



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA BANDA TRANSPORTADORA
DE PESOS PARA UNA EMPRESA DE ALIMENTOS EMPLEANDO SOFTWARES DE
INGENIERÍA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Industrial

AUTOR: Jean Pierre Cortés Cañola

TUTOR: Ing. Efrén Agustín Toala Morán M.Sc.

Guayaquil – Ecuador

2024

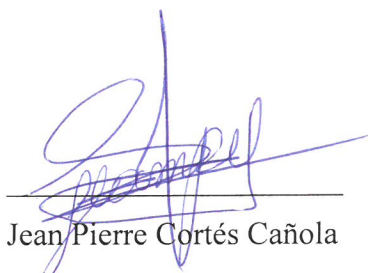
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jean Pierre Cortés Cañola con documento de identificación N° 0850896846 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo de titulación que tiene como tema **“DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA BANDA TRANSPORTADORA DE PESOS PARA UNA EMPRESA DE ALIMENTOS EMPLEANDO SOFTWARES DE INGENIERÍA”**; y autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 15 de marzo del año 2024.

Atentamente,



Jean Pierre Cortés Cañola
0850896846

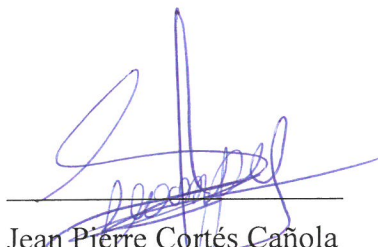
**DE CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Jean Pierre Cortés Cañola con documento de identificación N.º 0850896846, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos de patrimoniales en virtud de que soy el autor del Proyecto técnico: **“DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA BANDA TRANSPORTADORA DE PESOS PARA UNA EMPRESA DE ALIMENTOS EMPLEANDO SOFTWARES DE INGENIERÍA”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de marzo del año 2024.

Atentamente,

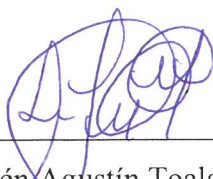

Jean Pierre Cortés Cañola
0850896846

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Efrén Agustín Toala Morán con documento de identidad N° 0920078243, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación **“DISEÑO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA BANDA TRANSPORTADORA DE PESOS PARA UNA EMPRESA DE ALIMENTOS EMPLEANDO SOFTWARES DE INGENIERÍA”** realizado por Jean Pierre Cortés Cañola con documento de identidad N° 0850896846, obtenido como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de marzo del año 2024.

Atentamente,



Ing. Efrén Agustín Toala Morán M.Sc.

0920078243

DEDICATORIA

Principalmente, agradezco a Dios por darme la sabiduría y la inteligencia que me permitieron escalar hasta este nivel. Su presencia constante ha sido mi guía en los momentos de duda y mi fortaleza en los de desafío.

A mi familia entera, por su amor incondicional y apoyo constante, incluso en los momentos más desafiantes. Vuestro ánimo y fe en mí han sido los pilares sobre los que he construido mis sueños. A mis amigos, por ser mi refugio y alegría, recordándome siempre la importancia de mantener el equilibrio entre el trabajo y la vida. Y en un homenaje especial, esta tesis se dedica a aquellos amigos que, lamentablemente, cayeron en manos de la delincuencia, y muy particularmente a mi primo, Alexander C., quien debería estar aquí compartiendo este momento. Tu ausencia se siente profundamente, pero tu espíritu vive en mi corazón, inspirándome cada día a luchar por un mundo más justo y seguro.

A mi tierra natal, Esmeraldas, cuya belleza y resiliencia me han moldeado. Me comprometo a ser un buen profesional y a contribuir para dejar su nombre siempre en alto, llevando su esencia conmigo dondequiera que vaya, como símbolo de orgullo y compromiso.

A mis profesores y mentores, por su invaluable guía, paciencia, y por desafiarme a superar mis límites. Vuestra sabiduría ha sido la luz que guió mi camino a través de esta carrera.

Este logro es tanto vuestro como mío, y un tributo a aquellos que ya no están con nosotros pero que siguen inspirando nuestras vidas. Con este acto, no solo cierro un capítulo importante de mi vida, sino que también reafirmo mi compromiso de honrar a mi familia, amigos, mentores, mi tierra natal, Esmeraldas, y a Dios en cada paso que dé hacia el futuro.

Jean Pierre Cortés Cañola

AGRADECIMIENTOS

En este momento significativo de mi vida, al alcanzar la meta de convertirme en Ingeniero Industrial, me siento profundamente agradecido y consciente de todas las personas y experiencias que han marcado mi camino hacia este logro.

En primer lugar, mi gratitud eterna a mi familia, cuyo amor inquebrantable, sacrificio y apoyo incondicional me han proporcionado la fortaleza necesaria para superar los retos y alcanzar mis objetivos. Vuestro ejemplo de perseverancia y dedicación ha sido mi guía y motivación constante. Agradezco a mis maestros de la carrera, quienes no solo me han impartido conocimientos técnicos y teóricos esenciales para mi desarrollo profesional, sino que también han cultivado en mí el pensamiento crítico, la ética profesional y la importancia del trabajo en equipo. Su paciencia, sabiduría y exigencia han sido fundamentales en mi formación como ingeniero y como persona.

A la comunidad de ingenieros industriales, por recibirme con brazos abiertos en este campo dinámico y retador. Me siento honrado de unirme a una profesión dedicada a optimizar sistemas, mejorar procesos y contribuir al desarrollo sostenible de nuestra sociedad. Estoy comprometido a aplicar mis habilidades y conocimientos para enfrentar los desafíos de nuestra era, promoviendo la innovación, la eficiencia y la excelencia en cada proyecto que emprenda.

Finalmente, agradezco a Dios por darme la oportunidad, la sabiduría y la perseverancia para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Esta conquista es un testimonio de Su gracia y bendiciones en mi vida.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento. Este logro no solo simboliza el fin de una etapa educativa, sino el inicio de una nueva aventura profesional. Prometo llevar adelante los valores y conocimientos adquiridos, con el firme propósito de contribuir positivamente a nuestra sociedad y dejar una huella significativa como ingeniero industrial.

Jean Pierre Cortés Cañola

RESUMEN

El presente trabajo está enfocado en diseñar y llevar a cabo un análisis a la estructura que soporta una banda transportadora mediante simulaciones en SOLIDWORKS. El análisis de deformación muestra que la estructura puede soportar las cargas previstas manteniendo su integridad y funcionalidad dentro de los límites de diseño. En el análisis luego de la simulación se muestran varios colores en la representan distintos grados de deformación, permitiendo identificar las áreas críticas y asegurando que los desplazamientos y deformaciones unitarias están dentro de rangos aceptables.

En el análisis de seguridad, los resultados indican que el factor de seguridad de la estructura es adecuado, con valores entre 1.39 y 2.00. Esto significa que la estructura tiene una capacidad de resistencia al menos un 39% mayor que la carga máxima teórica prevista sin fallar, lo cual es crucial para prevenir fallos estructurales en el corto plazo. La simulación en este trabajo juega un papel clave en el diseño ya que permite anticipar y mitigar potenciales problemas antes de la construcción y operación de la banda transportadora.

Este estudio proporciona una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos, sugiriendo que se aseguren de que todos los desplazamientos y deformaciones estén dentro de los límites recomendados y que se revise el diseño ante cargas atípicas o situaciones de vibraciones o cargas rápidas. La integridad estructural y la seguridad operacional han sido los pilares de este proyecto de diseño.

Palabras claves: BT1 (Banda transportador 1), BT2 (Banda transportador 2) y BT3 (Banda transportador 3)

ABSTRACT

This paper focuses on designing and conducting an analysis of the structure supporting a conveyor belt through simulations in SOLIDWORKS. The deformation analysis shows that the structure can withstand the anticipated loads while maintaining its integrity and functionality within design limits. In the analysis following the simulation, various colors represent different degrees of deformation, allowing for the identification of critical areas and ensuring that displacements and unit deformations are within acceptable ranges.

In the safety analysis, the results indicate that the structure's safety factor is adequate, with values between 1.39 and 2.00. This means that the structure has a resistance capacity at least 39% greater than the maximum theoretical load anticipated without failing, which is crucial for preventing short-term structural failures. The simulation in this work plays a key role in design as it allows for anticipating and mitigating potential problems before the construction and operation of the conveyor belt.

This study provides a solid foundation for future research and developments, suggesting that all displacements and deformations should be kept within recommended limits and that the design should be reviewed in the face of atypical loads or situations of vibrations or rapid loads. Structural integrity and operational safety have been the pillars of this design project.

Keywords: BT1 (Conveyor Belt 1), BT2 (Conveyor Belt 2), and BT3 (Conveyor Belt 3)

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA	ii
DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	iii
DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Descripción del problema.....	4
1.3. Justificación del problema.....	5
1.4. Grupo objetivo (beneficiarios)	6
1.4.1. Ingenieros Mecánicos y de Diseño	6
1.4.2. Ingenieros Industriales	6
1.4.3. Empresas de Alimentos	6
1.4.4. Consultores de Ingeniería y Empresas de Diseño de Equipos.....	7
1.5. Delimitación	7
1.6. Objetivos	8
1.6.1. Objetivo general	8
1.6.2. Objetivos específicos.....	8
CAPÍTULO II	9
2.1. Calado del río Guayas.....	9
2.2. Bandas transportadoras y su aplicación en la industria alimentaria	9
2.2.1. Tipos de bandas transportadoras.....	12

2.3. Análisis estructural en ingeniería.	17
2.3.1. Factores para el análisis estructural.....	17
2.3.2. Análisis de componentes de la industria alimentaria	20
2.3.3. Software de ingeniería utilizados en el diseño y análisis estructural.....	20
2.3.4. La evolución del software en el análisis estructural.....	21
2.4. Modelado 3D y Simulación.....	21
CAPÍTULO III	24
3.1. Tipo de investigación.....	24
3.2. Enfoque de la investigación.....	24
3.3. Método y técnicas de investigación	24
3.4. Materiales y componentes de la banda	25
3.4.1. Carcasa	25
3.4.2. Capa de Goma Adhesiva.....	25
3.4.3. Normativa para bandas	26
3.4.4. Estructura de la banda	26
3.5. Rodillos del sistema transportador	27
3.5.1. Rodillo de impacto.....	27
3.5.2. Rodillos Guía Planos	27
3.5.3. Rodillos de Retorno Planos.....	28
3.6. Poleas del sistema transportador de la banda.....	28
3.6.1. Revestimiento de Goma en la Polea Motriz.....	29
3.6.2. Polea de cola sin revestimiento.	30
3.6.3. Diseño conceptual y dimensionamiento.....	36
3.7. Análisis estructural	42
3.7.1. Análisis Estático	42
3.7.2. Análisis Dinámico.....	44
3.8. Cálculo de la capacidad de la banda.....	47
CAPÍTULO IV	49
RESULTADOS	49
4.1. Análisis estructural de deformación.....	53
4.2. Análisis estructural de factor de seguridad.....	55
CONCLUSIONES	58

RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS	62
ANEXOS.....	64
Anexo 1: Planos generales galpón recepción.....	64
Anexo 2: Layout estructura soporte BT2.....	65
Anexo 3: Layout general BT1.....	66
Anexo 4: Layout generales BT2	67
Anexo 5: Layout generales BT3	68
Anexo 6: Layout generales castillo	69
Anexo 7: Layout de detalles generales de estructura metálica	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Bandas de PVC o PU	13
Figura 2.2 Bandas transportadoras de malla metálica.....	14
Figura 2.3 Bandas Modulares Plásticas Unichains	14
Figura 2.4 Bandas de goma con empujadores.....	15
Figura 2.5 Bandas de silicona	15
Figura 2.6 Bandas de poliéster recubiertas de Teflón (PTFE).	16
Figura 2.7 Bandas antiestáticas.	16
Figura 2.8 Diagrama de Tensión-Deformación de un Material	19
<i>Figura 2.9:</i> Modelado 3d de una línea de ensamblaje	22
<i>Figura 2.10:</i> Simulación de Esfuerzos en una Rueda Mecánica.....	23
Figura 3.1: Cinta reforzada con tela	26
Figura 3.2: Rodillo de impacto.....	27
Figura 3.3: Rodillo guía plano.....	28
Figura 3.4: Rodillo de retorno plano	28
Figura 3.5 Polea con revestimiento superior	30
Figura 3.6: Polea de acero sin revestimiento de goma.....	30
Figura 3.7: Transmisión de polea única en el.....	32
extremo frontal del transportador sin polea tensora	32
Figura 3.9: Reductor de velocidad en una banda	34
Figura 3.10: Acople Mecánico: Vista 3D y Esquemas Dimensionales.....	34
Figura 3.11 BT1.- Transportador para alimentación.....	36
Figura 3.12 BT2.- Transportador pivotante	38
Figura 3.13: Vista Frontal del Transportador BT2 con Escala 1:100	40
Figura 4.1: Análisis estructural de tensión	51
Figura 4.2: Análisis estructural de desplazamiento.....	52
Figura 4.3: Análisis estructural de deformación	54
Figura 4.4: Análisis estructural de deformación	55
Figura 4.5: Estructura general de transportador	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Pesos de tambores de polea (en libras)	31
Tabla 3.2: Potencias y tenciones de las bandas BT1, BT2 y BT3.....	32
Tabla 3.3: Características Técnicas de Motores Trifásicos ABB con Jaula de Ardilla	33
Tabla 3.4: Especificaciones Técnicas y Componentes de la Banda Transportadora BT1 ...	38
Tabla 3.5: Detalle Técnico y Cuantitativo de Componentes de la Banda Transportadora BT2	40
Tabla 3.6: Inventario Técnico y Especificaciones de la Banda Transportadora BT3	42
Tabla 3.7 Parámetros y Fórmula para el Peso Propio de la Banda Transportadora	44
Tabla 3.8 Cálculo del Peso de la Carga Estática	44
Tabla 3.9 Determinación de la Fuerza de Fricción en una Banda Transportadora	44
Tabla 3.10 Fuerza Dinámica para Aceleración y Desaceleración.....	46
Tabla 3.11 Cálculo de la Fuerza Total Dinámica.....	46
Tabla 3.12: Determinación de la Potencia del Motor.....	46
Tabla 3.13: Velocidades Recomendadas para Materiales Según Abrasividad y Ancho de Banda	47
Tabla 3.14 Cálculo de la Capacidad de Transporte de la Banda.....	48
Tabla 4:1 Cronograma de actividades	57

INTRODUCCIÓN

“La creatividad la define Rollo May en su libro *The Courage to Create* como “el proceso de crear algo nuevo”. Muchos ingenieros deciden no involucrarse en tareas creativas y prefieren el campo del análisis, los ensayos, y el refinamiento de productos o procesos. Otros encuentran satisfacciones en administración o en negocios y por tanto se apartan de la creatividad de ingeniería, como se verá en este proyecto.” (Norton, 2008). Entiendo que el autor Rollo May define la creatividad como "el proceso de crear algo nuevo". Sin embargo, es importante considerar que la creatividad puede manifestarse de diferentes formas y no se limita únicamente a la generación de ideas totalmente originales. Es importante argumentar que la creatividad está presente y es fundamental en diversas áreas de la ingeniería.

Si bien es cierto que algunos ingenieros pueden preferir centrarse en el análisis, los ensayos y el refinamiento de productos o procesos, esto no implica necesariamente una ausencia de creatividad. En el campo de la ingeniería, la creatividad se manifiesta de manera diferente, especialmente en la capacidad de encontrar soluciones innovadoras y eficientes para los desafíos técnicos y de diseño.

El diseño, análisis y el refinamiento de productos o procesos requieren un pensamiento creativo para identificar posibles mejoras, optimizar recursos y maximizar la eficiencia. La creatividad se manifiesta en la habilidad de pensar fuera de lo convencional y proponer soluciones ingeniosas que mejoren la calidad y el rendimiento de los productos o procesos existentes.

Además, los ingenieros industriales que se involucran en la administración o los negocios también pueden ejercer su creatividad en el desarrollo de estrategias empresariales, la resolución de problemas organizacionales y la toma de decisiones. La creatividad se necesita para encontrar enfoques innovadores en la gestión de proyectos, la optimización de la cadena de suministro y la implementación de mejoras en los procesos de producción.

Es importante reconocer que la creatividad no se limita a la generación de ideas completamente nuevas, sino que también se manifiesta en la habilidad de adaptarse a las circunstancias y encontrar soluciones efectivas dentro de los límites y restricciones del entorno de ingeniería. Los ingenieros industriales son capaces de combinar su conocimiento técnico con la creatividad para generar resultados exitosos y eficientes.

En conclusión, aunque algunos ingenieros puedan preferir centrarse en el análisis, los ensayos y el refinamiento, esto no significa que la creatividad esté ausente en la ingeniería. La creatividad se manifiesta de diferentes maneras en la resolución de problemas técnicos, el diseño de soluciones innovadoras y la toma de decisiones estratégicas. Como ingenieros, es importante reconocer y valorar la creatividad como una habilidad esencial que impulsa la innovación y el progreso en nuestro campo.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En la actualidad, la automatización desempeña un papel fundamental en las empresas, ya que facilita numerosas tareas durante la jornada laboral, lo que a su vez aumenta la producción y reduce los tiempos muertos. En este contexto, se ha identificado que los movimientos de productos a través del transporte mediante una banda pueden beneficiarse de la automatización, ya que permite disminuir la fatiga del trabajador y obtener un mayor rendimiento en la ejecución de sus tareas. Sin embargo, existen desafíos específicos en ciertos escenarios, como el embarque de carga en las fluctuaciones de las mareas de un río.

El proyecto actual se centra en abordar las necesidades de una empresa dedicada a la exportación de productos. Uno de los principales desafíos que enfrenta esta empresa es el embarque de carga en el río Guayas, cuyas mareas fluctúan debido a cambios climáticos. Estas fluctuaciones pueden ocasionar paradas no programadas durante el embarque de la carga, lo que resulta en tiempos muertos y afecta la eficiencia y productividad de la empresa.

Con el objetivo de mitigar estas paradas no programadas y optimizar el proceso de embarque de la carga, se propone diseñar una estructura metálica que permita realizar estas operaciones de manera más eficiente y sin interrupciones debido a las fluctuaciones de las mareas. Esta estructura proporcionará una solución automatizada para el transporte de productos, que se adapte a los cambios en el nivel del agua y garantice una carga fluida sin pérdidas de tiempo.

Para respaldar la importancia y utilidad de esta estructura metálica, se llevará a cabo un estudio de calado. Este análisis permitirá determinar la longitud necesaria para que la barcaza pueda cargar y descargar el producto sin experimentar tiempos muertos durante las operaciones de embarque y desembarque. Al conocer la longitud óptima, se podrán evitar interrupciones innecesarias y maximizar la eficiencia en el proceso de transporte.

En resumen, este estudio busca aplicar los principios de automatización en el transporte de carga en el río Guayas, a través del diseño de una estructura metálica que se adapte a las fluctuaciones de las mareas. Esto permitirá mitigar las paradas no programadas y optimizar el proceso de embarque de la carga, aumentando la eficiencia y productividad de la empresa dedicada a la exportación de productos. El estudio de calado proporcionará los datos necesarios para dimensionar correctamente la estructura y garantizar un transporte fluido y sin tiempos muertos.

1.2. Descripción del problema

En los procesos industriales que involucran líneas de ensamblaje o traslado de materiales, el uso de bandas transportadoras es fundamental. Estas bandas desempeñan un papel crucial en la automatización de los procesos de las empresas, ya que permiten el transporte eficiente de productos a lo largo de la línea de producción. Sin embargo, el diseño y la implementación de estas bandas transportadoras pueden variar en configuraciones y características, dependiendo del tipo de producto transportado, el nivel de modernización de las instalaciones y los recursos económicos disponibles.

