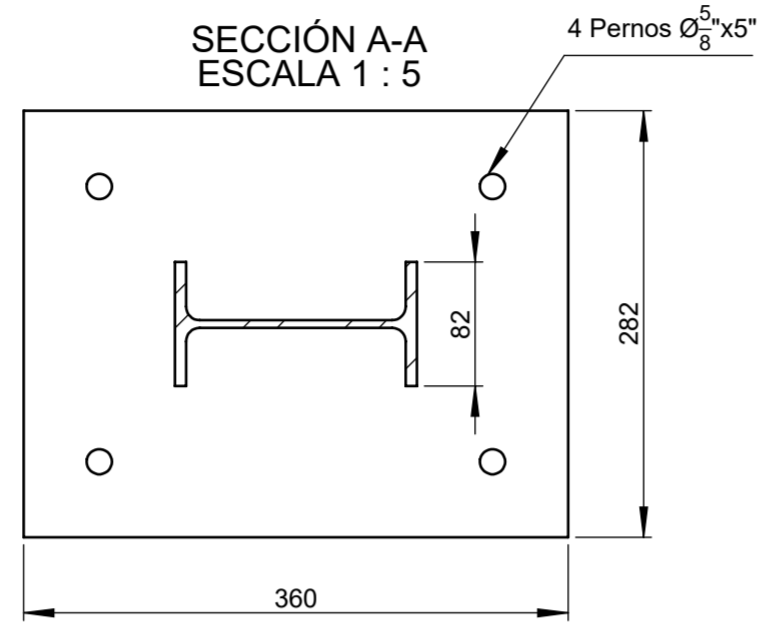
2	Welder Trolley	-	ASTM A36		ST-HJ65	5.30	Adquirido
10	E Connector	-	ASTM A36		ST-JE65-16#	2.20	Adquirido
16	Perno expansivo	ISO 8981	ASTM A36		5/8" x 5"	-	Adquirido
16	Tuerca	ASTM A194	ASTM A36		5/8"	-	Adquirido
16	Perno	ASTM A325	ASTM A36		5/8" x 1	-	Adquirido
3	Apoyo	5/8	ASTM A500 Gr.B	7	-	15.03	Construido
4	Soporte lateral	8/8	ASTM A500 Gr.B	6	-	0.89	Construido
1	Viga grúa	7/8	ASTM A36	5	ST-W-65	41.94	Construido
2	Viga carrilera	6/8	ASTM A36	4	ST-W-65	59.03	Construido
2	IPE 160	4/8	ASTM A36	3	-	104.57	Construido
12	Placa	-	ASTM A36	2	-	4.08	Construido
4	Columna	3/8	ASTM A500 Gr.B	1	-	83.08	Construido
No de pieza	Denominación	No. de dibujo	Material	No. de orden	No. del modelo	Peso kg/pz	Observaciones

				Tolerancias	Peso	Materiales		
				± 2 mm	En Lista	ACERO ASTM A36 - ACERO ASTM A500 Gr. B		
					Fecha	Nombre	Denominación	
				Dib.	27/11/23	Minda J. - Torres A.	MONTAJE GENERAL PUENTE GRÚA	
				Rev.	27/11/23	Ing. Peña F, MSc.		
				Apro	27/11/23	Ing. Peña F, MSc.		
				U.T.A Mecánica			Número del Dibujo	Escala
							01 de 09	1:50
							(Sustitución)	Sistema
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

