

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**Trabajo de Suficiencia Profesional**

**Diseño Estandarizado de Transportadores Helicoidales de  
alimentos balanceados basado en la norma CEMA para Reducir  
Costo y Tiempo de Fabricación**

Para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico

Elaborado por

Denmark Ghellinck Abanto Pezo

 [0009-0004-1339-0180](https://orcid.org/0009-0004-1339-0180)

Asesor

Dr. Danny Hernán Zambrano Carrera

 [0009-0004-5498-7741](https://orcid.org/0009-0004-5498-7741)

LIMA – PERÚ

2025

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Citar/How to cite            | Abanto Pezo [1]                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Referencia/Reference         | [1] D. Abanto Pezo, “ <i>Diseño Estandarizado de Transportadores Helicoidales de alimentos balanceados basado en la norma CEMA para Reducir Costo y Tiempo de Fabricación</i> ” [Trabajo de Suficiencia Profesional]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025. |
| Estilo/Style:<br>IEEE (2020) |                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Citar/How to cite              | (Abanto, 2025)                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Referencia/Reference           | Abanto, D. (2025). <i>Diseño Estandarizado de Transportadores Helicoidales de alimentos balanceados basado en la norma CEMA para Reducir Costo y Tiempo de Fabricación</i> . [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI. |
| Estilo/Style:<br>APA (7ma ed.) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

### ***Dedicatoria***

*Este trabajo está dedicado a mi amada esposa e hija, por ser mi apoyo y motivación.*

*Asimismo, a la memoria de mi querida madre por su amor incondicional.*

## **Agradecimientos**

Agradezco a la empresa por darme la oportunidad de demostrar mis capacidades y por la facilidad para la recolección de datos tomados en su empresa.

De igual manera a mi asesor, por su apoyo y guía en la culminación de este trabajo.

## Resumen

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como objetivo proponer un diseño estandarizado de transportadores helicoidales para alimento balanceado, basado en la normativa CEMA, a fin de reducir los costos y tiempos de fabricación en la empresa Aditivos e Industria. Actualmente, los equipos son diseñados de manera artesanal y personalizada, lo cual genera variabilidad, sobrecostos, demoras y dificultades en la producción.

La propuesta consiste en establecer parámetros técnicos unificados (diámetro, paso de hélice, velocidad, tipo de artesa, entre otros), lo que permitió el pre-dimensionamiento ideal estandarizado para producción en serie, definiendo modelos tipo con diámetros de artesa desde 6 hasta 16 pulgadas, conforme a los rangos de capacidad de transporte requeridos. Se aplicó una metodología de investigación cuantitativa, de tipo aplicada, con diseño cuasi-experimental transversal, utilizando datos reales de producción de la empresa.

Se concluye que la estandarización bajo norma CEMA mejora la eficiencia del proceso, la calidad del producto final y la competitividad de la empresa. La validación demostró una reducción del tiempo de fabricación a 8 días (desde 11 días) y un ahorro del 17% en costos directos para el modelo equivalente de 10 ton/h, cumpliendo el objetivo de reducción de costos y tiempo. Se recomienda su implementación progresiva en otros modelos de transportadores y su adaptación a otras líneas productivas.

Palabras clave — Transportador Helicoidal, micro insumos, norma CEMA, Eficiencia productiva.

## **Abstract**

This professional sufficiency project aims to propose a standardized design for screw conveyors used in animal feed processing, based on CEMA regulations, with the goal of reducing manufacturing costs and lead times at the company Aditivos e Industria. Currently, each conveyor is custom-designed, leading to variability, delays, and production inefficiencies.

The proposal consists of establishing unified technical parameters (diameter, screw pitch, speed, trough type, among others), which enabled an optimal standardized pre-dimensioning suitable for mass production. This resulted in the definition of model types with trough diameters ranging from 6 to 16 inches, in accordance with the required conveying capacity ranges. The research followed a quantitative, applied, and quasi-experimental cross-sectional methodology using real production data from the company.

The study concludes that standardization based on CEMA guidelines improves manufacturing efficiency, product quality, and company competitiveness. Validation demonstrated a reduction in manufacturing time to 8 days (from 11 days) and a 17% savings in direct costs for the equivalent 10-ton/h model, meeting the objective of reducing cost and time. Gradual implementation in other conveyor models and adaptation to other production lines is recommended.

Keywords — Helical conveyor, micro ingredients, CEMA standard, production efficiency.

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN.....                                                       | V  |
| ABSTRACT .....                                                     | VI |
| INTRODUCCIÓN.....                                                  | XI |
| CAPÍTULO I. GENERALIDADES.....                                     | 1  |
| 1.1. Antecedentes de la Investigación .....                        | 1  |
| 1.2. Identificación y Descripción del Problema de Estudio.....     | 4  |
| 1.3. Formulación del Problema.....                                 | 6  |
| 1.3.1 Problema Principal .....                                     | 6  |
| 1.4. Justificación e Importancia .....                             | 6  |
| 1.4.1 Justificación tecnológica.....                               | 6  |
| 1.4.2 Justificación económica .....                                | 7  |
| 1.4.3 Justificación social .....                                   | 8  |
| 1.5. Objetivos .....                                               | 8  |
| 1.5.1 Objetivo General .....                                       | 8  |
| 1.6. Hipótesis .....                                               | 9  |
| 1.6.1 Hipótesis General.....                                       | 9  |
| 1.7. Variables e Operacionalización de Variables.....              | 9  |
| 1.8. Metodología de la Investigación .....                         | 11 |
| 1.8.1 Unidad de Análisis .....                                     | 11 |
| 1.8.2 Tipo, Enfoque, Nivel y Diseño de Investigación.....          | 11 |
| 1.8.3 Período de Análisis .....                                    | 11 |
| 1.8.4 Fuentes de Información e Instrumentos Utilizados .....       | 11 |
| 1.8.5 Técnicas de Recolección y Procesamiento de Datos .....       | 12 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....                      | 13 |
| 2.1. Marco Teórico .....                                           | 13 |
| 2.1.1 Origen y evolución de los transportadores helicoidales ..... | 13 |