En el caso particular de nuestra empresa de estudio, nos enfrentamos al desafío de transportar sacos de alimento para ganado, pero nos encontramos con un obstáculo: la presencia de un río que interrumpe el flujo hacia el siguiente proceso. Con el objetivo de optimizar los recursos, el tiempo y el dinero, hemos decidido implementar una banda transportadora que resuelva esta problemática.

Para abordar esta situación, es crucial comprender las variables dinámicas que intervienen en el sistema de transporte de la banda existente. Por lo tanto, utilizaremos software especializado en ingeniería que nos permitirá analizar el diseño de la banda transportadora existente, así como todas las variables involucradas en el sistema. Esto nos proporcionará los conocimientos necesarios para resolver las diversas interrogantes relacionadas con los factores que afectan el rendimiento de la banda transportadora.

En resumen, el objetivo principal de este estudio es diseñar y analizar estructuralmente una banda transportadora que supere la dificultad del río y proporcione una solución eficiente y rentable para el transporte de sacos de alimento para ganado en nuestros procesos industriales.

1.3. Justificación del problema

En esta empresa, se enfrenta una dificultad en el proceso de carga en las barcazas debido a la fluctuación de la marea. Conforme esta disminuye, nos resulta imposible acceder al muelle para llevar a cabo el proceso de carga. Por lo tanto, propongo abordar este problema mediante el diseño y análisis estructural de un sistema transportador de banda con una longitud predeterminada.

El objetivo principal de este diseño es eliminar los tiempos perdidos, optimizar espacios y recursos en los procesos de carga y descarga de materia prima y producto terminado. Además, al ubicar y desarrollar el mecanismo de manera específica, se garantizará que pueda soportar la carga necesaria para el transporte, ofreciendo facilidad de implementación.

La propuesta de la banda transportadora reducirá los tiempos de transporte entre cada estación de trabajo, eliminando movimientos innecesarios y aumentando la movilidad en cada una de ellas, independientemente del nivel de la marea. Esto no solo mejorará la eficiencia, sino que también aumentará la producción al evitar retrasos y contratiempos ocasionados por condiciones climáticas adversas.

Además, al implementar este sistema de transporte, se reducirá el maltrato de los productos debido a un manejo deficiente en los rieles, evitando así posibles accidentes durante el transporte. Al mismo tiempo, se logrará una mayor eficiencia y rentabilidad en la producción, eliminando la necesidad de esfuerzos excesivos en la carga y descarga de los productos.

Es importante destacar que nuestro objetivo final es obtener un rendimiento máximo, buscando evitar movimientos innecesarios, minimizar los tiempos de espera y lograr una alta productividad. Al implementar este diseño de banda transportadora, estaremos avanzando

hacia estos objetivos, mejorando la eficiencia en los procesos y optimizando la utilización de los recursos disponibles en nuestra empresa.

Justificación Económica.- La investigación se justifica económicamente debido a que los costos son bajos en comparación a los beneficios que generará la implementación del sistema de bandas transportadoras, estos beneficios serán considerables para la empresa en cuanto al incremento de la productividad, reducción de los costos operativos debido a un sistema de transporte automatizado, incremento de la seguridad de los procesos evitando así incidentes o accidentes que hagan parar la línea de producción todo esto genera una importante economía en las finanzas de la empresa.

Alcance. - Este proyecto presenta un diseño innovador. Para ello, se define el problema y se plantean los pasos y herramientas requeridos para desarrollar el diseño. El diseño técnico del proyecto omitirá un análisis económico. La factibilidad económica se delega a los especialistas para su valoración

1.4. Grupo objetivo (beneficiarios)

1.4.1. Ingenieros Mecánicos y de Diseño

Dado que el proyecto involucra el diseño y análisis estructural de maquinaria, los ingenieros mecánicos y de diseño serían el público primario interesado en los métodos de diseño, selección de materiales, y análisis de resistencia y durabilidad.

1.4.2. Ingenieros Industriales

Estos profesionales podrían estar interesados en la optimización del proceso de producción y la eficiencia operativa que la banda transportadora propone, así como en la integración de este equipo en la línea de producción existente.

1.4.3. Empresas de Alimentos

Los gerentes de producción, ingenieros de planta y personal técnico en empresas de alimentos que busquen mejorar sus procesos de manipulación y transporte de materiales podrían

encontrar valiosa la investigación, especialmente si se enfoca en la eficiencia, seguridad alimentaria y reducción de costos operativos.

1.4.4. Consultores de Ingeniería y Empresas de Diseño de Equipos

Profesionales que asesoran a la industria alimentaria en la mejora de sus operaciones y diseño de nuevos equipos podrían utilizar la investigación para respaldar sus recomendaciones a clientes.

1.5. Delimitación

El diseño de la estructura de la banda transportadora se centra específicamente para el transporte de productos en sacos, considerando unas dimensiones de 50 Kg (0.77m x 0.49m x 0.17m) para los sacos. He decidido limitar mi trabajo al uso de ciertos softwares de ingeniería para el modelado, diseño, y análisis estructural. Concretamente, utilizaré AutoCAD para el diseño y SolidWorks para el modelado en 3D y la realización de simulaciones y análisis estructural.

Esta delimitación tiene varias razones fundamentales. Primero, enfocarme en una banda transportadora para sacos de estas dimensiones me permite adentrarme en las necesidades específicas y desafíos que presenta este tipo de carga. La eficiencia en el transporte, y la seguridad son aspectos cruciales que quiero abordar, dada la relevancia que tienen en la industria.

La elección de AutoCAD y SolidWorks como herramientas clave en mi proyecto no es aleatoria. Estos softwares son ampliamente reconocidos y valorados en el ámbito de la ingeniería por su precisión y capacidad para llevar a cabo análisis detallados y simulaciones realistas. Al delimitar mi proyecto a estas herramientas, establezco un marco técnico riguroso y acorde con los estándares de la industria, lo que no solo facilita la realización de mi proyecto, sino que también asegura su relevancia y aplicabilidad.

Centrarme en el diseño y análisis estructural mediante estos programas me permite explorar en profundidad los aspectos técnicos del proyecto, como la selección de materiales y la

resistencia estructural de la banda transportadora. Mi objetivo es optimizar el diseño para garantizar la máxima eficiencia y seguridad en el manejo de los sacos, contribuyendo así al campo de la ingeniería con soluciones prácticas e innovadoras.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Diseñar, simular y analizar estructuralmente la estructura que sostiene una banda transportadora de sacos de alimento, empleando softwares de ingeniería, para la optimización de una empresa dedicada a la producción de alimentos para ganado y acuicultura.

1.6.2. Objetivos específicos

- Analizar la distribución de cargas en el sistema de transmisión del Transportador de banda, verificando sus condiciones de uso, dimensionamiento.
- Realizar la simulación mediante un software que facilite la comprensión de las distintas funciones que realizará el Transportador de banda, dando facilidad del entendimiento de los factores que intervienen en el mismo.
- Determinar por el diseño factores de seguridad y trabajo para garantizar un óptimo funcionamiento del sistema.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Calado del río Guayas

El calado del río Guayas en Ecuador varía según la zona y la marea. En general, el río es navegable desde su desembocadura en el Golfo de Guayaquil hasta los ríos en su cuenca, aunque la profundidad disminuye a medida que se va al interior del continente. Para mejorar la navegabilidad y aumentar la profundidad del río, se han llevado a cabo trabajos de dragado. En particular, a través del dragado del Canal Marítimo, la profundidad del río aumentó de 9.6 metros a 12.5 metros en un tramo de 91.35 kilómetros, mejorando así las condiciones para la navegación y fortaleciendo las exportaciones por el puerto principal de Ecuador. (Carbo, 2016)

En diferentes secciones del río, los buques de poco calado pueden navegar en marea baja, mientras que los buques de mayor calado lo hacen en marea alta y por la ruta de navegación establecida (EcuRed, 2023) . En la zona de El Palmar, por ejemplo, el río alcanza una profundidad de 2 metros en marea baja y 5.5 metros en marea alta, aunque actualmente, en marea alta la profundidad es de 2.5 metros (EL COMERCIO, 2016)

Además, la Resolución 138 establece las normas para una navegación segura en el canal del Río Guayas, considerando un calado máximo de seguridad. Esta resolución regula el tránsito de las embarcaciones que ingresen por la boya de mar de Data de Posorja, lo que sugiere un marco normativo para garantizar una navegación segura según las condiciones de calado del río (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS, 2013)

2.2. Bandas transportadoras y su aplicación en la industria alimentaria

Las bandas transportadoras desempeñan un papel fundamental en la eficiencia y la optimización de los procesos dentro de la industria alimentaria. Estas cintas son un componente clave para enfrentar y superar los desafíos inherentes en los sistemas de descarga y carga de esta industria tan crítica.

En primer lugar, las bandas transportadoras ofrecen una solución altamente adaptable y flexible para el movimiento constante de productos y materias primas a lo largo de diferentes etapas del proceso de producción. La naturaleza continua de su movimiento elimina la necesidad de intervención manual constante, reduciendo así los tiempos de inactividad y aumentando la productividad en la cadena de suministro. Esta automatización contribuye a minimizar los riesgos asociados con la manipulación manual, garantizando la calidad y seguridad de los productos alimenticios transportados.

Además, la variabilidad en el tamaño y la anchura de las bandas transportadoras permite su personalización para satisfacer las necesidades específicas de cada operación. Esta versatilidad es esencial para la adaptación de la maquinaria a los diferentes tipos de productos alimentarios, desde los más pequeños hasta los más grandes. Esto resulta en una mejora en la eficiencia del transporte y la capacidad de la planta para acomodar diferentes flujos de producción.

En cuanto a los materiales de construcción, las bandas transportadoras fabricadas con materiales resistentes y duraderos como goma, nylon y poliéster ofrecen un rendimiento fiable y una vida útil prolongada. Estos materiales son capaces de resistir condiciones adversas como temperaturas extremas, humedad y la exposición a sustancias químicas presentes en la industria alimentaria. Es esencial garantizar la durabilidad y la resistencia de los componentes utilizados en el proceso de fabricación para mantener la integridad del sistema y evitar tiempos de inactividad no planificados.

Es importante destacar que las bandas transportadoras en la industria alimentaria son mucho más que simples cintas móviles; son una solución técnica y estratégica que contribuye directamente a enfrentar y superar los desafíos en los sistemas de descarga y carga, comprendo la importancia de estas herramientas en la mejora de la eficiencia operativa, la reducción de riesgos y la garantía de la calidad en la producción de alimentos, lo que finalmente conduce al éxito sostenible de la industria.

El manejo adecuado de las materias primas, ingredientes y productos terminados es esencial para la eficiencia en la industria alimentaria. Con el avance tecnológico, ha surgido una tendencia hacia la minimización de la manipulación manual, priorizando la mecanización, procesos continuos y la automatización. En el contexto de manipulación mecánica, se pueden destacar métodos como el transporte interno autopropulsado, que puede incluir o no sistemas de embandejado; el uso de contenedores a granel de gran capacidad, que pueden albergar varios miles de kilogramos de sustancias en polvo; cintas transportadoras diseñadas para movilizar productos como remolacha, grano o fruta; montacargas especializados para materiales como grano y pescado; transportadores de tornillo sin fin adecuados para productos como dulces y harina; y sistemas de descarga en altura, útiles para granos, azúcares y frutos secos, así como para el transporte de harinas. (Berkowitz, 2012)

En la industria alimentaria, la manipulación de materias primas, ingredientes y productos terminados es una parte esencial de los procesos de producción. Es fundamental reconocer que la eficiencia y la calidad de estos procesos dependen en gran medida de la forma en que se lleva a cabo esta manipulación. En respuesta a esta necesidad, se ha producido una evolución significativa en la forma en que se manejan estos materiales, con un enfoque claro en reducir al mínimo la manipulación manual a través de la implementación de soluciones mecanizadas y automatizadas.

La mecanización y el uso de procesos continuos han revolucionado la industria alimentaria al permitir la transferencia fluida y constante de materias primas y productos a lo largo de las distintas etapas de producción. Las cintas transportadoras se han convertido en una herramienta invaluable en esta búsqueda de eficiencia, permitiendo el transporte eficaz de una variedad de materiales, desde remolacha y grano hasta frutas. La capacidad de ajustar fácilmente la velocidad, dirección y flujo en las cintas transportadoras contribuye a un movimiento preciso y controlado de los materiales, minimizando los riesgos asociados con la manipulación manual y reduciendo la posibilidad de daños o contaminación.

La implementación de montacargas de cubetas en el manejo de materiales, como granos y pescados, demuestra el compromiso de la industria con la optimización y la seguridad. Estos

dispositivos permiten el transporte vertical y horizontal de manera eficiente, evitando la manipulación manual que podría resultar en daño o deterioro de los productos. Los transportadores de tornillo sin fin también desempeñan un papel esencial, permitiendo la transferencia suave de materiales en polvo o granulares, como harina o dulces, con un alto grado de precisión.

La tecnología de canal de descarga en alto ha demostrado ser particularmente beneficiosa para la descarga y el transporte de materiales a granel como grano, azúcar y frutos secos. Esta solución ofrece una forma eficiente de mover grandes cantidades de material desde puntos elevados hasta áreas de procesamiento, minimizando el riesgo de daño o contaminación durante la transferencia.

En última instancia, reconozco que la manipulación mecánica en la industria alimentaria no solo optimiza la eficiencia operativa, sino que también mejora la calidad del producto final al reducir la exposición a factores humanos y posibles errores. La tendencia hacia la automatización y la mecanización refleja un enfoque en la innovación continua para garantizar que los procesos sean más seguros, más eficientes y efectivos en la producción de alimentos de alta calidad para el consumo humano.

2.2.1. Tipos de bandas transportadoras

En la industria alimentaria, se utilizan varios tipos de bandas transportadoras para manipular y procesar alimentos de manera eficiente y segura. Aquí hay algunos tipos comunes de bandas transportadoras utilizadas en este sector:

2.2.1.1. Bandas de PVC o PU

Las bandas PU-PVC son cintas transportadoras fabricadas con una combinación de poliuretano (PU) y cloruro de polivinilo (PVC). Estas cintas son muy resistentes al desgaste y a la abrasión, y ofrecen una gran flexibilidad y durabilidad. (VULCA – CAS, 2024). Se utilizan en industrias como la alimentaria, farmacéutica, logística y en aplicaciones generales donde se requiera resistencia a la abrasión y facilidad de limpieza.

Figura 2.1 Bandas de PVC o PU



Fuente: (VULCA – CAS, 2024)

2.2.1.2. Bandas de malla de alambre

En un sistema de transporte de alimentos o sanitario, la selección de los materiales para las bandas transportadoras de malla metálica se fundamenta en varios aspectos clave desde la perspectiva de un ingeniero industrial. Esto incluye consideraciones sobre la resistencia global de la banda, los requisitos de higiene que podrían demandar el uso de mallas de aluminio, acero inoxidable o acero al carbono, así como la flexibilidad necesaria para adaptarse a diversas condiciones de operación. Las bandas de malla metálica son empleadas en entornos donde se enfrentan a temperaturas extremas, como en el transporte de alimentos horneados, productos de panadería y refrigerios, así como en el transporte de alimentos congelados, donde se encuentran expuestas a bajas temperaturas.

Figura 2.2 Bandas transportadoras de malla metálica



Fuente: (Venmir, 2023)

2.2.1.3. Bandas modulares de plástico

Estas bandas están construidas con módulos de plástico que están interconectados entre sí. Su versatilidad les permite ser adaptadas para una amplia gama de aplicaciones en la industria alimentaria, incluyendo transporte en curvas o elevación de productos. Son ampliamente utilizadas en la industria alimentaria, particularmente en la fabricación y procesamiento de productos como panadería, carnes, frutas y verduras, gracias a su facilidad de limpieza y resistencia a la corrosión.

Figura 2.3 Bandas Modulares Plásticas Unichains



Fuente: (Molinero, 2020)

2.2.1.4. Bandas de goma con empujadores

Estas bandas están equipadas con empujadores integrados que facilitan el desplazamiento de los productos a lo largo de la banda. Se encuentran frecuentemente en sistemas de transporte con inclinación o en situaciones donde se requiere separar los productos. Su utilización es común en aplicaciones que demandan un agarre adicional para el transporte de objetos inclinados o productos propensos a resbalar. Son ampliamente empleadas en la industria agrícola, en operaciones de manejo de paquetes y en el transporte de materiales a granel.

Figura 2.4 Bandas de goma con empujadores



Fuente: (Dorner, 2023)

2.2.1.5. Bandas de silicona

Estas bandas están fabricadas con silicona, un material que es no poroso y capaz de soportar altas temperaturas. Se emplean en situaciones donde se necesite resistencia a temperaturas extremas o donde los productos alimenticios sean sometidos a calor durante su procesamiento. Se utilizan en una variedad de industrias, incluyendo la electrónica, automotriz y médica, gracias a su resistencia a altas temperaturas, su capacidad antiadherente y su idoneidad para trabajar en entornos estériles.

Figura 2.5 Bandas de silicona



Fuente: (habasi, 2024)

2.2.1.6. Bandas de poliéster recubiertas de Teflón (PTFE).

Estas bandas están revestidas con Teflón, lo que les confiere una superficie antiadherente. Esta característica las hace especialmente adecuadas para el transporte de alimentos que tienden a ser pegajosos o grasosos, ya que impide que se adhieran a la banda. Son empleadas en aplicaciones que demandan una alta resistencia tanto a temperaturas elevadas como al contacto con sustancias químicas corrosivas. Se encuentran frecuentemente en la industria química, del papel, textil y en procesos de cocción a nivel industrial.

Figura 2.6 Bandas de poliéster recubiertas de Teflón (PTFE).



Fuente: (Tempo International, 2024)

2.2.1.7. Bandas antiestáticas.

Estas cintas han sido concebidas con el propósito de mitigar la acumulación de electricidad estática, un fenómeno potencialmente perjudicial en ambientes donde se manipulan alimentos inflamables o susceptibles a la estática. Se utilizan en sectores donde es crucial evitar la acumulación de carga estática, como en la industria electrónica, automotriz y en la manipulación de materiales inflamables o explosivos.

Figura 2.7 Bandas antiestáticas.



Fuente: (PHYSI INDUSTRIAL, 2024)

2.3. Análisis estructural en ingeniería.

El análisis estructural es un proceso esencial que garantiza la seguridad, funcionalidad y eficiencia de las estructuras diseñadas en diversos proyectos de ingeniería. Tal como lo define Kassimali, Galán y Mellado (imali, 2015), “el análisis estructural es una parte integral de cualquier proyecto de ingeniería estructural”. En el ámbito de la ingeniería industrial, es crucial entender la distribución de cargas, tensiones y desplazamientos que ocurren en las estructuras para asegurar que funcionen correctamente y tengan una vida útil prolongada, especialmente cuando se trata de equipos que transportan o manejan materiales.

Para la industria alimentaria, las bandas transportadoras desempeñan un papel vital en el movimiento de productos a lo largo de las líneas de producción. Al diseñar una banda transportadora de pesos, es imprescindible considerar las cargas que esta deberá soportar, los momentos generados por los pesos y las posibles vibraciones o desplazamientos que podrían afectar su funcionamiento.

El empleo de softwares especializados en ingeniería permite llevar a cabo análisis estructurales de forma detallada y precisa, permitiendo a los ingenieros industriales validar y optimizar sus diseños. Estas herramientas tecnológicas permiten simular condiciones de operación, identificar puntos débiles en el diseño y garantizar que la estructura de la banda transportadora pueda soportar las demandas operativas de una empresa de alimentos, asegurando así su eficiencia y durabilidad.

El análisis estructural en ingeniería es mucho más que simplemente evaluar cómo se distribuyen las cargas y las tensiones en una estructura; es el arte y la ciencia de predecir el comportamiento de estructuras bajo cargas externas. De hecho, como menciona Hibbeler en su reconocido libro “Análisis Estructural” (Hibbeler, 2017), “Es imperativo que los ingenieros comprendan cómo se comportan las estructuras, ya que estas son responsables de soportar cargas y, por lo tanto, de garantizar la seguridad de quienes las utilizan”.