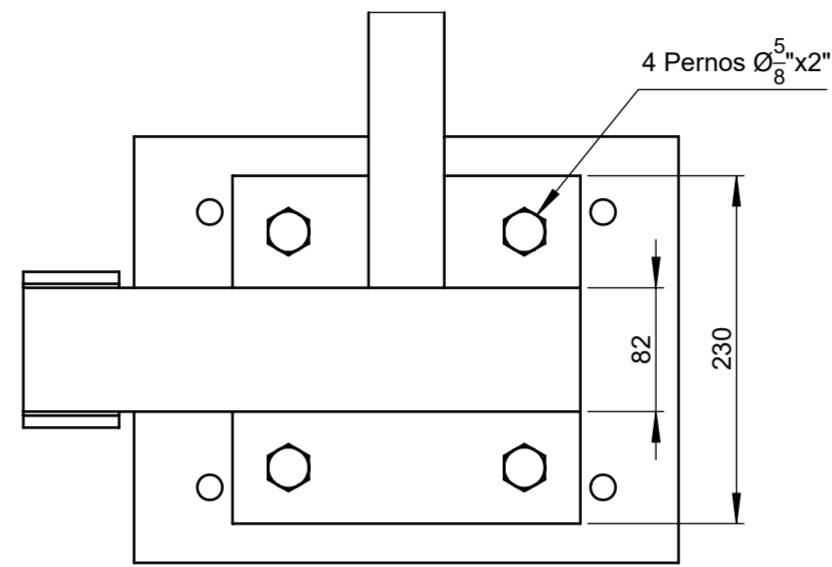
ESTRUCTURA DE PUENTE GRÚA
VISTA GENERAL



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 5



SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 5



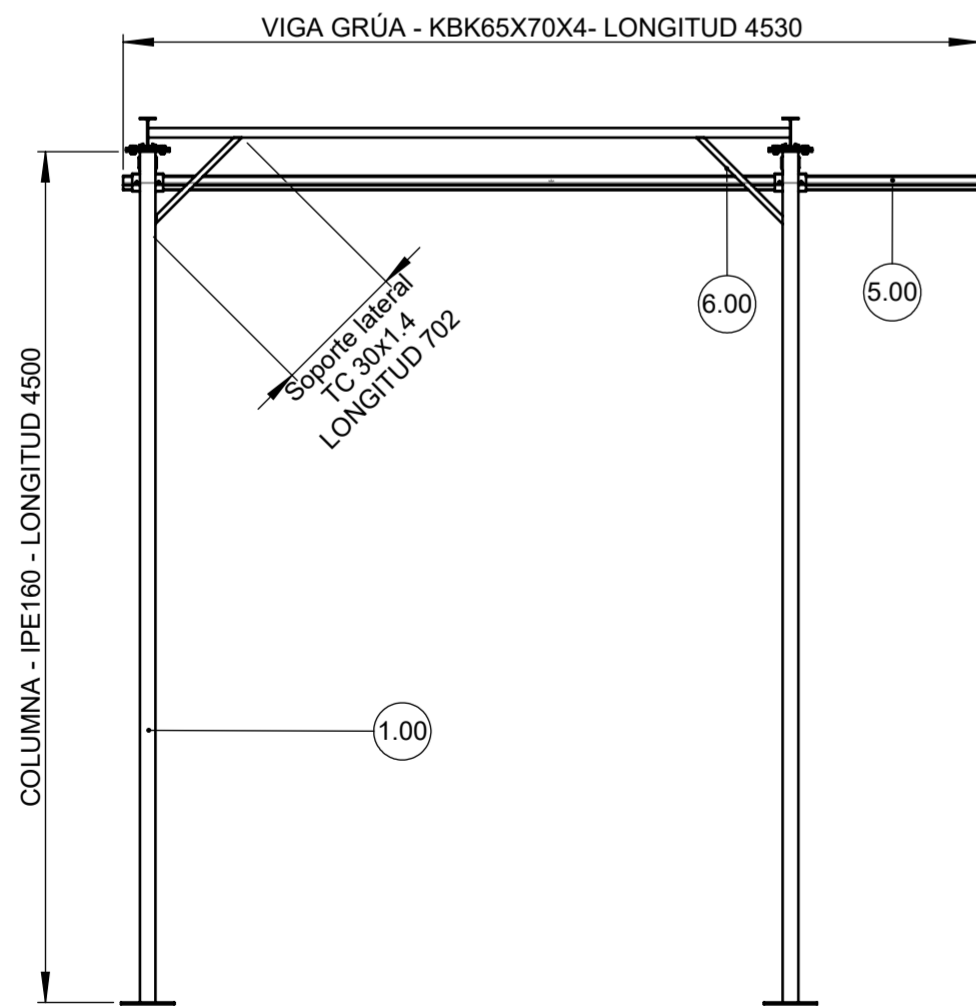
LISTA DE MATERIALES

Item	Posición	Marca	Sección [mm]	Cantidad Total	Longitud Total [mm]	Ancho Total [mm]	Peso Total [kg]
1.00	Columna			4.00			332.32
1.10	Perfil	PE1	IPE160	4.00	4500		284.40
1.20	Placa	PL	PL10	4.00	230	230	16.32
1.30	Placa base	PL2	PL20	4.00	360	282	31.60
2.00	Viga			2.00			225.46
2.10	Perfil	PE2	IPE160	2.00	6480		209.14
2.20	Placa	PL	PL10	4.00	230	230	16.32
3.00	Apoyo			3.00			45.09
3.10	Perfil	PE3	TC100x1.8	3.00	3395		45.09
4.00	Viga carrilera			2.00			118.06
4.10	Perfil	PE4	KBK65X70X4	2.00	6000		76.86
4.20	E Connector	EC	EC80	10.00	116	96	35.00
5.00	Viga grúa			1.00			41.94
5.10	Perfil	PE5	KBK65X70X4	1.00	4530		28.54
5.20	Welder Trolley	WT	WT80	2.00	173	370	13.40
6.00	Soporte lateral			4.00			3.56
6.10	Perfil	PE6	TC30x1.4	4.00	702		3.56