2.3.1. Factores para el análisis estructural

Cada estructura, ya sea un rascacielos, un puente o una banda transportadora en una línea de producción, tiene componentes clave que deben ser analizados. Los componentes clave en el

análisis estructural que se ha llevado a cabo en las simulaciones de SOLIDWORKS son los siguientes.

2.3.1.1. Material y Propiedades Mecánicas

La calidad del material, incluyendo el límite elástico, el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción, es fundamental para predecir el comportamiento de la estructura bajo carga.

2.3.1.2. Carga y Condiciones de Carga

Las cargas aplicadas, ya sean estáticas o dinámicas, y su distribución a lo largo de la estructura determinan las respuestas de tensión y deformación. Esto incluye la gravedad, cargas vivas, cargas de viento, sismos, etc.

2.3.1.3. Geometría de la Estructura

La forma, tamaño y disposición de los elementos estructurales (barras en este caso) influyen en cómo se transmite y distribuye la carga a través de la estructura.

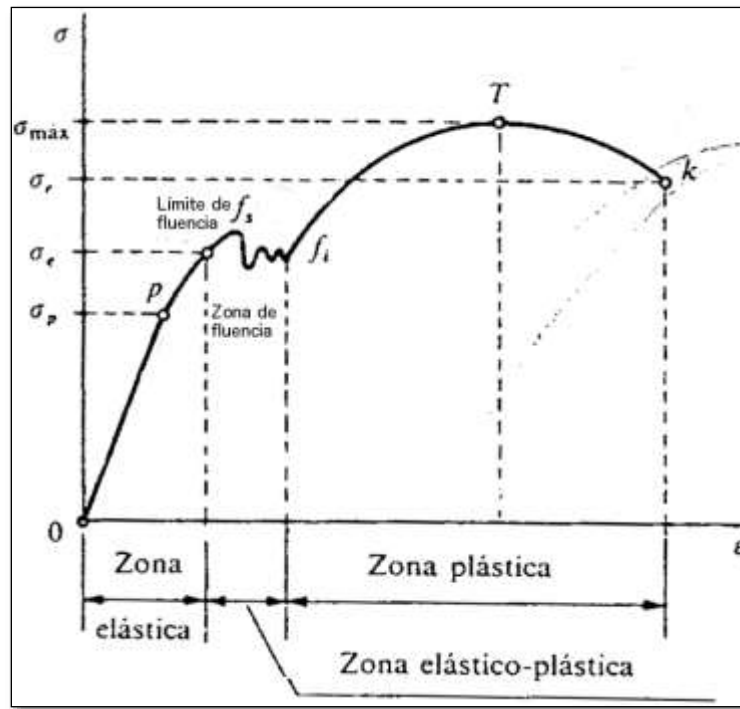
2.3.1.4. Condiciones de Contorno y Soporte

Las restricciones y apoyos definen cómo se puede mover la estructura y son críticos para el análisis de desplazamientos y las reacciones en los soportes.

2.3.1.5. Tensiones y Deformaciones

El análisis de tensiones según el criterio de Von Mises es clave para entender dónde pueden ocurrir fallos o plastificaciones. Las deformaciones unitarias proporcionan información sobre cómo se estira o comprime el material bajo carga.

Figura 2.8 Diagrama de Tensión-Deformación de un Material



Fuente: Tomado del proyecto curricular de tecnología e ingeniería mecánica (ÁLVAREZ CASTILLO & RODRIGUEZ ARIZA , 2018)

La deformación elástica obedece a la Ley de Hooke. La constante de proporcionalidad E llamada módulo de elasticidad o de Young, representa la pendiente del segmento lineal de la gráfica Esfuerzo – Deformación, y puede ser interpretado como la rigidez, o sea, la resistencia del material a la deformación elástica. En la deformación plástica la Ley de Hooke deja de tener validez.

Numerosos metales, incluyendo los aceros con bajo contenido de carbono, no exhiben una transición progresiva entre las regiones de comportamiento elástico y plástico. Al excederse el límite elástico, surge una zona de fluencia o cedencia, donde la muestra se deforma plásticamente a pesar de experimentar una tensión fluctuante. Esta fluencia se origina debido a las impurezas de nitrógeno presentes en el material.

2.3.1.6. Desplazamiento

Los desplazamientos totales en la estructura, y en particular los desplazamientos máximos, son importantes para evaluar la rigidez y la respuesta global de la estructura.

2.3.1.7. Factor de Seguridad (FS)

Este es un indicador crítico de la capacidad de la estructura para soportar las cargas aplicadas. Un FS adecuado es esencial para asegurar que la estructura no fallará bajo condiciones imprevistas o bajo una carga mayor de la esperada.

2.3.1.8. Software de Simulación y Modelado

La precisión de la malla, la calidad del modelo y la capacidad del software de simulación afectan significativamente la confiabilidad de los resultados.

Estos componentes se interrelacionan y cada uno contribuye a la capacidad de la estructura para desempeñar su función prevista de manera segura y eficaz. En un análisis estructural, es crucial que cada uno de estos aspectos se modele y se evalúe cuidadosamente para garantizar una comprensión integral del comportamiento estructural.

2.3.2. Análisis de componentes de la industria alimentaria

Dentro de la industria alimentaria, como se mencionó anteriormente, las bandas transportadoras son esenciales. Pero, además, consideremos estructuras como silos, tanques y tolvas. Estas estructuras almacenan grandes cantidades de alimentos y requieren un diseño meticuloso. Un fallo en un silo, por ejemplo, no solo resulta en pérdidas económicas, sino que también puede tener consecuencias catastróficas en términos de seguridad (Owen, 2019).

2.3.3. Software de ingeniería utilizados en el diseño y análisis estructural

En la actualidad, existe una amplia gama de software de ingeniería diseñado específicamente para el diseño y análisis estructural de sistemas de transporte, como bandas transportadoras. Entre los programas más destacados se encuentran SOLIDWORKS, AUTOCAD, ANSYS, MATLAB, INVENTOR y MSC Adams, por mencionar algunos. La elección del software

adecuado depende de factores como la complejidad del diseño, los recursos disponibles y los objetivos específicos del proyecto.

En el caso del diseño y análisis estructural de una banda transportadora para una empresa de alimentos, es esencial seleccionar un software que permita modelar con precisión tanto la geometría de la banda como los componentes mecánicos, y que además ofrezca herramientas de simulación para evaluar el rendimiento y la resistencia de la estructura.

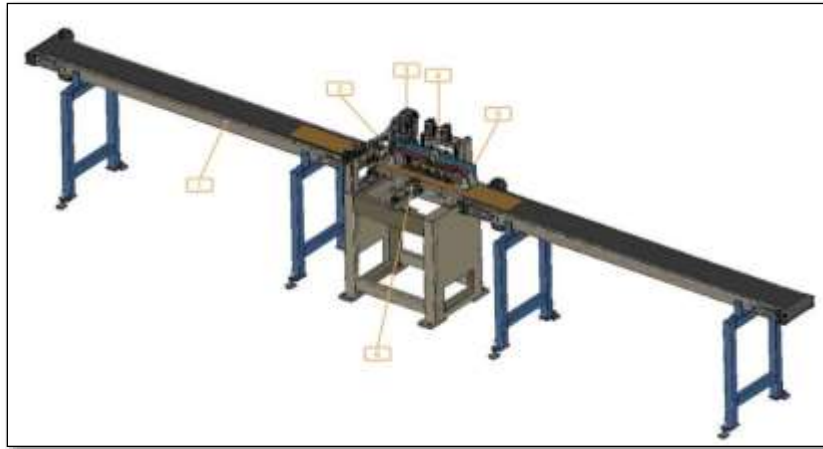
2.3.4. La evolución del software en el análisis estructural.

La tecnología ha permitido que el análisis estructural avance a pasos agigantados. Softwares como SOLIDWORKS, INVENTOR, ANSYS, SAP2000 o ETABS, no solo permiten simular condiciones de operación, sino que también pueden simular escenarios de fallo, condiciones de fatiga y mucho más (Cook, 2018). Estos programas utilizan técnicas avanzadas, como el método de los elementos finitos, para dar soluciones precisas y detalladas a problemas complejos.

2.4. Modelado 3D y Simulación.

El modelado 3D y la simulación son pilares fundamentales en el diseño y análisis estructural de bandas transportadoras para empresas de alimentos. Estos componentes de software de ingeniería brindan una visión completa y detallada de la banda transportadora y todos sus elementos constituyentes. Esta capacidad de crear modelos 3D detallados desempeña un papel esencial en varios aspectos clave del proceso de diseño.

Figura 2.9: Modelado 3d de una línea de ensamblaje



Nota: Modelo 3D de una cinta transportadora industrial con una estación de trabajo central, utilizada para la automatización de procesos en líneas de ensamblaje o producción.

(Martínez Pelaéz, 2022)

En primer lugar, el modelado 3D permite a los ingenieros representar de manera precisa la geometría de la banda transportadora, sus rodillos, cintas, sistemas de accionamiento y todos los componentes relevantes. Estos modelos no solo son visuales, sino que también contienen información sobre las dimensiones exactas, materiales y propiedades físicas de cada componente. Esta representación detallada sirve como una plataforma sólida para el diseño, ya que proporciona una comprensión completa de cómo funcionará el sistema en la práctica.

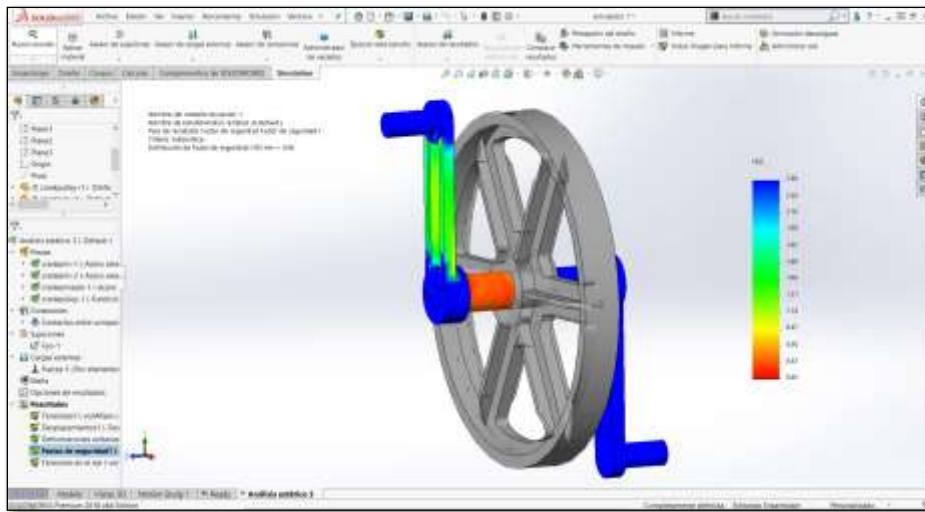
Además de la representación visual, el modelado 3D es esencial para la identificación temprana de posibles problemas de diseño. Los ingenieros pueden realizar simulaciones virtuales que imitan el funcionamiento de la banda transportadora en condiciones de operación reales. Esto incluye la evaluación de factores como la tensión en la cinta, la carga máxima que puede transportar y las fuerzas que actúan sobre los soportes y estructuras de soporte. Al observar cómo se comporta el sistema en el entorno virtual, es posible detectar y abordar problemas potenciales antes de que se conviertan en costosas complicaciones en la implementación real.

Un estudio realizado por Chen et al. (Chen, 2018) demostró cómo el modelado 3D y la simulación en SolidWorks fueron esenciales para identificar una vibración excesiva en una banda transportadora de una planta de alimentos. Mediante la simulación, pudieron ajustar la geometría de la banda y la disposición de los rodillos, lo que resultó en una reducción significativa de la vibración y una mejora en la eficiencia del transporte.

Este enfoque preventivo no solo ahorra tiempo y recursos, sino que también garantiza la seguridad en el funcionamiento de las bandas transportadoras, lo que es crítico en la industria de alimentos, donde la higiene y la integridad del producto son de máxima importancia.

El modelado 3D y la simulación son herramientas esenciales en el diseño de bandas transportadoras. Facilitan la representación precisa de la estructura y permiten la detección temprana de problemas de diseño, lo que contribuye a una implementación exitosa y eficiente en la industria alimentaria y otras aplicaciones industriales.

Figura 2.10: Simulación de Esfuerzos en una Rueda Mecánica



Nota: Simulación enfocada a un análisis estático lineales utilizando SOLIDWORKS Simulation (Jiménez, ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL CON SOLIDWORKS, 2018)

CAPÍTULO III

MARCO METOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

En el contexto de esta tesis sobre el diseño y análisis estructural de una banda transportadora de pesos para una empresa de alimentos, se realizará una investigación aplicada. Este tipo de investigación se centra en la resolución de problemas prácticos existentes en el mundo real, aplicando los conocimientos y principios teóricos de la ingeniería industrial en el diseño y optimización de sistemas y procesos. La investigación aplicada es fundamental en el campo de la ingeniería, ya que permite desarrollar soluciones concretas y aplicables a situaciones específicas, como es el caso de diseñar una banda transportadora de pesos para una empresa de alimentos.

3.2. Enfoque de la investigación

El enfoque de esta investigación será principalmente cuantitativo, ya que se basará en el análisis numérico y el uso de datos cuantitativos para diseñar y evaluar la eficacia y eficiencia de la banda transportadora de pesos. Este enfoque es fundamental en ingeniería, ya que proporciona una base sólida para la toma de decisiones mediante el análisis de datos numéricos y la aplicación de métodos y técnicas matemáticas y estadísticas. Además, se empleará un enfoque cualitativo complementario para comprender mejor las necesidades y requisitos específicos de la empresa de alimentos, así como para evaluar la viabilidad y aceptabilidad de las soluciones propuestas desde una perspectiva más holística.

3.3. Método y técnicas de investigación

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizará un enfoque mixto que combine tanto métodos de investigación cualitativos como cuantitativos. En primer lugar, se realizará un estudio para comprender sus operaciones, necesidades y requisitos específicos en cuanto al transporte de productos. Este estudio cualitativo proporcionará información valiosa para el diseño inicial de la banda transportadora y ayudará a identificar los parámetros clave a considerar.

Posteriormente, se emplearán métodos cuantitativos para el diseño y análisis estructural de la banda transportadora, utilizando softwares de ingeniería especializados. Se realizarán simulaciones numéricas y análisis de elementos finitos para evaluar la resistencia, la durabilidad y el rendimiento de la banda transportadora bajo diferentes condiciones de carga y operativas. Estos métodos cuantitativos permitirán optimizar el diseño de la banda transportadora para garantizar su eficacia y eficiencia en el transporte de pesos para la empresa de alimentos.

Mediante un enfoque mixto que combina métodos cualitativos y cuantitativos, esta investigación se propone diseñar y analizar estructuralmente la estructura de una banda transportadora de pesos para una empresa de alimentos, empleando softwares de ingeniería y teniendo en cuenta las necesidades específicas del cliente y los estándares de calidad y seguridad requeridos en la industria alimentaria.

3.4. Materiales y componentes de la banda

3.4.1. Carcasa

La carcasa de estas cintas se compone de una tela sintética conocida como EP. Esta tela incorpora refuerzos longitudinales o hilos urdidos hechos de poliéster CARÁCTER e hilos tramados cruzados de poliamida (P) o Nylon. Este diseño ofrece múltiples ventajas, como una resistencia superior a la rotura con relación a su peso, una notable flexibilidad, y una excelente adaptación a la inclinación de los rodillos. Además, destaca por su baja elongación, resistencia al impacto y a agentes químicos. Las carcasas están disponibles en configuraciones de 2, 3, o incluso 4 telas, unidas mediante una capa de goma.

3.4.2. Capa de Goma Adhesiva

Esta capa tiene funciones específicas, incluyendo:

- Asegurar una adhesión eficaz entre los refuerzos y las cubiertas exteriores.
- Transmitir y distribuir de manera uniforme la tensión a través de las capas de refuerzo.
- Absorber y dispersar la tensión provocada por impactos y tracción.

3.4.3. Normativa para bandas

Las cintas reforzadas con tela se fabrican utilizando tecnología avanzada para garantizar una óptima relación entre rendimiento y coste. Estos productos cumplen con un estricto sistema de control de calidad y se adhieren a normativas internacionales como DIN 22102, FDA, OSHA, entre otras, en función de los requisitos específicos.

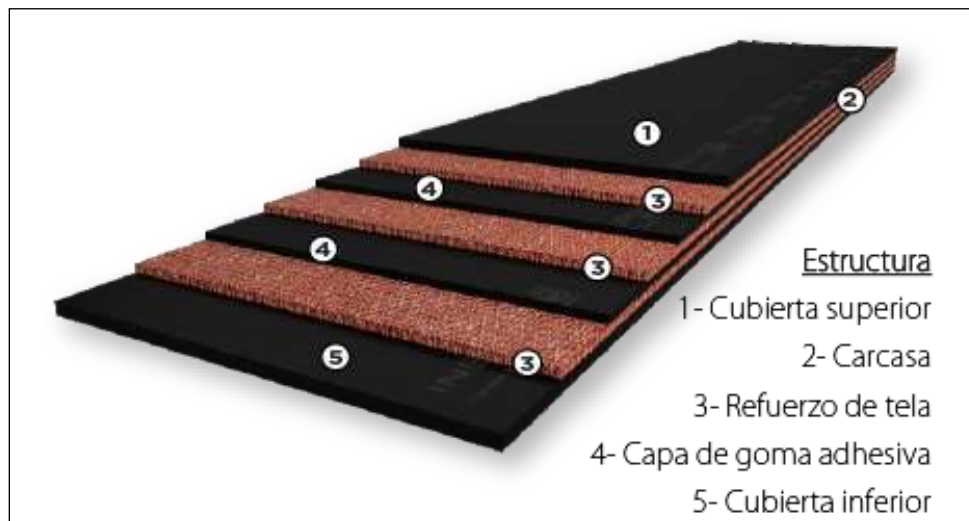
3.4.4. Estructura de la banda

La cinta consta de varias capas claramente definidas:

- 2 Cubierta Superior
- 3 Carcasa
- 4 Refuerzo de Tela
- 5 Capa de Goma Adhesiva
- 6 Cubierta Inferior

La ilustración adjunta proporciona una visión detallada de la estructura en corte de la cinta, destacando los elementos técnicos principales.

Figura 3.1: Cinta reforzada con tela



Nota: Cinta reforzada con tela y sus principales características.

Tomada de (InsumasAgro , 2024)

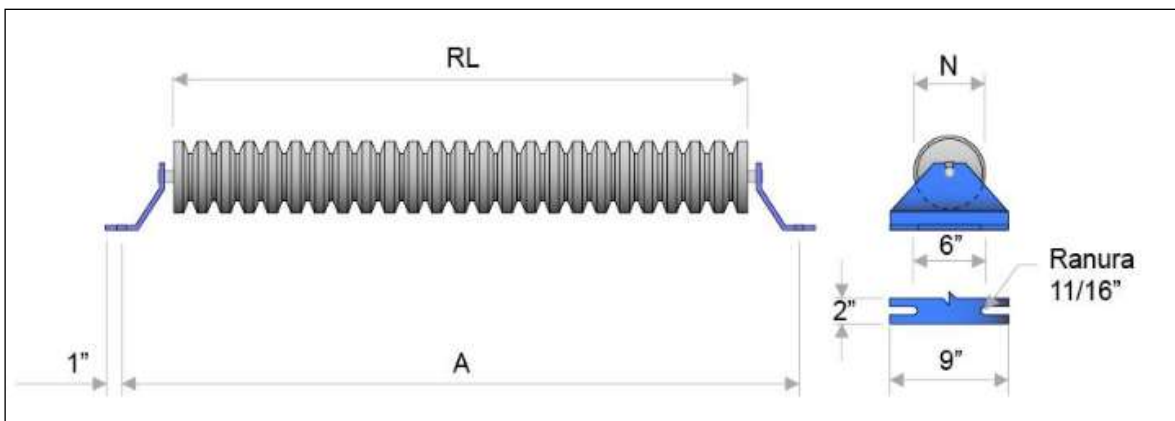
3.5. Rodillos del sistema transportador

Para la selección de los accesorios que compone este sistema se considera los siguientes componentes: rodillos de impacto, rodillos guía o estaciones de carga, rodillo de retorno, sistema de tensado de cinta.