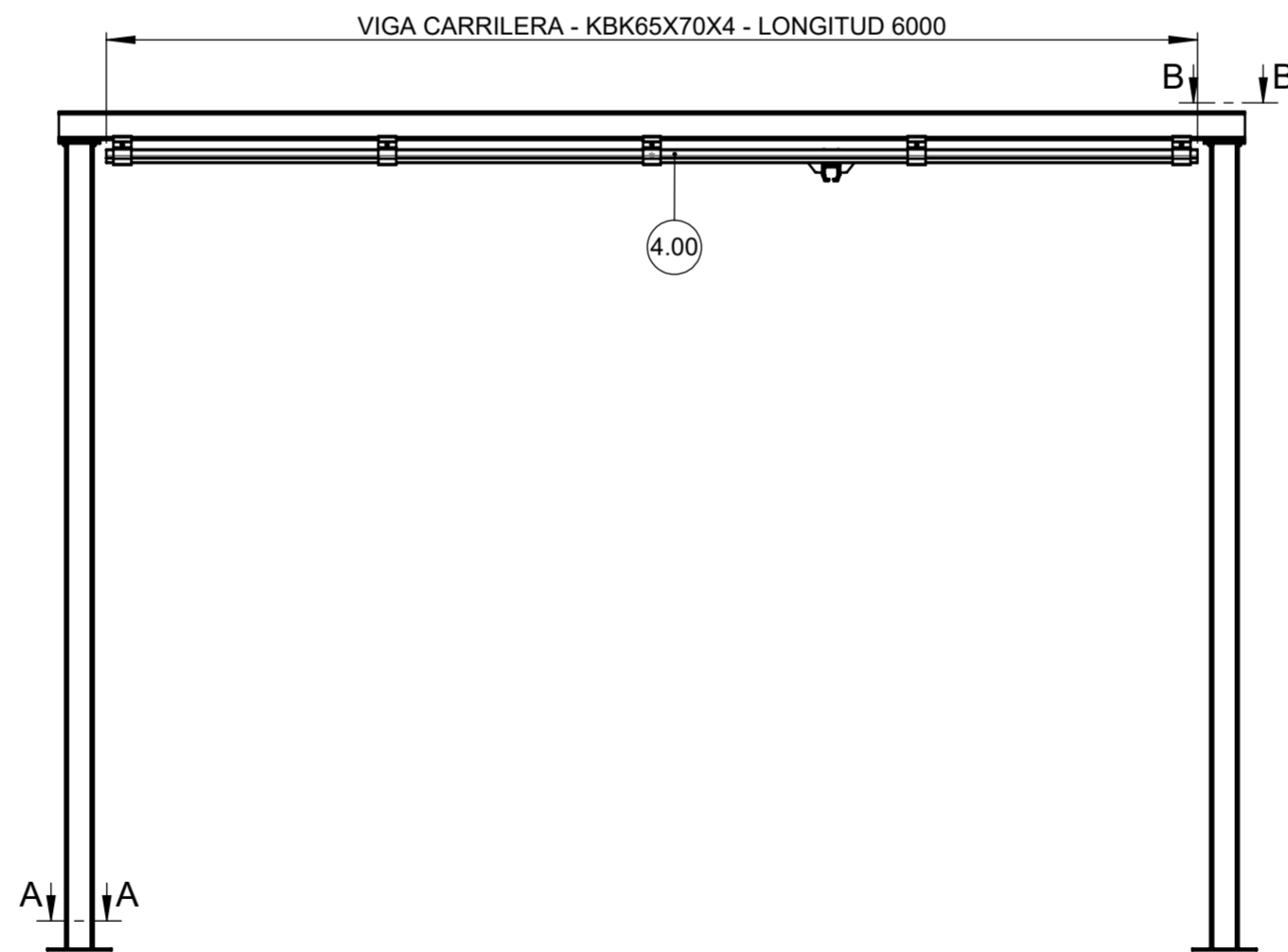
LISTA DE PERNOS

Dimensión	Cantidad
Columna	
Perno de expansión $\varnothing\frac{5}{8}$ " x 5"	16
Perno $\varnothing\frac{5}{8}$ " x 2"	16
Viga	
Perno $\varnothing\frac{5}{8}$ " x 2"	16

VIGA GRÚA - KBK65X70X4- LONGITUD 4530



VIGA CARRILERA - KBK65X70X4 - LONGITUD 6000



				Tolerancias ± 2 mm	Peso En Lista	Materiales ACERO ASTM A36 - ACERO ASTM A500 Gr. B	
						Denominación	Escala
						MONTAJE DE ESTRUCTURA	1:50
						Número del Dibujo	Sistema
						02 de 09 (Sustitución)	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre	U.T.A Mecánica			

Dib. 27/11/23 Minda J. - Torres A.
Rev. 27/11/23 Ing. Peña F, MSc.
Apro 27/11/23 Ing. Peña F, MSc.

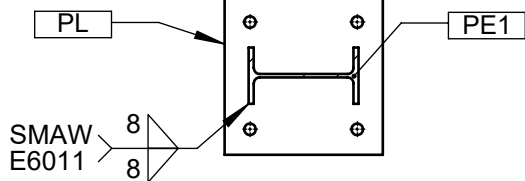
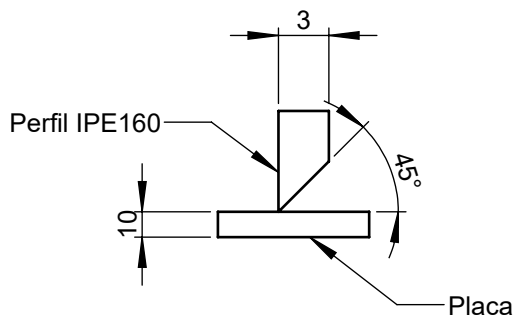
1

2

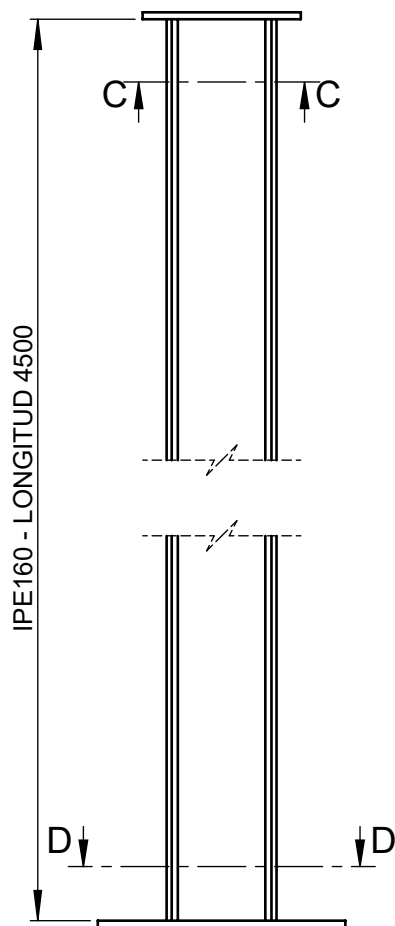
3

4

A

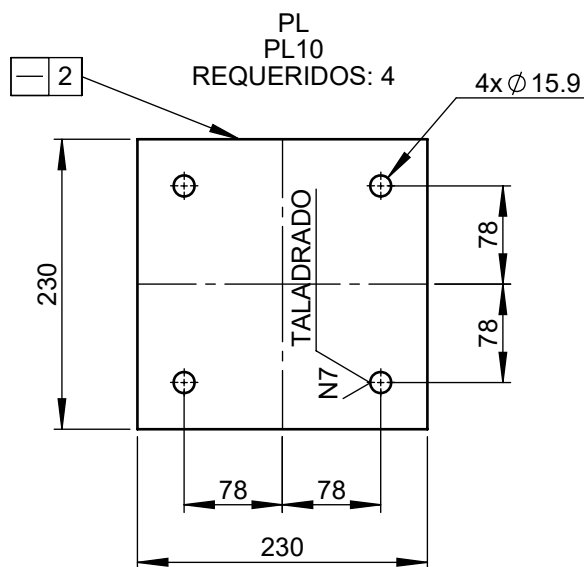
SECCIÓN C-C
ESCALA 1:10COLUMNA:
ARMADO
REQUERIDOS: 4DETALLE SOLDADURA CJP
ENTRE COLUMNA - PLACA

B

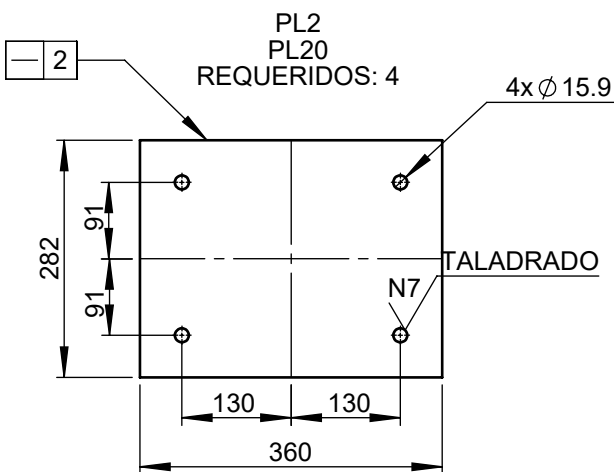
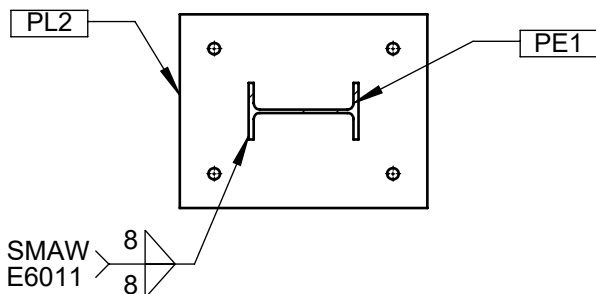


IPE160 - LONGITUD 4500

C



D

SECCIÓN D-D
ESCALA 1:10

E

				Tolerancias ± 2 mm	Peso En Lista	Materiales ACERO ASTM A500 Gr. B	
						Denominación CONSTRUCCIÓN COLUMNA	Escala 1:10
				Fecha	Nombre		
				Dib. 27/11/23	Minda J. - Torres A.		
				Rev. 27/11/23	Ing. Peña F, MSc.		
				Apro 27/11/23	Ing. Peña F, MSc.		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 03 de 09	Sistema
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