3.5.1. Rodillo de impacto

Los rodillos de impacto tipo cinta plana también están disponibles en un diseño de “eje vivo” soportado por cojinetes estilo bloque de almohada. Estos se usan con frecuencia en alimentadores de cinta de trabajo pesado. Tienen una calificación de carga mucho más alta y no están cubiertos por una norma CEMA, pero están disponibles a través de los miembros de CEMA en función de la aplicación específica.

Figura 3.2: Rodillo de impacto

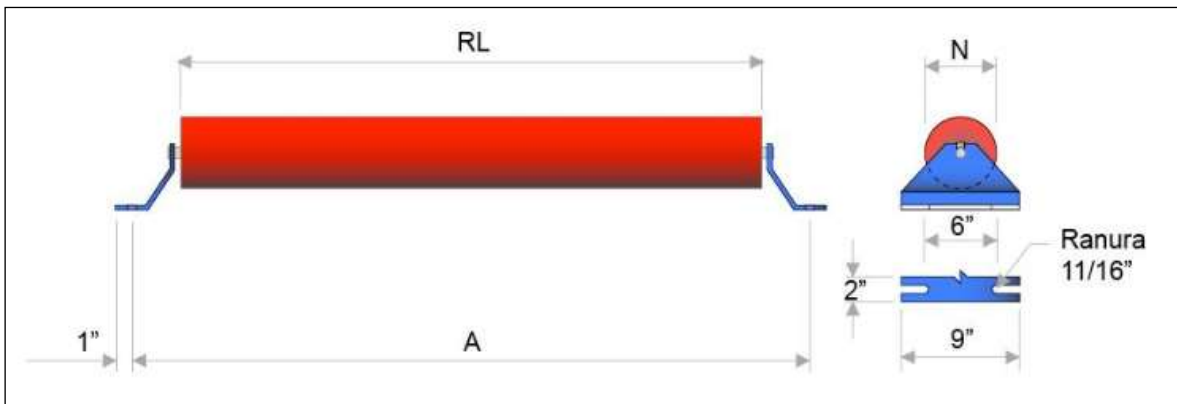


Fuente: (Rotrans S.A. , 2024)

3.5.2. Rodillos Guía Planos

El rodillo guía plano consiste en una superficie cilíndrica plana, montada en cada extremo con un soporte de montaje. La longitud del rodillo libre, el diseño del soporte y el espaciado del orificio de montaje deben permitir un movimiento transversal adecuado de la banda sin permitir que los bordes de la banda entren en contacto con cualquier parte fija del transportador o su marco.

Figura 3.3: Rodillo guía plano

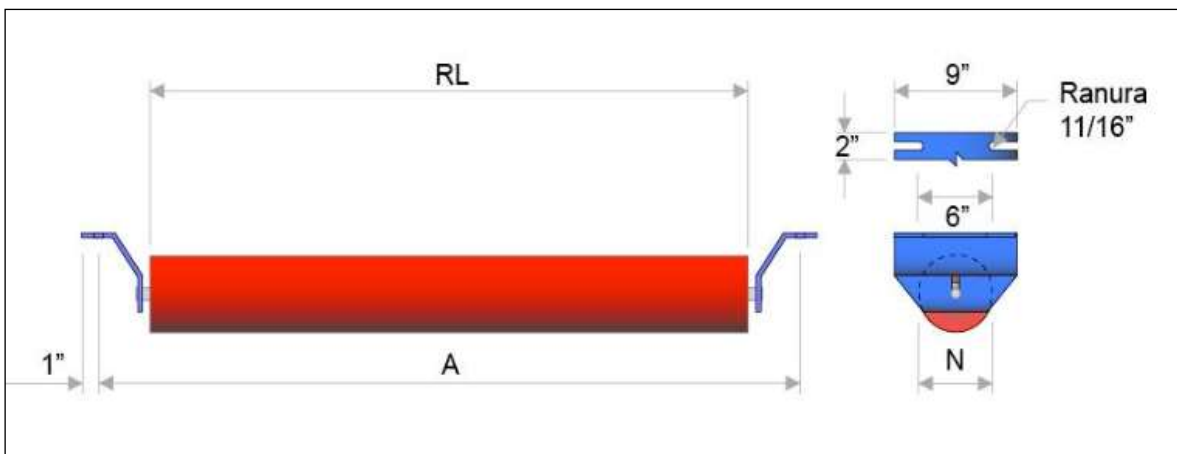


Fuente: (Rotrans S.A. , 2024)

3.5.3. Rodillos de Retorno Planos

El rodillo de retorno plano consiste en un único rodillo largo, equipado en cada extremo con un soporte de montaje. La longitud del rodillo, el diseño del soporte y el espaciado de los orificios de montaje deben permitir un movimiento transversal adecuado de la banda sin que los bordes de esta entren en contacto con cualquier parte fija del transportador o su estructura.

Figura 3.4: Rodillo de retorno plano



Fuente: (Rotrans S.A. , 2024)

3.6. Poleas del sistema transportador de la banda

La selección adecuada de polea es fundamental en el diseño de sistemas de transportadores de banda para asegurar una operación eficiente y prolongar la vida útil del sistema. Esta

selección se basa en el ancho de la banda y la capacidad de carga, siguiendo las directrices del manual “BELT CONVEYORS FOR BULK MATERIALS”.

Ancho de banda: El ancho de la banda determina la capacidad máxima de carga que el transportador puede manejar eficientemente. Una polea que coincide adecuadamente con el ancho de la banda asegura que la carga se distribuya uniformemente, minimizando el desgaste y la tensión sobre la banda.

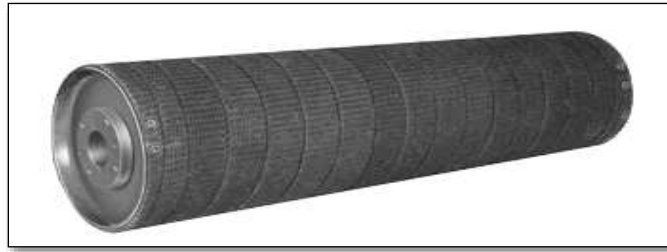
Capacidad de carga: La capacidad de carga afecta directamente el tamaño y la potencia requerida de la polea motriz para mover el material. Seleccionar una polea que soporte la capacidad de carga prevista es crucial para evitar sobrecargas que puedan provocar fallas prematuras en el sistema.

3.6.1. Revestimiento de Goma en la Polea Motriz.

El cilindro motriz, o polea motriz, debe tener un revestimiento de goma por varias razones técnicas importantes:

- **Aumento de la fricción:** El revestimiento de goma aumenta la fricción entre la polea y la banda, lo que es esencial para la transmisión eficaz de la fuerza motriz sin deslizamiento, especialmente en condiciones de carga pesada o húmedas.
- **Protección de la banda:** La goma actúa como una capa amortiguadora que reduce el impacto y el desgaste en la banda, prolongando su vida útil. Esto es especialmente importante en aplicaciones donde la banda está sujeta a cargas pesadas y uso continuo.
- **Absorción de vibraciones:** El revestimiento de goma puede ayudar a absorber y minimizar las vibraciones generadas durante la operación del transportador, mejorando la estabilidad del sistema y reduciendo el ruido.

Figura 3.5 Polea con revestimiento superior



Fuente: (VAN GORP, 2024)

3.6.2. Polea de cola sin revestimiento.

La polea de cola, por otro lado, generalmente no tiene revestimiento de goma por varias razones que detallo a continuación:

Menor necesidad de fricción. – La polea de cola no transmite fuerza motriz, por lo tanto, no requiere el mismo nivel de fricción que la polea motriz. Su función principal es guiar y soportar la banda en su retorno, por lo que la necesidad de un revestimiento de goma es menor.

Costo y mantenimiento. – Evitar el uso de revestimiento de goma en la polea de cola puede reducir los costos iniciales y de mantenimiento. Dado que la fricción no es una preocupación primaria para esta polea, la ausencia de revestimiento simplifica la construcción y el mantenimiento.

Facilidad de limpieza. – Las poleas de cola sin revestimiento son más fáciles de limpiar y mantener, especialmente en aplicaciones donde el material transportado puede adherirse a la superficie de la polea.

Figura 3.6: Polea de acero sin revestimiento de goma

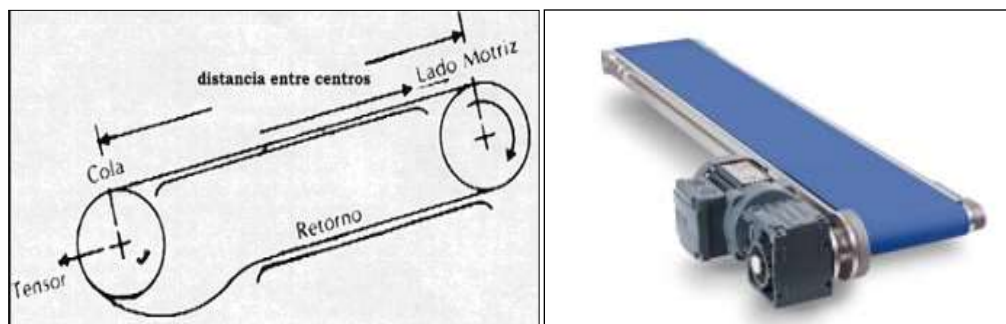


Fuente: (VAN GORP, 2024)

fabricante antes de tomar decisiones de diseño o compra. (Estos pesos son representativos para fines de estimación. Como los pesos reales pueden variar, los diseños finales de ejes y poleas deben ser verificados con el fabricante.).

Para determinar la velocidad del transportador y la tensión transmitida por la correa, se utilizará el manual BELT CONVEYORS FOR BULK MATERIALS; los resultados obtenidos son los siguientes.

Figura 3.7: Transmisión de polea única en el extremo frontal del transportador sin polea tensora



Fuente: (Rivera, 2006)

Tabla 3.2: Potencias y tenciones de las bandas BT1, BT2 y BT3

POTENCIA	UNIT	BT1	BT2	BT3
Potencia requerida para mover el transportador vacío	kW	1,08	1,34	0,97
Potencia requerida para elevar el material	kW	0,64	3,83	1,79
Potencia requerida para transportar material horizontalmente	kW	2,30	2,88	2,05
Pérdida de potencia	kW	0,30	0,60	0,36
Potencia total requerida	kW	4,32	8,65	5,17
Potencia total requerida	HP	5,80	11,60	6,93
Tensión efectiva	kg	339,35	679,30	405,59
T1	kg	623,73	1.248,57	745,49
T2	kg	284,38	569,27	339,90
Tensión en funcionamiento	N/mm	8,03	16,07	9,60

Fuente: El autor

Nota: BT2 es el transportador con las demandas de potencia y tensiones más altas en comparación con BT1 y BT3. Es esencial considerar estas especificaciones al seleccionar y operar estos transportadores para garantizar una operación eficiente y segura.

Tabla 3.3: Características Técnicas de Motores Trifásicos ABB con Jaula de Ardilla

MOTORES, TRIFÁSICOS, 4 POLOS, 60 HZ, JAULA DE ARDILLA-ABB			
TRANSPORTADORES	BT1	BT2	BT3
HP	7,5	15	5
RPM	1720	1720	1730
TYPE	M2QA	M2QA	M2QA

Nota: Es evidente que mientras BT2 utiliza el motor más potente, todos los transportadores utilizan motores del mismo tipo (M2QA) de ABB. Las diferencias en la potencia y RPM se deben a las diferentes cargas y demandas operativas de cada transportador.

Figura 3.8 Reductor de velocidad helicoidal del engranaje cónico espiral

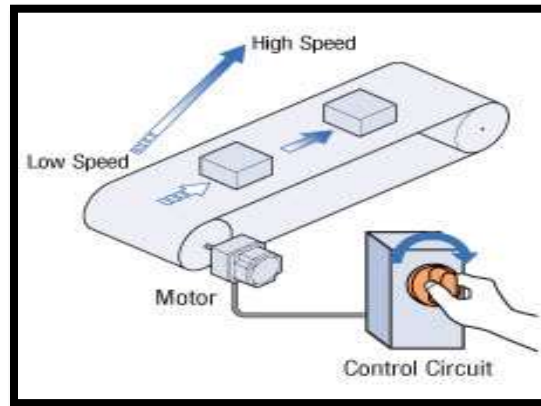


Fuente: Tomado de (Sinerges Tecmon, SA, 2017)

Reductor de velocidad helicoidal del engranaje cónico espiral, o reductor de velocidad de engranaje de tornillo sin fin, acoplado al motor y, con transmisión por cadena, al eje de accionamiento es una selección deseable para relaciones de reducción altas en los

requerimientos de potencia más bajos. Esta transmisión es ligeramente menos eficiente, pero tiene costos iniciales más bajos y es la más flexible en términos de ubicación.

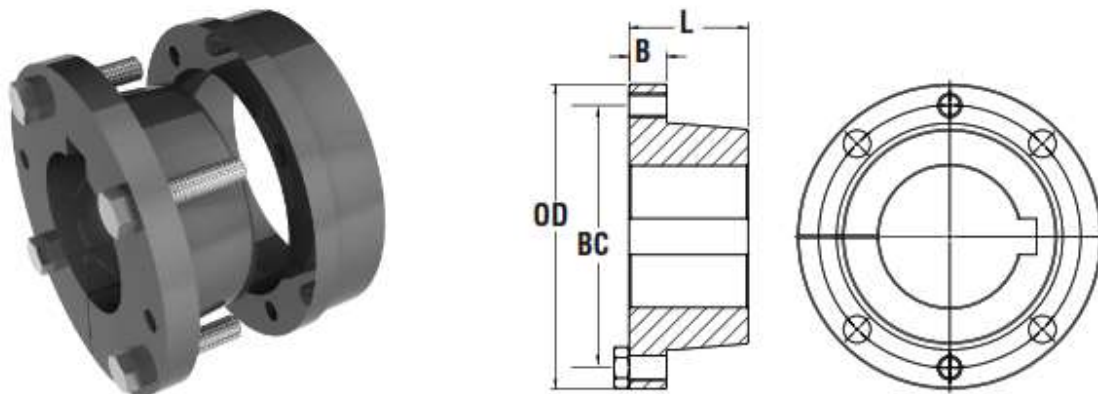
Figura 3.9: Reductor de velocidad en una banda



Fuente: Tomado de (Samsul, 2016)

Es importante que todos los cilindros seleccionados tengan el casquillo de sus transportadores.

Figura 3.10: Acople Mecánico: Vista 3D y Esquemas Dimensionales



Fuente: (Vásquez, 2013)

Los acoples mecánicos, como el que se muestra en la Figura 3.7, son componentes cruciales en los sistemas de bandas transportadoras y en muchas otras aplicaciones de maquinaria. A continuación, se detalla la importancia en un sistema de banda transportadora.

3.6.2.1. Transmisión de Torque

El propósito principal de un acople es transmitir torque de un eje a otro, asegurando que la potencia generada por el motor se transfiera efectivamente a la banda transportadora para mover la carga.

3.6.2.2. Alineación

Los acoples pueden compensar cierto grado de desalineación entre ejes. Esto es importante porque una alineación perfecta es difícil de lograr y mantener en condiciones operativas. Los acoples flexibles pueden manejar desalineaciones angulares, paralelas y axiales.

3.6.2.3. Reducción de Cargas de Choque

Algunos acoples están diseñados para absorber y reducir las cargas de choque que pueden ocurrir cuando una banda transportadora se pone en marcha, se detiene o se encuentra con un obstáculo.

3.6.2.4. Protección Contra Sobrecargas

Un acople puede actuar como un fusible mecánico en el sistema de transmisión. Algunos acoples están diseñados para fallar ante una sobrecarga, protegiendo así otros componentes costosos como motores y reductores de daños.

3.6.2.5. Facilidad de Mantenimiento

Los acoples permiten la conexión y desconexión de elementos de la maquinaria, facilitando el mantenimiento y la reparación de los sistemas de bandas transportadoras.

3.6.2.6. Acomodación de Movimiento

En algunas aplicaciones, los componentes del sistema pueden necesitar moverse sin desmontar el sistema de transmisión. Los acoples flexibles permiten este movimiento sin comprometer la transmisión del torque.

3.6.2.7. Compensación de la Expansión Térmica

Cuando los sistemas operan en rangos amplios de temperatura, los componentes pueden expandirse o contraerse. Los acoples pueden acomodar estos cambios de longitud de los ejes sin causar problemas en la transmisión de potencia.

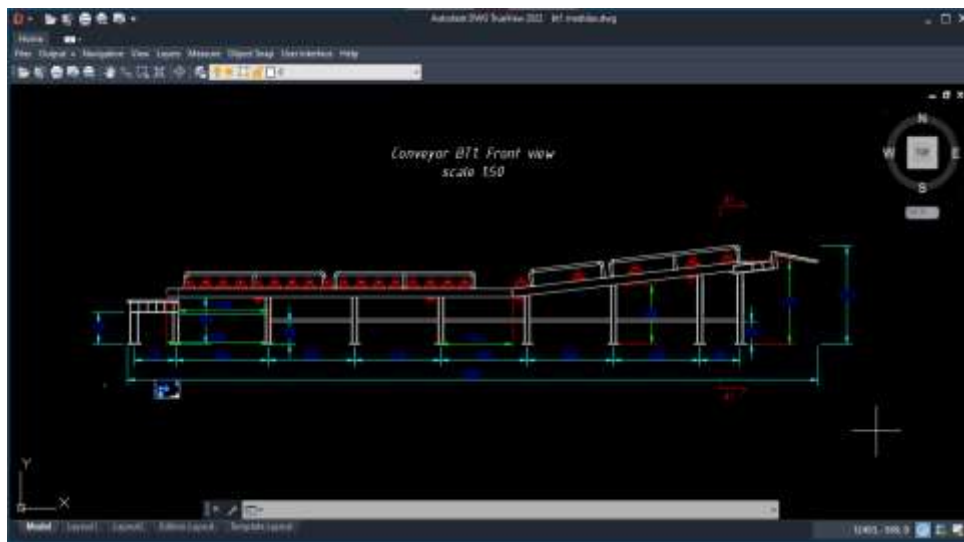
Cada uno de estos puntos contribuye a la eficiencia, la seguridad y la longevidad de un sistema de banda transportadora. El diseño detallado y las especificaciones dimensionales (como las indicadas por las letras OD, BC, B y L en los esquemas) aseguran que el acople seleccionado sea adecuado para las demandas específicas de la aplicación en términos de tamaño, capacidad de carga y flexibilidad.

3.6.3. Diseño conceptual y dimensionamiento.

3.6.3.1. Diseño de transportadores.

Para el diseño de las bandas, se determinó el uso de tres bandas, las cuales se describen a continuación:

Figura 3.11 BT1.- Transportador para alimentación.



Fuente: El autor

El transportador “BT1”, visualizado en el dibujo técnico proporcionado, es un componente crucial en un sistema más extenso de manejo de materiales. Con un ancho de 30 pulgadas, este transportador ha sido diseñado teniendo en cuenta tanto la eficiencia operativa como la

funcionalidad. Se compone de dos secciones distintas, diseñadas para diferentes propósitos dentro del proceso de manipulación.