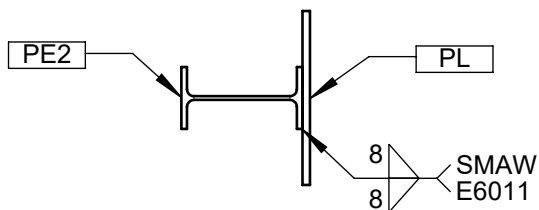
3

4

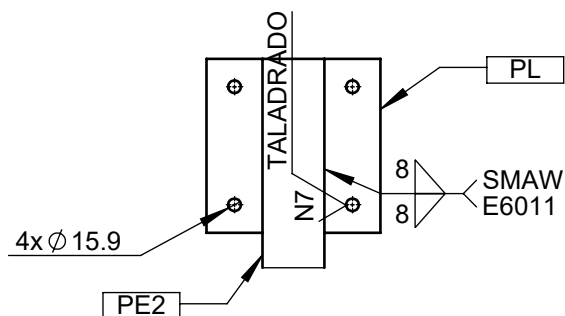
A

VIGA:
ARMADO
REQUERIDOS: 2

SECCIÓN E-E
ESCALA 1 : 10



SECCIÓN F-F
ESCALA 1 : 10

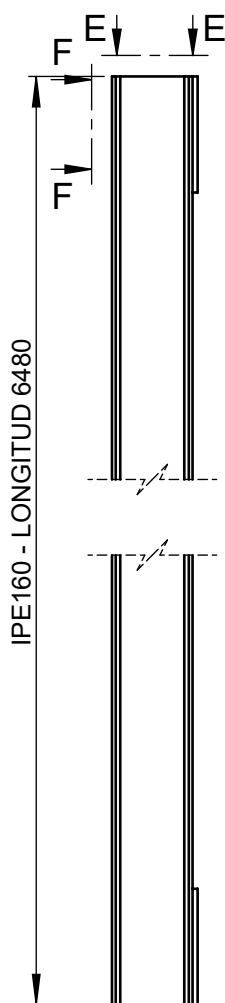


B

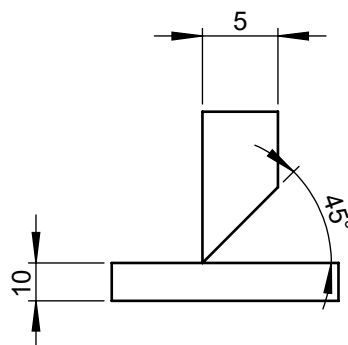
C

D

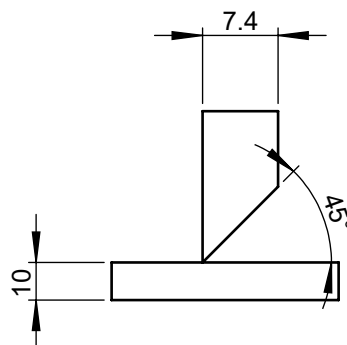
E



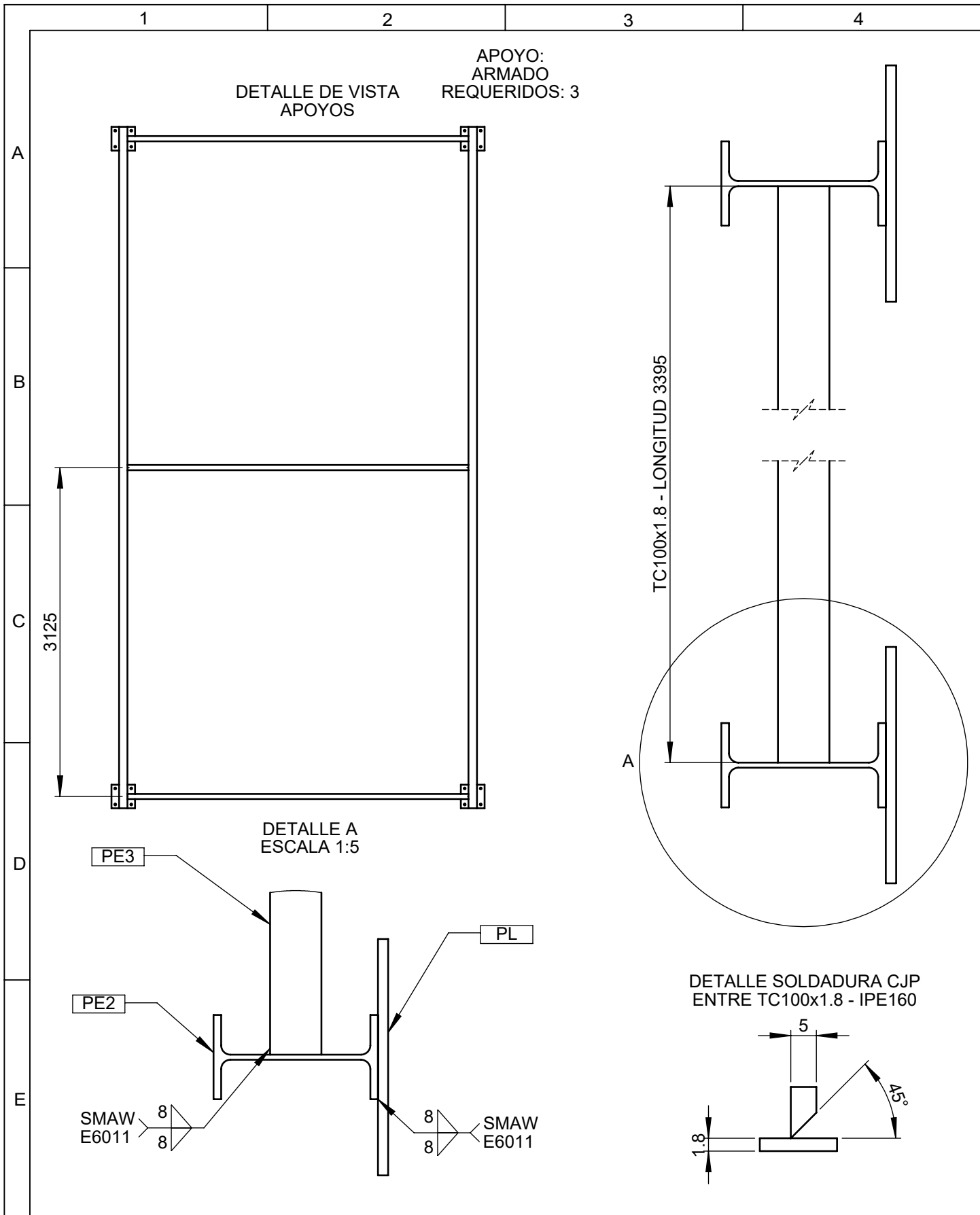
DETALLE SOLDADURA CJP
ENTRE ALMA DE IPE160 Y
PLACA



DETALLE SOLDADURA CJP
ENTRE PATINES DE IPE160
Y PLACA



				Tolerancias ± 2 mm	Peso En Lista	Materiales ASTM A36	
						Denominación CONSTRUCCIÓN VIGA	Escala 1:50
				Fecha	Nombre		
				Dib. 27/11/23	Minda J. - Torres A.		
				Rev. 27/11/23	Ing. Peña F, MSc.		
				Apro 27/11/23	Ing. Peña F, MSc.		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 04 de 09	Sistema
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancias ± 2 mm	Peso En Lista	Materiales ACERO ASTM A500 Gr. B	
						Denominación CONSTRUCCIÓN APOYO	Escala 1:5
				Fecha	Nombre		
				Dib. 27/11/23	Minda J. - Torres A.		
				Rev. 27/11/23	Ing. Peña F, MSc.		
				Apro 27/11/23	Ing. Peña F, MSc.		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 05 de 09	Sistema
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

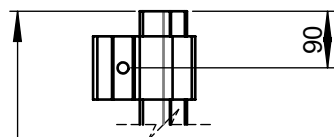
2

3

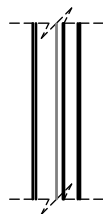
4

VIGA CARRILERA:
ARMADO
REQUERIDOS: 2

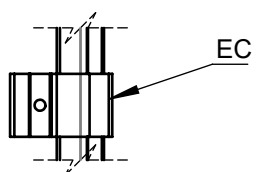
A



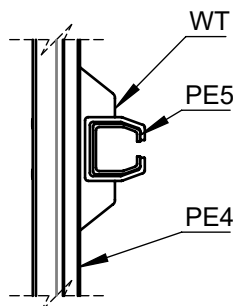
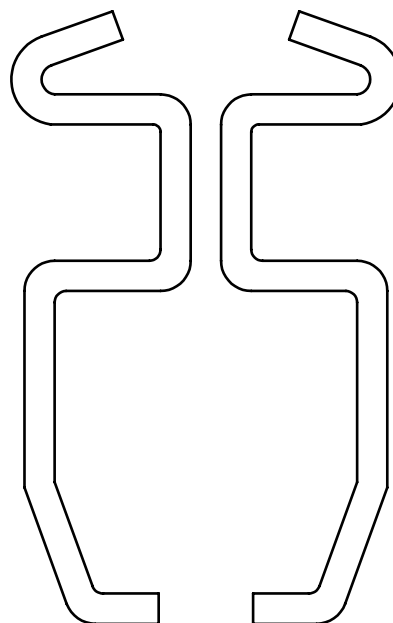
B



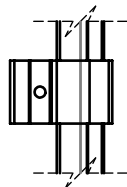
C



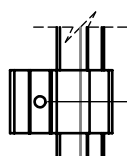
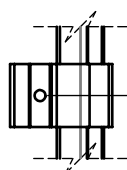
DETALLE E CONECTOR
ESCALA 1:2



D



E



KBK80x75x5 - LONGITUD 6000

Tolerancias

± 2 mm

Peso

En Lista

Materiales

ASTM A36

Fecha

Dib. 27/11/23

Rev. 27/11/23

Apro 27/11/23

Nombre

Minda J. - Torres A.

Ing. Peña F, MSc.

Ing. Peña F, MSc.

Denominación

CONSTRUCCIÓN VIGA CARRILERA

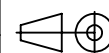
Escala

1:50

Número del Dibujo

06 de 09

Sistema



U.T.A Mecánica

(Sustitución)