La primera sección es horizontal y se dedica principalmente a la recepción de sacos. Esta se extiende a lo largo de una plataforma de 5 metros de longitud. Esta longitud es adecuada para garantizar los sacos tengan espacio suficiente para ser transportados de manera segura y eficiente. El diseño permite una optimización en el proceso de carga dentro del flujo de operación y minimizando así las interrupciones.

La segunda sección del transportador está inclinada a un ángulo de 12 grados, una característica que ayuda a alimentar eficientemente los transportadores BT2. Esta inclinación asegura que los sacos o productos se muevan suavemente hacia el siguiente punto del proceso sin requerir una intervención manual intensiva, lo que a su vez puede aumentar la velocidad general del proceso y reducir la necesidad de mano de obra.

Un detalle técnico importante es la distancia entre los tambores de accionamiento, que se sitúa en 10 metros. Además, el diseño también incluye un sistema de potencia con una cubierta. Esta cubierta no solo protege el sistema de potencia de elementos externos, como el polvo, el agua o los escombros, sino que también es una medida de seguridad esencial para proteger a los operarios de cualquier contacto accidental con partes móviles.

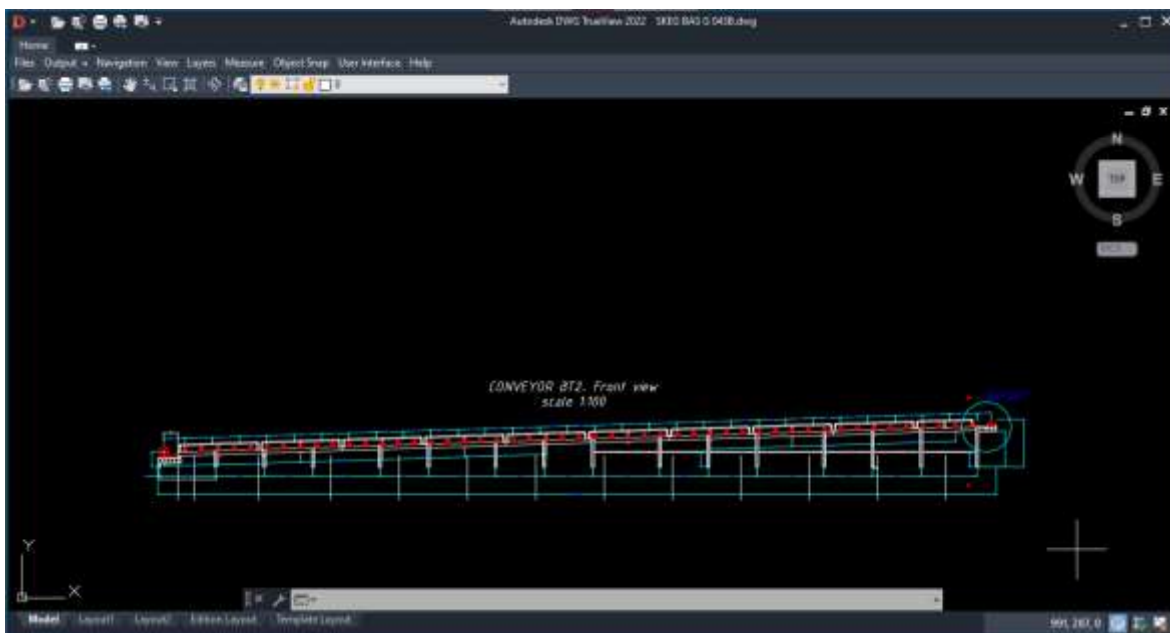
Desde una perspectiva de ingeniería industrial, “BT1” es una pieza integral de un sistema de producción o distribución más grande. Su diseño modular, las dimensiones específicas y las características función.

Tabla 3.4: Especificaciones Técnicas y Componentes de la Banda Transportadora BT1

Componente	Cantidad	Especificaciones
Tambor de Cola	1	12x36, No lleva recubrimiento de caucho
Tambor Motriz	1	14x36, Espesor recubrimiento de caucho = 10mm
Rodillo de Carga o Impacto	17	Diámetro: 5in x 30in x 0 grados (Rodillo Plano)
Rodillo Guía	5	Diámetro: 5in x 30in x 0 grados (Rodillo Plano)
Rodillo de Retorno	4	Diámetro: 5in x 30in x 0 grados (Rodillo Plano)
Reductor Marca Dodge	1	CA1601-TA2115H25
Polea Motriz	1	1°60SDS
Polea Impulsada	1	1°70SDS
Largo de la Banda	1	70in
Ratio de las Poleas	-	1.15
Ratio del Reductor	-	25.07
Chumaceras Tipo Reloj (2 3/16in)	2	En acero inoxidable 316, Marca: Seal Master – SKF-Timken
Chumaceras Tipo Reloj (2 in)	2	En acero inoxidable 316, Marca: Seal Master – SKF
Tipo de Cinta para Banda	-	Rough Top EP 250-7mm, Ancho de banda = 30in
Tipo de Cinta para Rencauchado	-	Rombo +0 EP 400-10mm

Nota: Es fundamental asegurarse de que cada componente cumpla con las especificaciones detalladas para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema.

Figura 3.12 BT2.- Transportador pivotante



Fuente: El autor

El transportador “BT2”, basado en el diseño presentado, tiene dimensiones específicas que lo hacen único en su configuración y función. Con un ancho de 30 pulgadas, proporciona suficiente espacio para el transporte de una variedad de materiales o productos sin la congestión o los problemas de espacio que podrían surgir con bandas más estrechas. Esta amplitud de la banda asegura una eficiente manipulación y transporte, evitando posibles atascos o acumulaciones.

La distancia entre tambores de 30,30 metros ofrece un alcance extenso, lo que indica que este transportador está diseñado para cubrir áreas amplias, lo que es esencial para operaciones a gran escala. Esta distancia también sugiere que el transportador puede manejar grandes volúmenes de productos o materiales a la vez, mejorando la eficiencia y la productividad.

El hecho de que la banda esté instalada en una celosía sugiere un diseño estructural robusto. Las celosías, debido a su naturaleza entrecruzada, son conocidas por su resistencia y durabilidad, proporcionando un soporte fiable al sistema del transportador.

El uso de un cabrestante eléctrico para mover el transportador es una característica notable. Este tipo de mecanismo sugiere una operación automática y la capacidad de ajustar la posición del transportador según las necesidades. La mención de la adaptación “de acuerdo con el nivel de las mareas” indica que este sistema puede estar ubicado cerca de una masa de agua, y la adaptabilidad es esencial para garantizar que el transportador funcione eficazmente sin ser afectado por las fluctuaciones del nivel del agua. Esta característica no solo muestra innovación en el diseño sino también una planificación cuidadosa para operaciones específicas.

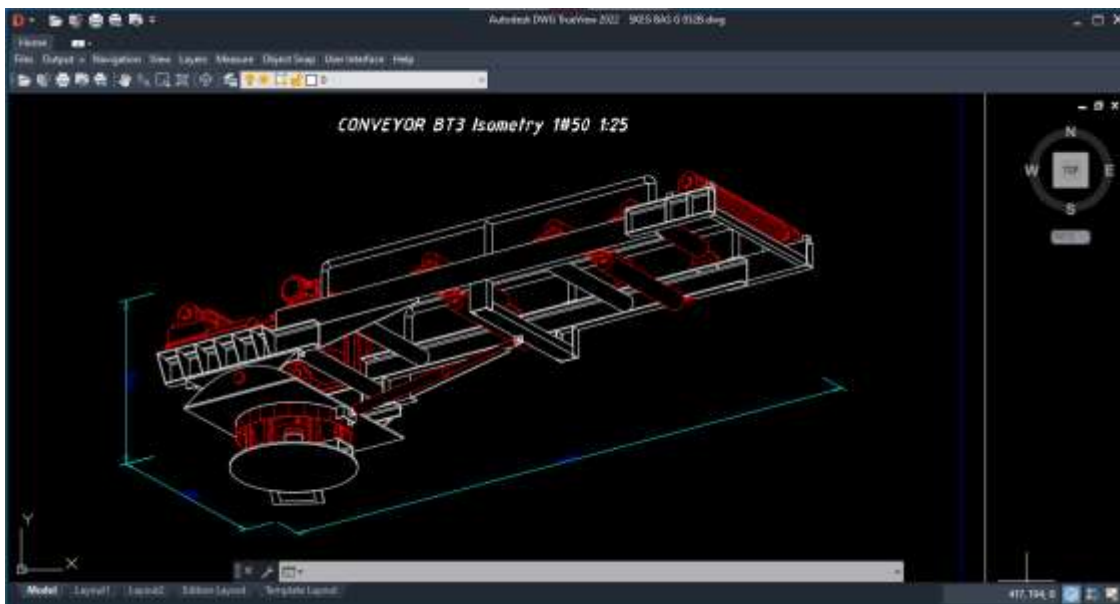
En conjunto, el “BT2” está claramente diseñado para ser un sistema de transporte versátil y eficiente, con características que lo adaptan a condiciones particulares, asegurando así una operación sin interrupciones y maximizando la productividad.

Tabla 3.5: Detalle Técnico y Cuantitativo de Componentes de la Banda Transportadora BT2

Componente	Cantidad	Especificaciones
Tambor de Cola	1	12x36, No lleva recubrimiento de caucho
Tambor Motriz	1	14x36, Espesor recubrimiento de caucho = 10mm
Rodillo de Carga o Impacto	1	Diámetro: 5in x 30in x 0 grados (Rodillo Plano)
Rodillo Guía	29	Diámetro: 5in x 30in x 0 grados (Rodillo Plano)
Rodillo de Retorno	10	Diámetro: 5in x 30in x 0 grados (Rodillo Plano)
Reductor Marca Dodge	1	CA1601-TA4207H25
Polea Motriz	1	2B80SDS
Polea Impulsada	1	2B94SDS
Largo de la Banda	1	77.9in
Ratio de las Poleas	-	1.15
Ratio del Reductor	-	25.13
Chumaceras Tipo Reloj (2 11/16in)	2	En acero inoxidable 316, Marca: Seal Master – SKF
Chumaceras Tipo Reloj (2 in)	2	En acero inoxidable 316, Marca: Seal Master – SKF-Timken
Tipo de Cinta para Banda	-	Rought Top EP 250-7mm, Ancho de banda = 30in
Tipo de Cinta para Rencauchado	-	Rombo +0 EP 400-10mm

Nota: Es fundamental asegurarse de que cada componente cumpla con las especificaciones detalladas para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema.

Figura 3.13: Vista Frontal del Transportador BT2 con Escala 1:100



Fuente: El autor

El diseño del transportador con un ancho de banda de 30 pulgadas y una distancia entre tambores de 4 metros refleja su capacidad para manejar sacos de dimensiones estándar. Estas medidas, elegidas considerando las cargas más comunes, facilitan el proceso de descarga y minimizan el tiempo de manipulación.

Cada barco puede tener variaciones en su altura y posición con respecto al muelle. Gracias a su diseño, el transportador de banda tiene un rango de movimiento azimutal de 16 grados tanto positivos como negativos con respecto a la horizontal, y 30 grados en relación al plano horizontal. Esto le otorga la versatilidad necesaria para servir a diversos barcos sin requerir ajustes manuales extensos o cambios costosos.

La incorporación de dos grados de libertad en el transportador le permite no solo adaptarse a barcos distintos, sino también realizar ajustes ágiles a diferentes zonas de un mismo barco. En situaciones donde el barco se balancea debido a las olas, el transportador ajusta su posición en tiempo real, asegurando una descarga eficiente. Aunque estos ajustes pueden parecer menores, colectivamente impactan en la reducción del tiempo de despacho, optimizan la rotación de barcos y pueden llevar a una reducción en los costos operativos.

El transportador de banda, con sus características de diseño y funcionalidad, es una clara evidencia de cómo la ingeniería juega un papel vital en la optimización logística. Su capacidad para adaptarse y mejorar la eficiencia en las operaciones del muelle subraya su relevancia en la cadena logística.

Tabla 3.6: Inventario Técnico y Especificaciones de la Banda Transportadora BT3

COMPONENTE	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES
Tambor	1	6x36, No lleva recubrimiento de caucho
Tambor Motriz	1	8x36, Espesor recubrimiento de caucho = 10mm
Rodillo de Carga o Impacto	1	Diámetro: 5in x 30in x 0 grados (Rodillo Plano)
Rodillo Guía	3	Diámetro: 5in x 30in x 0 grados (Rodillo Plano)
Rodillo de Retorno	1	Diámetro: 5in x 30in x 0 grados (Rodillo Plano)
Reductor Marca Dodge	1	CA1601-TA1107H09
Polea Motriz	1	1 ^a 60SDS
Polea Impulsada	1	1 ^a 101SDS
Largo de la Banda	1	70in
Ratio de las Poleas	-	1.61
Ratio del Reductor	-	8.99
Chumaceras Tipo Reloj (1 ½in)	2	En acero inoxidable 316, Marca: Seal Master – SKF
Chumaceras Tipo Reloj (1 ½in)	2	En acero inoxidable 316, Marca: Seal Master – SKF- Timken
Tipo de Cinta para Banda	-	Rought Top EP 250-7mm, Ancho de banda = 30in
Tipo de Cinta para Rencauchado	-	Rombo +0 EP 400-10mm

Nota: Es fundamental asegurarse de que cada componente cumpla con las especificaciones detalladas para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema.

3.7. Análisis estructural

El análisis estructural en esta tesis busca entender y predecir el comportamiento de estructuras bajo diversas condiciones. Este análisis se centra en evaluar cómo la estructura que soporta el sistema de transporte responde a diferentes cargas y fuerzas, tanto externas como internas. El objetivo es garantizar que las estructuras sean seguras, estables y capaces de soportar las cargas para las que fueron diseñadas. Para determinar qué motor necesita una banda transportadora para el movimiento de su carga, es crucial realizar un análisis tanto estático como dinámico. A continuación, se presenta un análisis básico para ambos.

3.7.1. Análisis Estático

El Análisis Estático, esencial ya que se refiere a la evaluación de cargas o fuerzas que no varían o que lo hacen muy lentamente a lo largo del tiempo. Dicho de otro modo, estas cargas no presentan cambios dinámicos o fluctuaciones rápidas en su magnitud.

1.- Cargas constantes o estáticas: Estas cargas son invariables en el tiempo y generalmente se deben a cargas muertas, es decir, cargas permanentes que no cambian con el tiempo. De acuerdo con (Hibbeler, 2010) en su libro “Mecánica de Materiales”, las cargas muertas se refieren a “cargas debidas al peso propio de una estructura y a todos los elementos fijos permanentemente unidos a ella”.

2.- Cargas que cambian lentamente: Estas cargas varían en magnitud, pero no lo suficientemente rápido como para ser consideradas dinámicas. Podría tratarse de cambios estacionales o de otro tipo que se producen durante periodos de tiempo prolongados. Según (Beer, F. P, Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F, 2015) en “Mecánica de Materiales”, el impacto de estas cargas lentamente cambiantes puede ser equivalente al de una carga constante en un análisis estático dada su lentitud en variación.

Un ejemplo clásico en la industria podría ser la acumulación de productos en un almacén. Si bien el peso total podría variar a medida que se añaden o retiran productos, los cambios ocurren en escalas de tiempo que pueden ser consideradas estáticas para muchos análisis estructurales.

3.- Aplicación en Ingeniería Industrial: En la ingeniería industrial, el Análisis Estático es crucial para el diseño y evaluación de estructuras que sostienen máquinas, equipos y mercancías. (Groover, 2007) en su obra “Automatización, Producción y Sistemas de Manufactura Integrados” resalta que “Para garantizar la seguridad y eficiencia en operaciones industriales, es imperativo que las estructuras estén diseñadas para soportar cargas estáticas, así como anticiparse a las variaciones lentas que puedan surgir”.

Por ende, en el contexto industrial, comprender y aplicar correctamente el análisis estático garantiza no solo la seguridad estructural, sino también la optimización de recursos y la eficiencia operacional de las cargas que son constantes o que cambian muy lentamente con el tiempo.

Tabla 3.7 Parámetros y Fórmula para el Peso Propio de la Banda Transportadora

Variable	Descripción	Formula/Valor
F_{banda}	Peso propio de la banda	$F_{banda} = \mu \times g \times L \times A$
μ	Densidad de la banda (kg/m ³)	
g	Aceleración debido a la gravedad (m/s ²)	9.81 m/s²
A	Área de sección transversal de la banda (m ²)	
L	Longitud de la banda (m)	

Fuente: El autor

Tabla 3.8 Cálculo del Peso de la Carga Estática

Variable	Descripción	Formula/Valor
F_{carga}	Peso de la carga estática:	$F_{carga} = m \times g$
m	Masa de la carga (kg)	
g	Aceleración debido a la gravedad (m/s ²)	9.81 m/s²

Fuente: El autor

Tabla 3.9 Determinación de la Fuerza de Fricción en una Banda Transportadora

Variable	Descripción	Formula/Valor
$F_{fricción}$	Fricción entre banda y rodillos	$F_{fricción} = u \times f_{normal}$
u	Coefficiente de fricción entre la banda y los rodillos	
f_{normal}	Fuerza normal, que es el peso propio de la banda y la carga	

Fuente: El autor

La fuerza total estática es la suma de las tres fuerzas:

$$F_{total_estatica} = F_{banda} + F_{carga} + F_{fricción}$$

3.7.2. Análisis Dinámico

El Análisis Dinámico, en contraposición al estático, se centra en las cargas o fuerzas que varían con rapidez a lo largo del tiempo. Estas cargas introducen respuestas dinámicas en las

estructuras o sistemas, y su análisis es crucial para garantizar la integridad, seguridad y eficiencia operacional.

1.- Cargas dinámicas: Estas cargas pueden ser causadas por diferentes eventos, desde vibraciones naturales hasta impactos externos. Según (Chopra, 2012) en "Dynamics of Structures", las cargas dinámicas "resultan en respuestas que varían significativamente con el tiempo, y, por tanto, requieren una consideración especial en su análisis y diseño".

2.- Aplicaciones prácticas en la industria: Tomando como ejemplo el arranque y parada de una banda transportadora, como se mencionó, este evento introduce cargas dinámicas en el sistema. Al arrancar, la banda experimenta una aceleración que puede causar tensiones y deformaciones. De manera similar, la parada puede producir una deceleración abrupta, generando tensiones adicionales. (Rao, 2011) en "Vibrations of Continuous Systems" señala que "las transiciones operacionales, como el arranque y la parada, a menudo generan cargas dinámicas que deben ser meticulosamente analizadas para prevenir fallos prematuros o vibraciones no deseadas".

3.- Importancia en la Ingeniería Industrial: En el ámbito de la ingeniería industrial, el análisis dinámico es esencial para diseñar y mantener sistemas que operan bajo cargas cambiantes. Es fundamental para determinar las frecuencias naturales, modos de vibración y respuestas transitorias de un sistema. Según (Inman, 2013) en "Engineering Vibration", "la comprensión y control de las vibraciones es clave para garantizar la longevidad, seguridad y eficiencia de los sistemas industriales".

El análisis dinámico es vital para abordar los desafíos que presentan las cargas fluctuantes en los sistemas industriales. Proporciona herramientas y técnicas para comprender, predecir y mitigar las respuestas dinámicas, garantizando así la robustez y fiabilidad del sistema. Se refiere a las cargas que cambian rápidamente con el tiempo, como el arranque y parada de la banda.

Tabla 3.10 Fuerza Dinámica para Aceleración y Desaceleración

Variable	Descripción	Formula/Valor
$F_{dinamica}$	Aceleración y desaceleración:	$F_{dinamica} = m \times a$
m	Masa total	(banda + carga)
a	Aceleración requerida (m/s ²)	

Fuente: El autor

4.- Fricción adicional debido al movimiento: A medida que la banda se mueve, puede haber una fricción adicional, que puede variar en función de la velocidad y la lubricación.