Edi-
ciónModifi-
cación

Fecha

Nombre

1

2

3

4

VIGA GRÚA:
ARMADO
REQUERIDO: 1

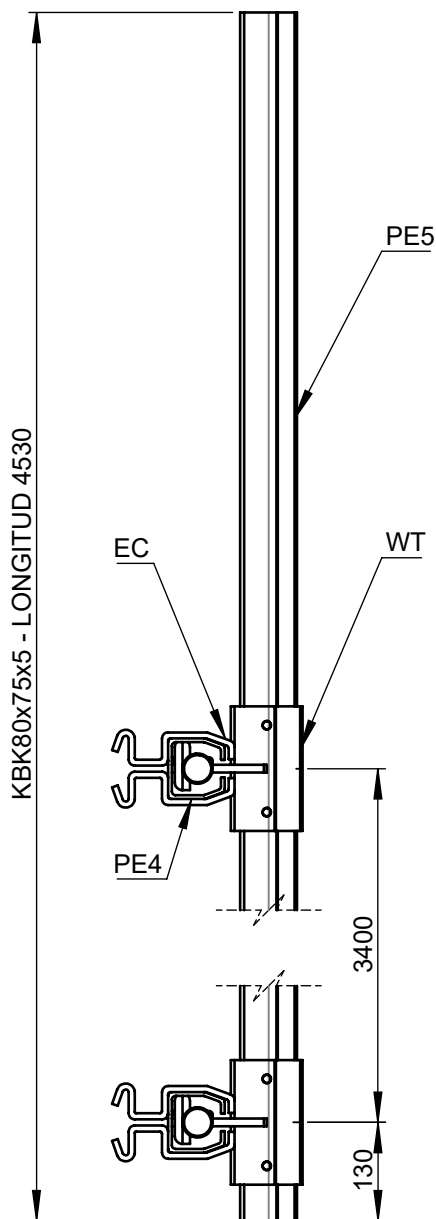
A

B

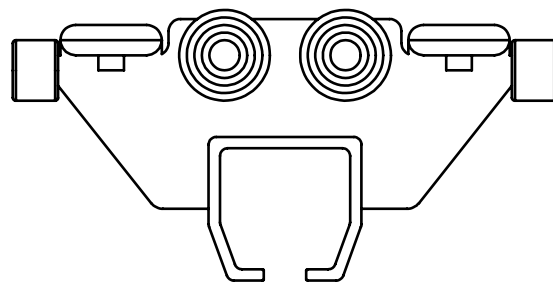
C

D

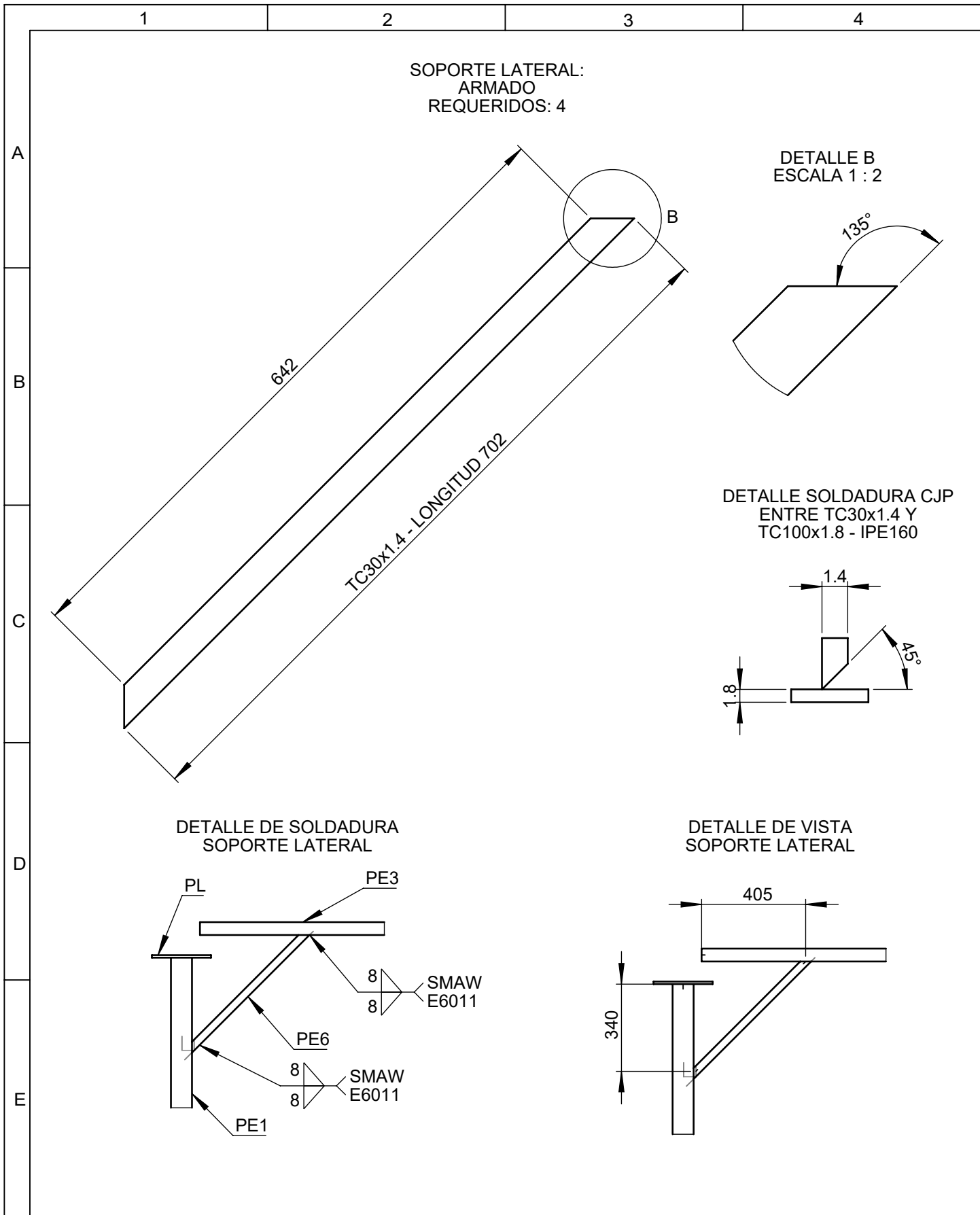
E



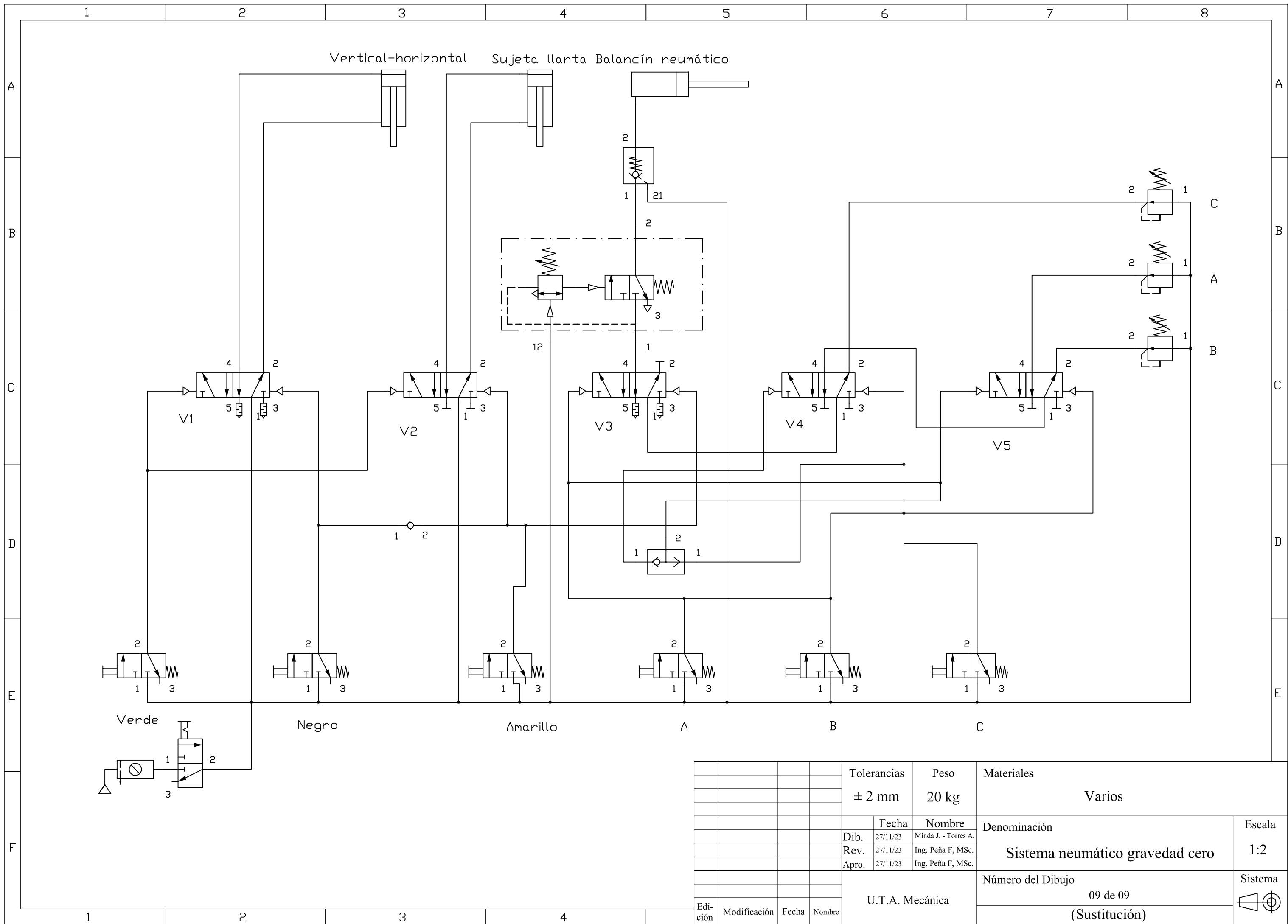
DETALLE WELDER TROLLEY
ESCALA 1:5



				Tolerancias ± 2 mm	Peso En Lista	Materiales ASTM A36	
						Denominación CONSTRUCCIÓN VIGA GRÚA	Escala 1:50
				Fecha	Nombre		
				Dib. 27/11/23	Minda J. - Torres A.		
				Rev. 27/11/23	Ing. Peña F, MSc.		
				Apro 27/11/23	Ing. Peña F, MSc.		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo 07 de 09	Sistema
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancias	Peso	Materiales			
				± 2 mm	En Lista	ACERO ASTM A500 Gr. B			
						Fecha	Nombre	Denominación	Escala
						Dib. 27/11/23	Minda J. - Torres A.	CONSTRUCCIÓN SOPORTE LATERAL	1:20
						Rev. 27/11/23	Ing. Peña F, MSc.		
						Apro 27/11/23	Ing. Peña F, MSc.		
				U.T.A Mecánica		Número del Dibujo			Sistema
						08 de 09			
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			(Sustitución)			



				Tolerancias ± 2 mm	Peso 20 kg	Materiales Varios	
						Denominación	
				Dib.	27/11/23	Minda J. - Torres A.	Sistema neumático gravedad cero
				Rev.	27/11/23	Ing. Peña F, MSc.	
				Apro.	27/11/23	Ing. Peña F, MSc.	
				U.T.A. Mecánica			Número del Dibujo 09 de 09 (Sustitución)
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Escala 1:2
							Sistema