Tabla 3.11 Cálculo de la Fuerza Total Dinámica

Variable	Descripción	Formula/Valor
$F_{total_dinamica}$	La fuerza total dinámica es la suma de las fuerzas dinámicas más la fuerza adicional.	$F_{total_dinamica} = f_{dinamica} + f_{friccion_adicional}$

Fuente: El autor

5.- Motor Requerido: El motor seleccionado debe ser capaz de superar tanto las cargas estáticas como las dinámicas. La potencia del motor se calcula a partir de la fuerza total y la velocidad de la banda.

Tabla 3.12: Determinación de la Potencia del Motor

Variable	Descripción	Formula/Valor
P	Potencia del motor (W)	$P = F_{total} \times V$
F_{total}	Fuerza total de la banda	$F_{tota_estatica} + F_{total_dinamica}$
V	Velocidad de la banda (m/s)	

Fuente: El autor

3.8. Cálculo de la capacidad de la banda

Para el cálculo de la capacidad del sistema de banda, se determina el número de toneladas por hora a transportar. Debido a que se transporta material a granel en sacos, se tomaron en consideración las dimensiones de los sacos de 50 Kg (0.77m x 0.49m x 0.17m) y las recomendaciones de velocidad de banda para materiales frágiles. en bolsas según el catálogo (BEUMERGROUP), es de 1,3 m/s (250 ppm), esta velocidad se puede verificar en la siguiente tabla.

Velocidad máxima recomendada para transportador determinada por el material manejado.

Tabla 3.13: Velocidades Recomendadas para Materiales Según Abrasividad y Ancho de Banda

MATERIAL.			MAXIMA VELOCIDADES RECOMENDADA DE LA BANDA (PIES/MIN).												
			ANCHO D ELAS BANDAS EN PULGADAS.												
CARACTERISTICAS.		EJEMPLO DE MATERIAL.	14	16	18	20	24	30	36	42	48	54	60	72	84
MAXIMO TAMAÑO DE MASA DE UN SOLO TAMAÑO O DE VARIOS	POCO ABRASIVO.	CARBON , TIERRA.	300	300	400	400	450	500	550	600	600	650	650	450	650
	MUY ABRASIVO SIN FORMA PUNTIAGUDA.	GRAVA.	300	300	400	450	500	550	550	600	600	600	600	600	600
	MUY ABRASIVO, PUNTIAGUDA.	PIEDRAS.	250	250	300	350	400	450	500	500	550	550	550	550	550
TAMAÑO MEDIO MAXIMO DE MASAS DE UNA O VARIAS MEDIDAS.	MEDIO ABRASIVO.	CARBON, TIERRA.	300	300	400	400	500	600	650	700	700	700	700	700	700
	MUY ABRASIVO.	CARBON , PIEDRA, VIDRIO DE DESECHO.	300	300	400	400	500	600	650	650	650	650	650	650	650
HOJUELOS.		VIRUTA DE MADERA, CORTEZA, PULPA DE MADERA.	400	450	450	500	600	700	800	800	800	800	800	800	800
GRANOS DE 1/8 A 1/2 PULGADAS.		ARENA, GRANOS , CARBON , SEMILLA DE ALGODÓN.	400	450	450	500	600	700	800	800	800	800	800	800	800
GRANOS FINOS.	LIVIANO SECO POLVORIENTO.	CARBON PULVERIZADO, CENIZA.	250-300												
	PESADO.	CEMENTO, POLVO.	250-300												
MATERIALES FRAGILES DONDE LA DEGRADACION ES PERJUDICIAL.		CARBON, CARBON COKE.	200-250												
		JABON GRANULADO.	150-200												

Nota: La tabla presenta las velocidades máximas recomendadas para diferentes materiales en función de su abrasividad y el ancho de la banda en pulgadas. Es esencial referirse a esta tabla al seleccionar la velocidad adecuada para la manipulación de diferentes materiales y garantizar una operación segura y eficiente. Las velocidades están indicadas en pies por minuto (pies/min) y varían según la naturaleza y características de cada material. Es recomendable siempre consultar con un experto o referirse a las especificaciones técnicas del

equipo antes de hacer ajustes basados en esta información. (Productos Técnicos Especializados Escobar y Martínez, 2023)

Debido a que se transportan sacos, se utilizará la siguiente ecuación recomendada por el catálogo de (Metso, 2017):

Tabla 3:14 Cálculo de la Capacidad de Transporte de la Banda

Variable	Descripción	Formula/Valor
<i>C</i>	Capacidad en toneladas/ hora del transportados de banda.	$C = 3,6 \times Cm \times v$
<i>Cm</i>	Capacidad para transportar entre tres rodillos guía en kg en un metro de longitud.	
<i>v</i>	Velocidad de transporte del transportador en m/s.	

Fuente: El autor

Para nuestro proyecto se asume que entre tres rodillos guías de impacto en el área de recepción de bolsas, a una distancia de 30cm, se pueden transportar 100Kg.

$$C = 3,6 \times 100 \text{ kg} \times 1,3 \text{ m/s}$$

$$C = 468 \text{ ton/h}$$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

La validación experimental se presenta como un paso ineludible en el proceso de investigación científica y técnica, desempeñando un papel fundamental en la corroboración de los resultados teóricos y en la garantía de la fiabilidad de los modelos propuestos. En el contexto de este estudio, donde se ha recurrido al software SolidWorks como herramienta central para la concepción y simulación de los diseños, la validación experimental adquiere una relevancia aún mayor.

SolidWorks, reconocido por su capacidad para modelar y simular sistemas complejos, proporciona una plataforma integral para la creación y análisis de prototipos virtuales. Sin embargo, la precisión y aplicabilidad de los resultados generados por este software deben ser verificadas mediante experimentación práctica. En este sentido, la validación experimental no solo respalda la idoneidad de las simulaciones realizadas, sino que también permite identificar posibles desviaciones entre las predicciones virtuales y el comportamiento real de los sistemas estudiados.

Este capítulo se erige como un puente entre la teoría y la práctica, explorando de manera sistemática cómo los modelos diseñados en SolidWorks se traducen en la realidad. A través de rigurosos procedimientos de validación, se busca garantizar que los resultados obtenidos en entornos virtuales sean transferibles y aplicables al mundo físico. La argumentación dentro de este capítulo se basará en la evidencia empírica derivada de experimentos cuidadosamente diseñados, respaldando así la validez y utilidad de las simulaciones previamente desarrolladas.

En última instancia, la robusta validación experimental no solo consolida la credibilidad de los resultados, sino que también proporciona insights valiosos para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas de la tecnología y los diseños analizados. Este capítulo, por tanto, se erige como un pilar fundamental en la construcción del conocimiento científico, fusionando

la innovación teórica con la validación práctica para avanzar de manera significativa en la comprensión y aplicación de los conceptos explorados en esta tesis.

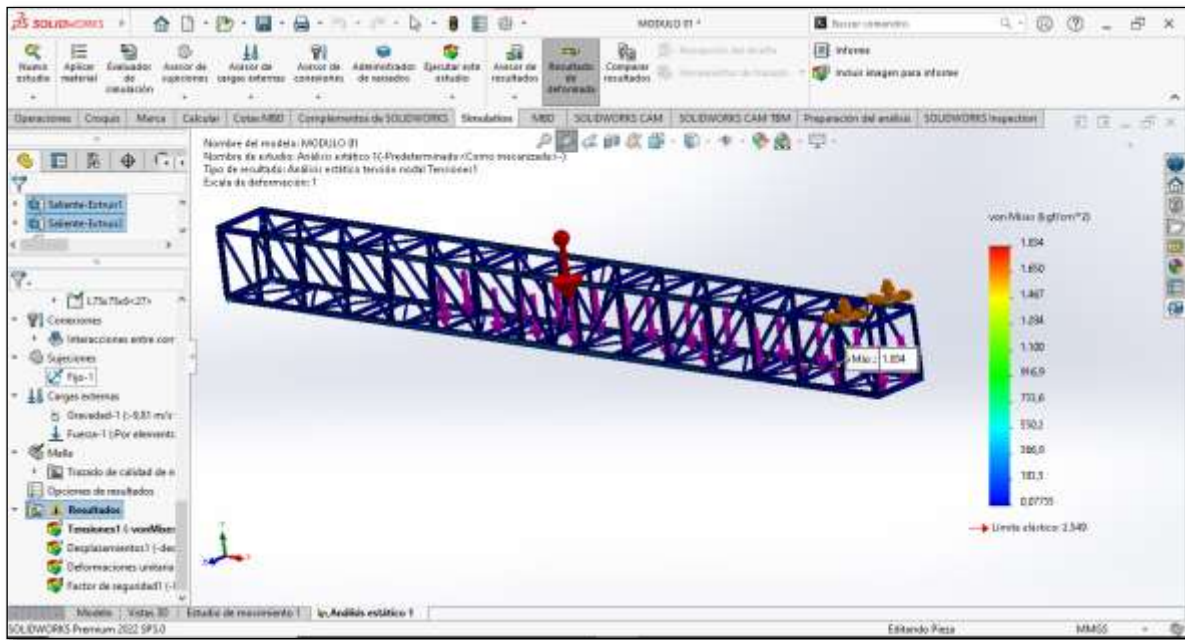
A continuación, se presentan de manera detallada los resultados derivados de la simulación, abordando aspectos fundamentales como la tensión, el desplazamiento, la deformación y el factor de seguridad. Estos parámetros esenciales, obtenidos a través de meticulosas simulaciones, constituyen pilares clave para evaluar el rendimiento y la integridad estructural del sistema bajo estudio.

La simulación de tensión proporciona una visión profunda de cómo las fuerzas internas interactúan con los materiales, permitiendo una evaluación precisa de las zonas críticas sometidas a mayores tensiones. Por otro lado, el análisis de desplazamiento ofrece información crucial sobre la respuesta global del sistema ante cargas aplicadas, identificando áreas de interés en términos de movimientos relativos.

La deformación, otro componente esencial evaluado, se examina con el fin de comprender la magnitud y distribución de los cambios geométricos, lo cual es esencial para evaluar la integridad estructural y la respuesta elástica del sistema. Finalmente, el factor de seguridad, derivado de estas simulaciones, proporciona una evaluación cuantitativa de la capacidad del sistema para soportar las cargas aplicadas, sirviendo como indicador crítico de la viabilidad y la seguridad del diseño.

Cada uno de estos resultados se presenta con un enfoque analítico riguroso, respaldado por datos numéricos y representaciones gráficas que facilitan la comprensión y la interpretación precisa. Este análisis integral de la simulación constituye un paso crucial hacia la validación experimental, aportando una sólida base para la comparación con los resultados obtenidos en la aplicación práctica, y reforzando la robustez de los hallazgos presentados en este estudio.

Figura 4.1: Análisis estructural de tensión



Fuente: El autor

La imagen 4.1 muestra una interfaz de software de diseño asistido por computadora (CAD) con un módulo de simulación, específicamente el software SOLIDWORKS y su módulo de simulación estructural. En la ventana de resultados, se está mostrando un análisis de tensiones utilizando el criterio de Von Mises, que es una teoría de fallo utilizada para predecir el inicio de la deformación plástica en materiales dúctiles. Aquí hay un análisis detallado:

En relación con el análisis del modelo se está analizando una estructura tipo truss o armadura que se ha sometido a una carga, gravitacional y cargas aplicadas, y se está evaluando cómo dichas cargas afectan la estructura.

Bajo el criterio de Von Mises se observa que los colores representan diferentes niveles de tensión según el criterio de Von Mises. Este criterio es una teoría de fallo para materiales dúctiles y se utiliza para predecir cuándo un material empezará a fluir plásticamente. La escala de colores va desde el azul (tensiones bajas) hasta el rojo (tensiones altas).

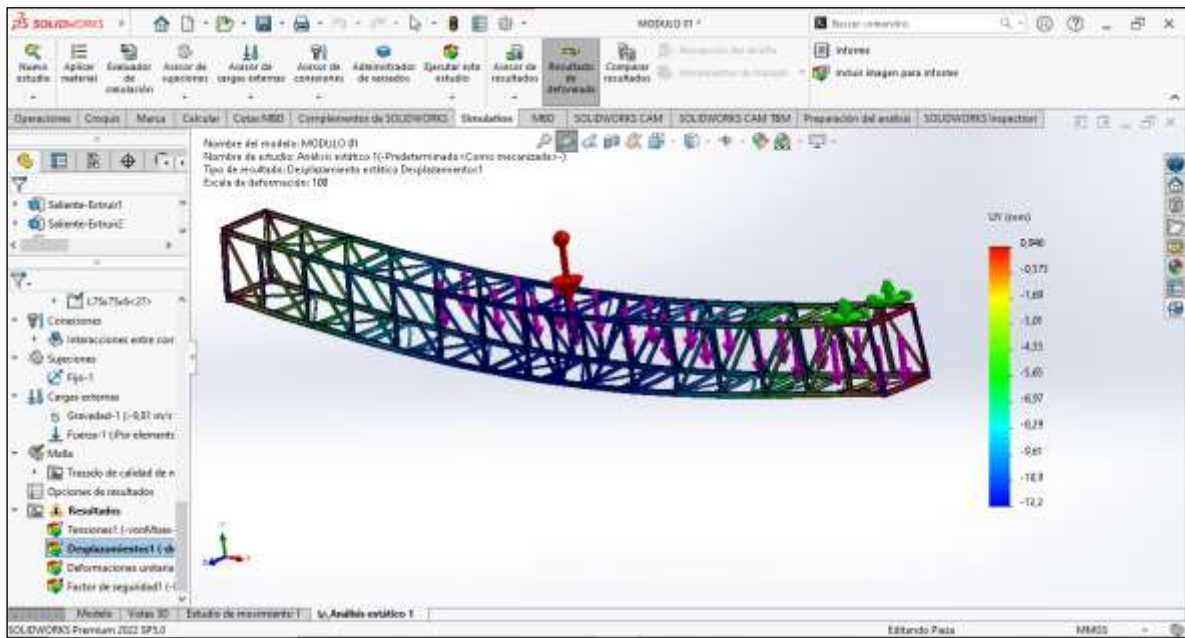
Como resultado de tensión de esta estructura la tensión máxima según Von Mises es de 1.834 kgf/cm², y está localizada en la parte central de la estructura, que es donde se esperaría que

hubiera la mayor tensión debido a la carga. La leyenda de la derecha indica que el límite elástico del material de la estructura es de 2.549 kgf/cm^2 .

Dado que la tensión máxima (1.834 kgf/cm^2) es menor que el límite elástico (2.549 kgf/cm^2), la estructura debería ser capaz de soportar las cargas aplicadas sin sufrir deformación plástica permanente. Sin embargo, es importante tener un factor de seguridad adecuado; este factor no se muestra en la imagen, pero será presentado más adelante.

La distribución de tensión es importante para la integridad estructural. La concentración de tensiones altas podría indicar áreas que son más propensas a fallar o que podrían necesitar refuerzo.

Figura 4.2: Análisis estructural de desplazamiento



Fuente: El autor

La nueva imagen 4.2 muestra un conjunto de resultados de la simulación estructural en SOLIDWORKS, esta vez enfocándose en los desplazamientos que sufre la estructura bajo las cargas aplicadas. Los resultados de desplazamientos (U_y) en relación con la leyenda y los resultados se centran en los desplazamientos verticales (en el eje Y) de la estructura. Los

valores van desde 0.946 mm (hacia arriba) hasta -12.2 mm (hacia abajo), donde los colores representan la magnitud de desplazamiento: rojo para el desplazamiento máximo positivo y azul para el máximo negativo.

En la escala de deformación se observa que la escala de deformación está establecida en 100, lo que sugiere que la deformación mostrada está exagerada para fines visuales y no refleja los desplazamientos reales a escala. Esto es una práctica común para identificar más fácilmente las áreas de mayor movimiento.

Como interpretación de resultados La parte central de la estructura muestra el mayor desplazamiento hacia abajo (en azul), lo cual es esperable debido a la carga gravitatoria y la longitud de los elementos de la armadura, que pueden flexionarse bajo carga. El hecho de que los desplazamientos sean relativamente pequeños indica que la estructura es rígida y que su diseño es adecuado para las cargas aplicadas.

Para futuras investigaciones se recomendaría asegurarse de que todos los desplazamientos se mantengan dentro de las tolerancias operativas y de diseño. Además, se debería revisar el análisis para cargas dinámicas si la estructura estará sujeta a vibraciones o cambios de carga rápidos.

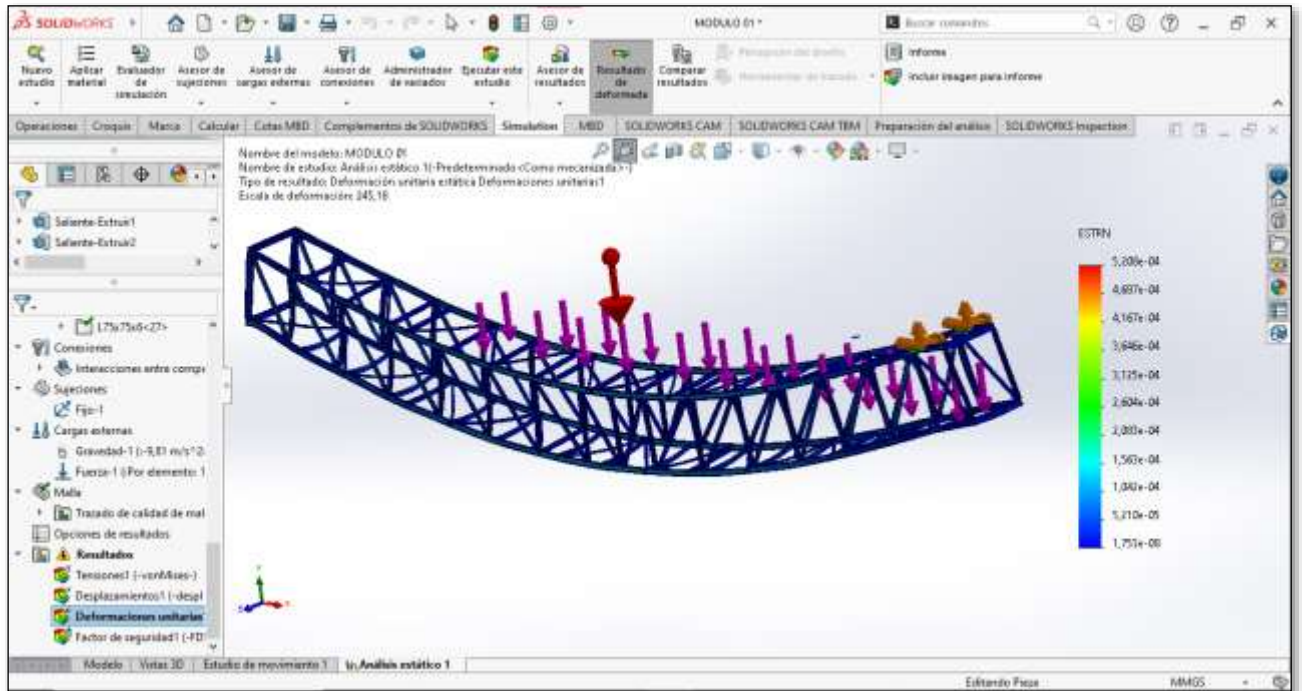
En resumen, los desplazamientos mostrados en la simulación son un aspecto crítico del análisis estructural y deben ser cuidadosamente evaluados para asegurar la integridad y funcionalidad de la estructura a lo largo de su vida útil.

4.1. Análisis estructural de deformación

La imagen que has proporcionado muestra otra vista de la simulación estructural en SOLIDWORKS, enfocándose en las deformaciones unitarias de la estructura. En las deformaciones unitarias (ESTRN) de la estructura se logra observar que la leyenda y los resultados muestran las deformaciones unitarias (Strain en inglés) de la estructura. Los valores de deformación unitaria varían desde un mínimo de $1.735e-08$ hasta un máximo de

$5.208e-04$, con una escala de colores donde el rojo indica la mayor deformación y el azul la menor.

Figura 4.3: Análisis estructural de deformación



Fuente: El autor

La escala de deformación indicada es de 25,418, lo que significa que la visualización de las deformaciones está amplificada en más de 25 mil veces con respecto a su valor real para permitir una mejor visualización e identificación de las áreas críticas. Para mayor interpretación de resultados detallo que las barras de color violeta indican las zonas donde la deformación es mayor. Estas zonas podrían ser críticas bajo carga repetida o fatiga, y podrían ser puntos de inicio para la propagación de grietas o fallas.

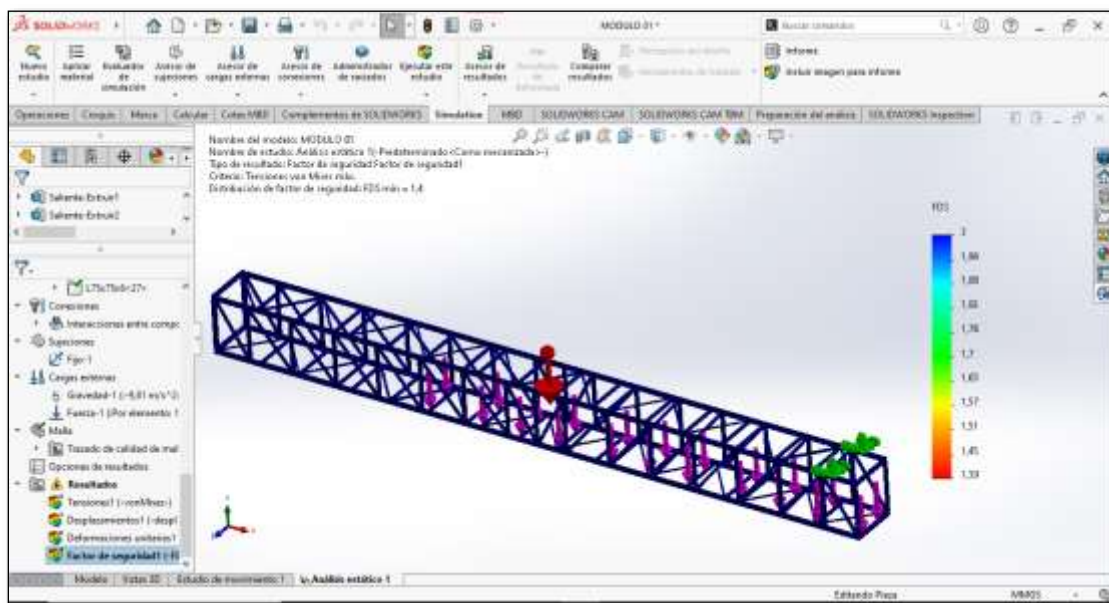
La deformación máxima se encuentra dentro de un rango típico para estructuras metálicas sometidas a carga, pero sería importante comparar estos valores con los límites elásticos y plásticos del material específico utilizado. Es fundamental evaluar si las deformaciones están dentro de los límites de diseño y si la estructura mantendrá su integridad y funcionalidad durante su vida útil. Esto es especialmente importante en áreas donde las deformaciones son mayores, ya que podría haber un riesgo de falla por fatiga a largo plazo.

Las deformaciones unitarias son indicativas de cómo la estructura se estira o comprime bajo cargas, y es crucial que estas se mantengan dentro de las capacidades del material para evitar fallos estructurales. La información proporcionada en la simulación es clave para tomar decisiones informadas sobre el diseño y la seguridad de la estructura.

4.2. Análisis estructural de factor de seguridad

La imagen proporcionada muestra una vista de resultados de la simulación en SOLIDWORKS, centrándose esta vez en el factor de seguridad (FDS o FS, por sus siglas en inglés) de la estructura analizada. En el factor de Seguridad (FS) de la estructura se logra observar que la leyenda a la derecha indica que los valores del factor de seguridad varían entre 1.39 y 2.00. El factor de seguridad es una medida de cuánto excede la capacidad resistente de un material o estructura a las cargas aplicadas.

Figura 4.4: Análisis estructural de deformación



Fuente: El autor

Un factor de seguridad de 1 significaría que la estructura o material está soportando justo su carga máxima teórica sin fallar. Valores por encima de 1 indican una capacidad adicional

para soportar cargas más allá de las aplicadas en el análisis. La distribución de colores indica que las áreas de la estructura tienen diferentes márgenes de seguridad.

Las áreas más cercanas al rojo tienen un factor de seguridad más alto, mientras que las áreas azules tienen un factor de seguridad más bajo. Sin embargo, todas las partes de la estructura tienen un factor de seguridad superior a 1.39, lo que indica que la estructura debería ser capaz de soportar las cargas aplicadas sin fallar. Aunque todos los valores de FS son mayores que 1, las zonas con FS más bajos podrían requerir atención, especialmente si la estructura va a estar sujeta a cargas dinámicas o a un entorno de operación variable. Podría ser prudente incrementar el factor de seguridad en ciertas áreas, ya sea cambiando el diseño, utilizando materiales con mayores propiedades mecánicas o reduciendo las cargas aplicadas.

Esta simulación muestra que la estructura, en teoría, tiene la capacidad de soportar las cargas aplicadas con un margen adecuado. Sin embargo, las decisiones de diseño deben tener en cuenta la aplicación específica, las condiciones de operación y los requisitos de seguridad para garantizar un desempeño seguro y confiable a lo largo del tiempo.

CRONOGRAMA

Tabla 4:1 Cronograma de actividades

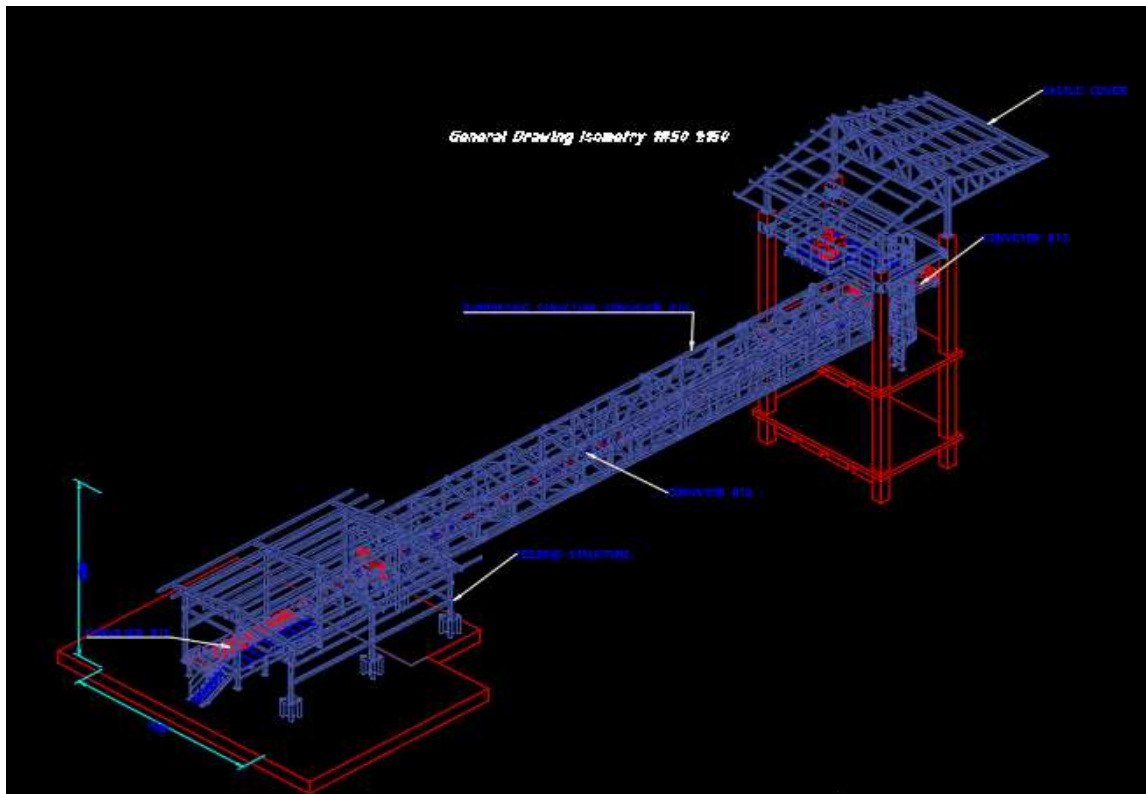
Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	2023							2024						
						oct	nov	dic	ene	feb	mar	ene	feb	mar					
1	✓	PROYECTO	112 días	vie 06/10/23	lun 11/03/24														
2	✓	Elección del tema	13 días	vie 06/10/23	mar 24/10/23														
3	✓	Investigación Preliminar	6 días	vie 06/10/23	vie 13/10/23														
4	✓	Redacción de la "Introducción"	7 días	lun 16/10/23	mar 24/10/23														
5	✓	Estructuración del capítulo 1	27 días	mié 25/10/23	jue 30/11/23														
6	✓	Redación de los antecedentes	7 días	mié 25/10/23	jue 02/11/23														
7	✓	Descripción del problema	4 días	vie 03/11/23	mié 08/11/23														
8	✓	Redacción de la justificación del problema	6 días	jue 09/11/23	jue 16/11/23														
9	✓	Revisión de literatura y documentación del capítulo 1	9 días	lun 20/11/23	jue 30/11/23														
10	✓	Estructuración del capítulo 2	18 días	jue 07/12/23	lun 01/01/24														
11	✓	Investigación del calado del río Guayas	5 días	jue 07/12/23	mié 13/12/23														
12	✓	Banda transportadora y su aplicación en la industria alimentaria	7 días	jue 14/12/23	vie 22/12/23														
13	✓	Redación de tipos de bandas transportadora	3 días	lun 25/12/23	mié 27/12/23														
14	✓	Redación de análisis estructural y factores en ingeniería	3 días	jue 28/12/23	lun 01/01/24														
15	✓	Estructuración del capítulo 3	15 días	mar 02/01/24	lun 22/01/24														
16	✓	Materiales y componentes de la banda transportadora	5 días	mar 02/01/24	lun 08/01/24														
17	✓	Cálculo de la capacidad de la banda	5 días	mar 09/01/24	lun 15/01/24														
18	✓	Análisis estructural del factor seguridad	5 días	mar 16/01/24	lun 22/01/24														
19	✓	Diseño de estructura	17 días	lun 22/01/24	mar 13/02/24														
20	✓	Diseño de estructura	5 días	lun 22/01/24	vie 26/01/24														
21	✓	Diseño de estructura	6 días	mié 24/01/24	mié 31/01/24														
22	✓	Simulación del modelo	5 días	jue 01/02/24	mié 07/02/24														
23	✓	Redacción de resultados	6 días	mar 06/02/24	mar 13/02/24														
24	✓	Conclusión	20 días	mar 13/02/24	lun 11/03/24														
25	✓	Conclusión	5 días	mar 13/02/24	lun 19/02/24														
26	✓	Revisión final	3 días	jue 22/02/24	lun 26/02/24														
27	✓	Correcciones	5 días	mar 27/02/24	lun 04/03/24														
28	✓	Entrega del proyecto final	5 días	mar 05/03/24	lun 11/03/24														

Fuente: El autor

CONCLUSIONES

Con base en la imagen proporcionada y los objetivos establecidos, se puede concluir lo detallado a continuación.

Figura 4.5: Estructura general de transportador



Fuente: El autor

Se ha llevado a cabo el diseño estructural de una banda transportadora destinada al transporte de sacos de alimento, que se alinea con las necesidades de una empresa productora de alimentos para ganado y acuicultura. Este diseño ha sido modelado y simulado mediante software de ingeniería (Autocad), permitiendo una visualización detallada de la estructura y sus componentes.

A través de este modelado, se ha logrado analizar la distribución de cargas en el sistema de transmisión del Transportador de banda. Las estructuras señaladas en la representación gráfica indican un dimensionamiento adecuado para soportar las cargas y condiciones de uso previstas, garantizando la estabilidad y resistencia del sistema.

La simulación realizada mediante el software no sólo facilita la comprensión de la banda transportadora en sí, sino que también ofrece una visualización clara de las distintas funciones y componentes que formarán parte del sistema. Esto es esencial para que tanto diseñadores como operadores y personal de mantenimiento tengan un entendimiento claro de los factores y mecanismos que intervienen en el funcionamiento del Transportador de banda.

La estructura tipo truss analizada en SOLIDWORKS tiene un buen desempeño bajo las condiciones de carga simuladas. No se evidencian problemas de tensiones que superen el límite elástico del material, los desplazamientos son moderados y no comprometen la funcionalidad, y las deformaciones unitarias están dentro de rangos aceptables. Además, el factor de seguridad en toda la estructura indica que hay un margen adecuado contra el fallo. El proyecto presenta un diseño estructural robusto y bien planificada para una banda transportadora que cumple con las expectativas y necesidades de la empresa, habiendo empleado herramientas tecnológicas de vanguardia para su diseño, simulación y análisis.

RECOMENDACIONES

Algunas recomendaciones para futuras investigaciones y mejoras del proyecto son:

1. Estudios de Materiales: Dado que el diseño está hecho, sería bueno estudiar la posibilidad de emplear diferentes materiales que puedan incrementar la durabilidad, resistencia y eficiencia de la banda transportadora.
2. Análisis de Eficiencia Energética: Investigar formas de optimizar el consumo energético de la banda transportadora, considerando diferentes sistemas de transmisión y motorización.
3. Integración con Sistemas de Automatización: Sería interesante explorar cómo este diseño puede integrarse con sistemas de control automático y robótico para mejorar la eficiencia en el manejo y transporte de los sacos de alimento.
4. Diseño Ergonómico: Realizar estudios ergonómicos para garantizar que el diseño es amigable y seguro para los operadores, reduciendo fatiga y riesgos laborales.
5. Estudios de Impacto Ambiental: Analizar el impacto ambiental de la banda transportadora, considerando tanto los materiales utilizados como el consumo energético y las emisiones asociadas.
6. Sistema de Monitoreo y Diagnóstico: Implementar sensores y sistemas de monitoreo en tiempo real que permitan detectar y prevenir problemas o desgastes en la banda y otros componentes críticos.
7. Optimización de la Distribución de Carga: Realizar simulaciones más avanzadas que consideren distintos escenarios de carga y distribución para optimizar el rendimiento y vida útil del transportador.
8. Ampliación de Capacidad: Estudiar la posibilidad de diseñar variantes del sistema que puedan manejar mayores cargas o volúmenes de sacos, permitiendo a la empresa adaptarse a crecimientos futuros.
9. Innovaciones Tecnológicas: Investigar y analizar tecnologías emergentes que puedan ser aplicadas al diseño de la banda transportadora para mejorar su rendimiento, seguridad y eficiencia.

10. Estudios de Ruido y Vibración: Considerar análisis detallados sobre el ruido y vibración generados por el sistema, para garantizar un ambiente laboral adecuado y prevenir desgastes prematuros en los componentes.
11. Validación en Escenario Real: Una vez que el diseño y simulaciones están completos, sería recomendable realizar pruebas en un entorno real para validar las predicciones y realizar ajustes según sea necesario.

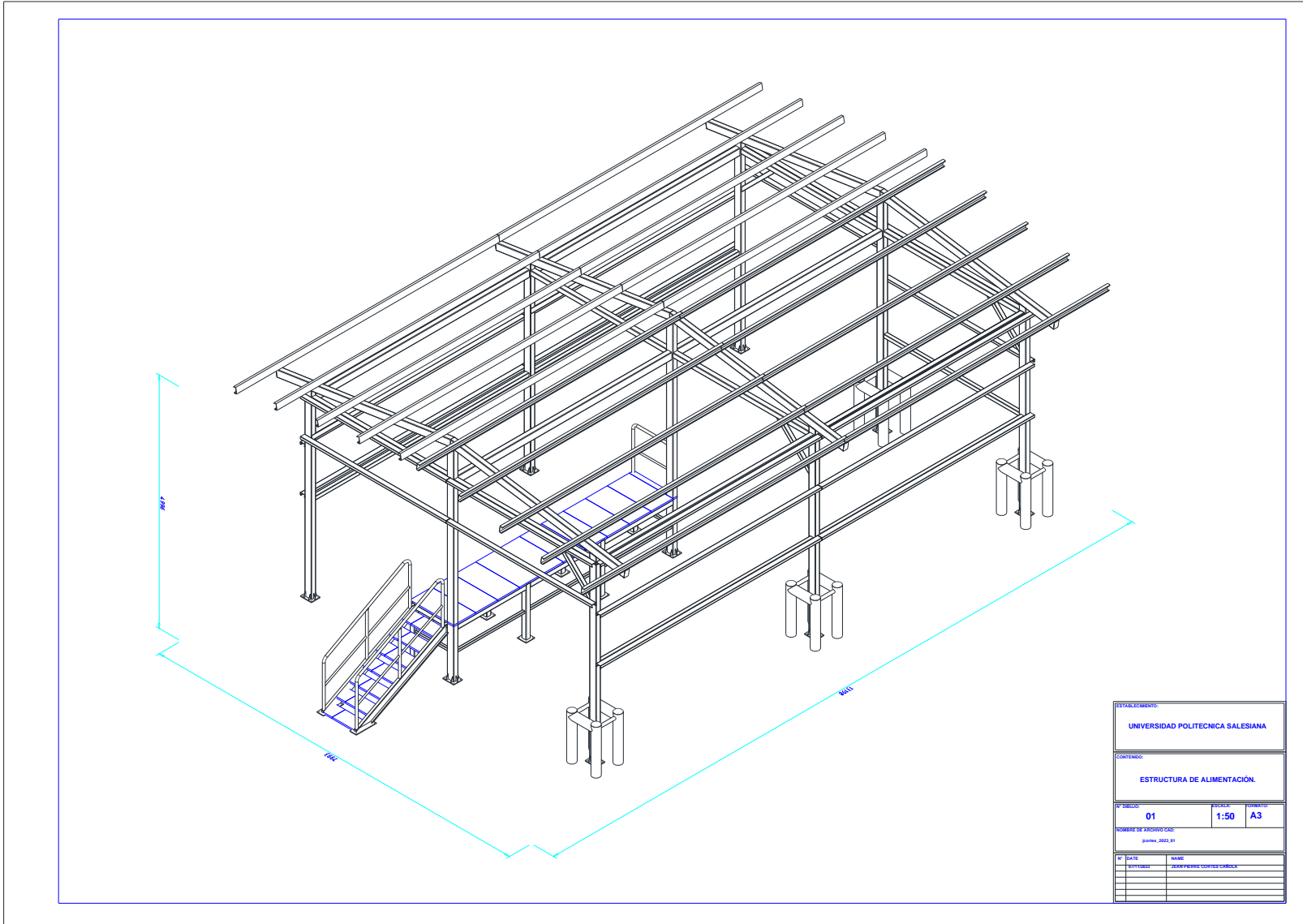
REFERENCIAS

1. QUISPE, V. D. (s.f.). CALCULO, SELECCIÓN Y SIMULACIÓN DE ACCIONAMIENTO DE MOTOR ELÉCTRICO - BANDA TRANSPORTADORA INDUSTRIAL. *IEmaquvd.pdf*. UNIVERSIDAD NACIONAL SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA, AREQUIPA, PERU. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/438638967/IEmaquvd-pdf>
2. Abbas, N. (25 de septiembre de 2018). *Explotación de recursos naturales: definición, tipos y ejemplos*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/explotacion-de-recursos-naturales-definicion-tipos-y-ejemplos-1545.html>
3. Berkowitz, D. E. (2012). *Industria alimentaria*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
4. Chen, H. e. (2018). *Structural Analysis and Optimization of a Food Conveyor Belt Using SolidWorks Simulation*. Proceedings of the 2018 International Conference on Mechanical, Electronic, Control and Automation Engineering (MECAE 2018).
5. Cook, R. D. (2018). *Conceptos y aplicaciones en análisis por elementos finitos*. 6ª ed. Cengage Learning.
6. Dumani, J. R. (s.f.). *La industria arrocera en Ecuador*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
7. Equipo editorial, E. D. (5 de agosto de 2021). *Conservación del medio ambiente*. Obtenido de <https://concepto.de/conservacion-del-medio-ambiente/>
8. Garófalo, C. A., & Burgos, G. P. (2018). PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE ARROZ EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS. *EUMED·NET*.
9. Hibbeler, R. C. (2017). *Análisis Estructural*. 10ª ed. Pearson.
10. Imali, A. G. (2015).
11. imali, A. G. (2015). *Análisis estructural*. Cengage Learning.
12. Juste, I. (12 de abril de 2019). *Sobreexplotación de los recursos naturales: causas y consecuencias*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/sobreexplotacion-de-los-recursos-naturales-causas-y-consecuencias-1501.html>

13. MOLDTRANS, S.L. (07 de 03 de 2022). *Características del transporte marítimo y principales ventajas*. Obtenido de Moldtrans: <https://www.moldtrans.com/principales-caracteristicas-del-transporte-maritimo/>
14. Mora, M. A., Martínez, N. R., & Luzuriaga, F. V. (2020). Impacto de exportaciones primarias en el crecimiento económico del Ecuador: análisis econométrico desde Cobb Douglas, período 2000-2017. *INNOVA Research Journal* , 206.
15. Owen, G. S. (2019). *Diseño de estructuras para la industria alimentaria*. Oxford: Wiley-Blackwell.
16. QUISPE, V. D. (2022). CALCULO, SELECCIÓN Y SIMULACIÓN DE ACCIONAMIENTO DE MOTOR ELÉCTRICO - BANDA TRANSPORTADORA INDUSTRIAL. *IEmaquvd.pdf*. UNIVERSIDAD NACIONAL SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA, AREQUIPA, PERU. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/438638967/IEmaquvd-pdf>
17. Suriani, G. (10 de mayo de 2021). *Educación ambiental y sensibilización: la importancia de la naturaleza en la niñez*. Obtenido de https://www.bioguia.com/ambiente/educacion-sensibilizacion-ambiental-importancia-naturaleza-ninez_91830698.html
18. Vásquez, G. F., Orbes, M. Y., Ortiz, S. R., & Camacho, D. A. (2022). Imágenes radar sentinel 1 en la diferenciación de áreas de cultivo de arroz en la cuenca baja del Río Guayas. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria*, 184.

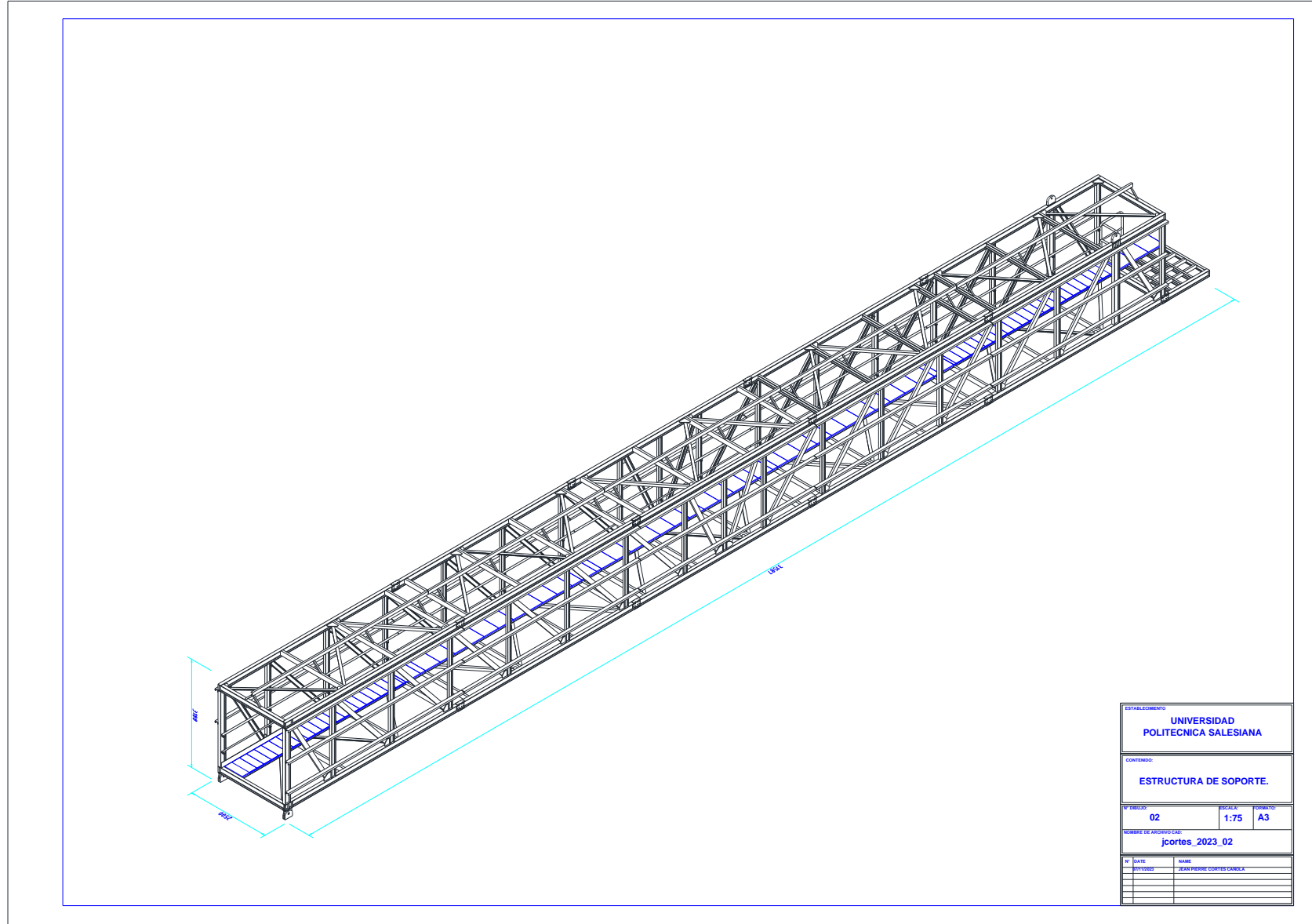
ANEXOS

Anexo 1: Planos generales galpón recepción

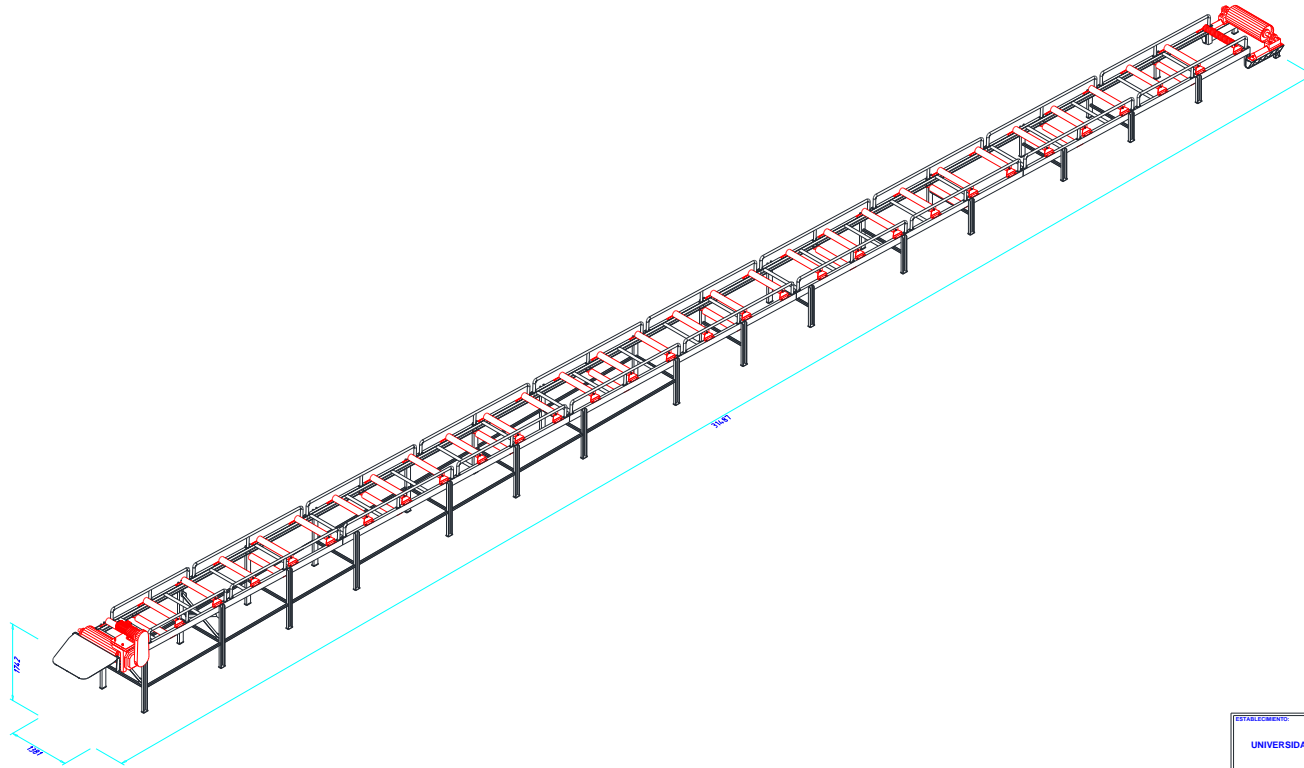


ESTABLECIMIENTO:		
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		
CONTENIDO:		
ESTRUCTURA DE ALIMENTACIÓN.		
N° DISEÑO:	ESCALA:	FOLIO:
01	1:50	A3
INSTITUCIÓN EDUCACIONAL:		
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		
N° DATE:	NAME:	
	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	

Anexo 2: Layout estructura soporte BT2

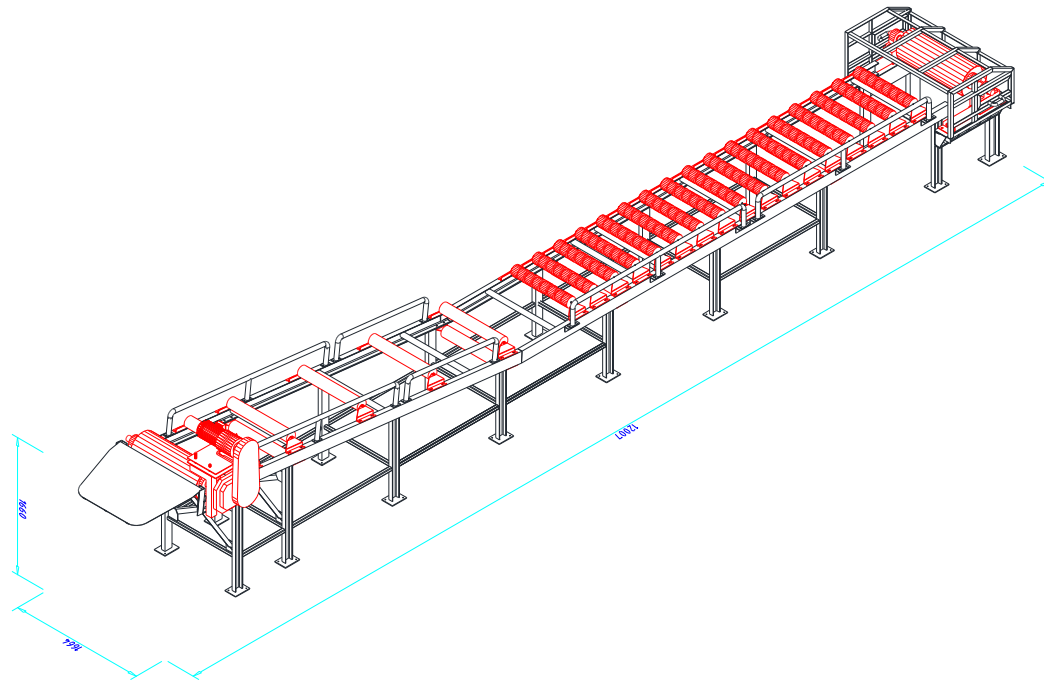


Anexo 3: Layout general BT1



ESTABLECIMIENTO:			
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA			
CONTENIDO:			
TRANSPORTADOR BT2			
Nº DISEÑO	ESCALA	FORMATO	
01	1:75	A3	
NOMBRE DE ARCHIVO CAD:			
puma_2023_01			
FECHA:	NOMBRE:		
20/11/2024	JEAN PABLO CORTEZ CARDILA		

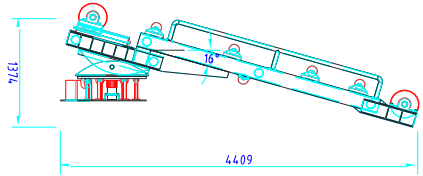
Anexo 4: Layout generales BT2



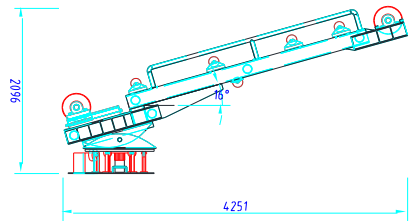
ESTABLECIMIENTO:		
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA		
CONTENIDO:		
TRANSPORTADOR BT1		
Nº DISEÑO:	ESCALA:	FOLIO Nº:
	1:40	A3
NOMBRE DE ARCHIVO CAD:		
problema_2023_01		
Nº DATE:	NOMBRE:	
	JUAN PABLO CORTES CAROLINA	

Anexo 5: Layout generales BT3

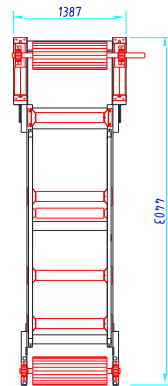
Posición angular negativa del transportador BT3 1:50



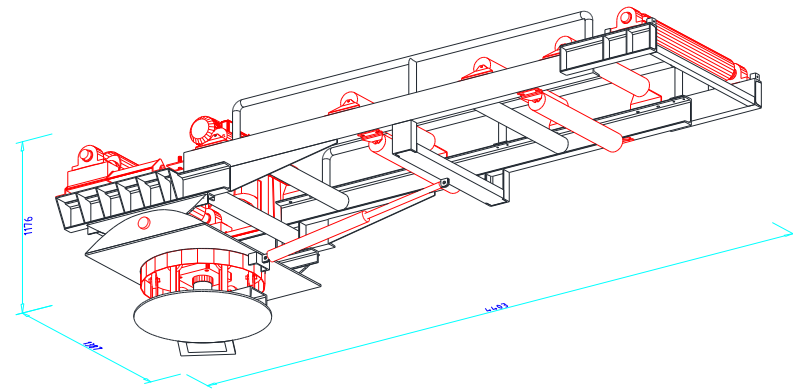
Posición angular positiva del transportador BT3 1:50



Posición angular de 90 grados del transportador BT3 1:50

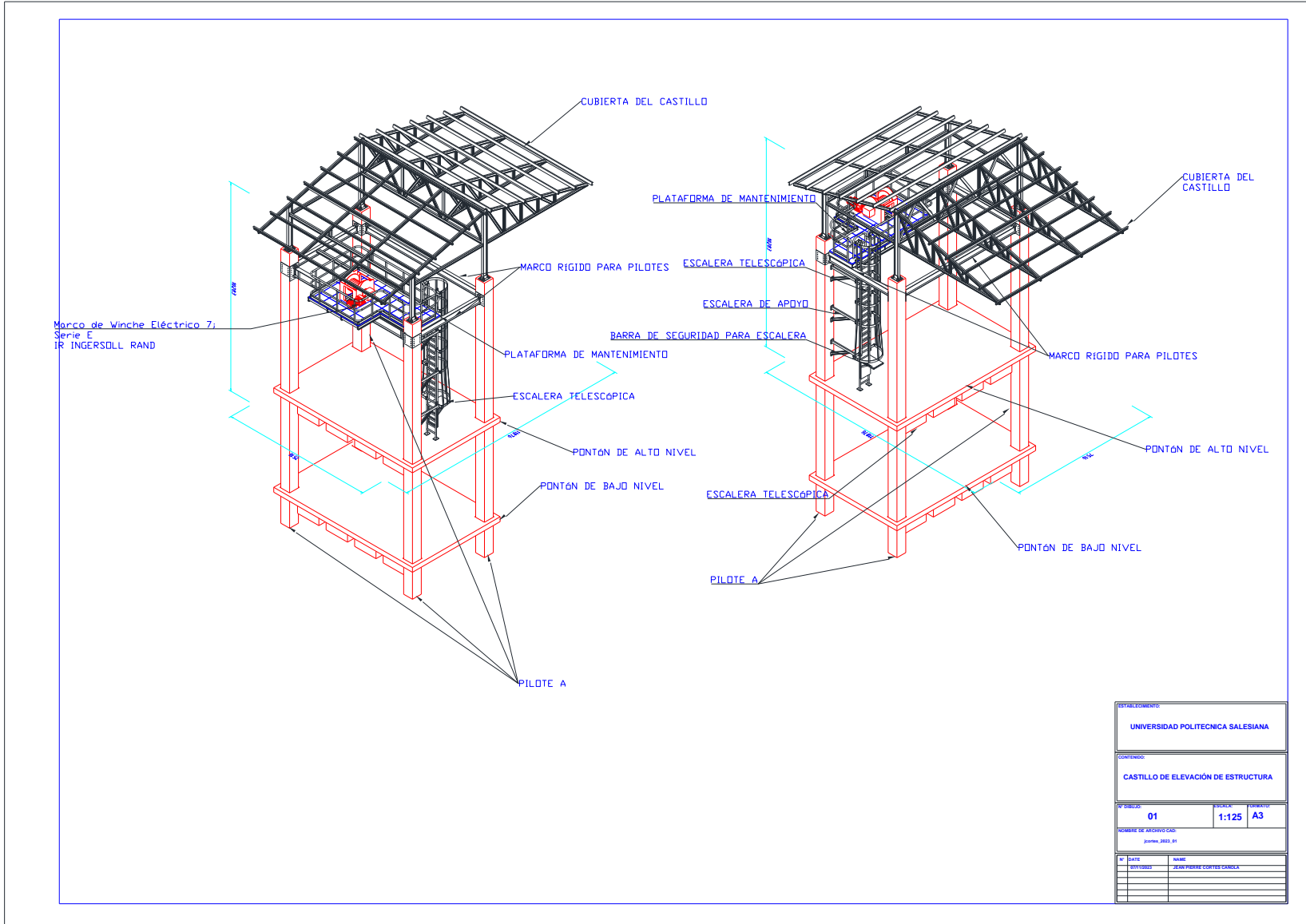


TRANSPORTADOR BT3 1:25



ESTABLECIMIENTO:		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	
CONTENIDO:		TRANSPORTADOR BT3	
N° DIBUJO:	01	ESCALA:	A3
NOMBRE DE ARCHIVO CAD: jorita_2023_01			
N° DATE:	27/11/2023	NOMBRE:	JEAN PIERRE CORTES CAÑOLA

Anexo 6: Layout generales castillo



ESTADÍSTICO		
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		
CONTENIDO		
CASTILLO DE ELEVACIÓN DE ESTRUCTURA		
Nº PROYECTO	ESCALA	FOLIO
01	1:125	A3
NOMBRE DE ARCHIVO CAD		
juntas_3823_01		
Nº	FECHA	NOMBRE
		JEAN PABLO COSTER CAROLLA

Anexo 7: Layout de detalles generales de estructura metálica