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.2 Principio de funcionamiento .....                                             | 15 |
| 2.1.3 Clasificación de transportadores helicoidales .....                           | 16 |
| 2.1.4 Normativa CEMA para transportadores helicoidales .....                        | 20 |
| 2.1.5 Piensos para animales .....                                                   | 21 |
| 2.2. Marco Conceptual .....                                                         | 22 |
| CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....                         | 24 |
| 3.1. Análisis de Datos.....                                                         | 24 |
| 3.1.1 Restricción de las variables de entrada.....                                  | 24 |
| 3.1.2 Diseño basado en norma CEMA .....                                             | 25 |
| 3.1.3 Diseño de la Transmisión .....                                                | 32 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS, CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS ..... | 33 |
| 4.1. Resultados .....                                                               | 33 |
| 4.1.1 Layouts Estandarizados de Transportadores .....                               | 33 |
| 4.1.2 Potencia Nominal y Conformidad Estructural .....                              | 35 |
| 4.1.3 Proceso de Corte Estandarizado.....                                           | 36 |
| 4.1.4 Reducciones de Tiempo y Costo.....                                            | 37 |
| 4.2. Contrastación de Hipótesis.....                                                | 41 |
| 4.3. Discusión de Resultados .....                                                  | 42 |
| Conclusiones.....                                                                   | 44 |
| Recomendaciones.....                                                                | 45 |
| BIBLIOGRAFIA:.....                                                                  | 46 |
| ANEXOS.....                                                                         | 48 |



## INDICE DE TABLAS

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Productividad de transportadores.....             | 5  |
| Tabla 2. Operacionalización de variables.....              | 10 |
| Tabla 3. Clasificación por tipo de helicoidal .....        | 19 |
| Tabla 4. Rango de capacidades de diseño .....              | 25 |
| Tabla 5. Codificación de materiales .....                  | 27 |
| Tabla 6. Preselección por capacidad de artesa.....         | 28 |
| Tabla 7. Preselección por características especiales ..... | 28 |
| Tabla 8. Preselección según componentes.....               | 29 |
| Tabla 9. Preselección por potencia .....                   | 30 |
| Tabla 10. Preselección por torsión.....                    | 31 |
| Tabla 11. Dimensiones finales de la transmisión .....      | 32 |
| Tabla 12. Tabla de calibres requeridos según diámetro..... | 36 |

## INDICE DE FIGURAS

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Productividad de un Transportador helicoidal .....              | 6  |
| Figura 2: Tornillo de Arquímedes .....                                    | 13 |
| Figura 3: Partes de un Transportador de Tornillo Helicoidal .....         | 14 |
| Figura 4: Funcionamiento de un Transportador de Tornillo Helicoidal ..... | 15 |
| Figura 5: Tipos de transportadores helicoidales según su paso .....       | 18 |
| Figura 6: Pienso para animales .....                                      | 22 |
| Figura 7: Distribución de Macro insumos.....                              | 24 |
| Figura 8: Layout de Transportadores .....                                 | 34 |
| Figura 9: Análisis de Costos Unitarios Antes .....                        | 39 |
| Figura 10: Análisis de Costos Unitarios Después .....                     | 40 |
| Figura 11: Costo Directo Antes y Después .....                            | 41 |
| Figura 12: Tiempo Antes y Después .....                                   | 42 |

## Introducción

En el contexto industrial actual, la eficiencia en los procesos de fabricación es un factor clave para la competitividad de las empresas. En particular, en la industria de producción de alimentos balanceados, los transportadores helicoidales cumplen un papel fundamental en el movimiento interno de insumos y productos. A pesar de su aparente simplicidad, estos equipos requieren un diseño técnico adecuado que garantice su funcionamiento óptimo, durabilidad, bajo mantenimiento y facilidad de fabricación.

La empresa Aditivos e Industria, dedicada a la fabricación de maquinaria para el sector agroindustrial, enfrenta actualmente dificultades asociadas a la falta de estandarización en el diseño y producción de transportadores helicoidales. Cada equipo se desarrolla de forma artesanal, adaptándose individualmente a las necesidades del cliente. Esta práctica genera altos costos operativos, prolongados tiempos de fabricación, una elevada dependencia del criterio del ingeniero de turno y problemas de compatibilidad en el montaje. Además, la ausencia de criterios unificados dificulta la capacitación del personal técnico y eleva el riesgo de errores y reprocesos.

Frente a esta situación, el presente trabajo de suficiencia profesional tiene como objetivo proponer un diseño estandarizado de transportadores helicoidales para microinsumos de alimentos balanceados, aplicando los lineamientos establecidos por la norma CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association). Esta norma internacional establece criterios técnicos para el dimensionamiento de componentes como el diámetro del sinfín, paso de hélice, velocidad de rotación, carga de transporte, tipo de artesa y selección de materiales, lo cual permite desarrollar soluciones repetibles, eficientes y confiables.

Para abordar el problema, se desarrolló una metodología de investigación aplicada, de enfoque cuantitativo, con diseño cuasi-experimental y transversal, basada en la recolección de datos reales de producción y fabricación de la empresa. El estudio abarca desde el diagnóstico del sistema actual, el análisis técnico de fallos y variabilidad, hasta la propuesta de diseños tipo y su validación mediante criterios de ingeniería mecánica.

La estructura del trabajo está organizada de la siguiente manera:

Capítulo I: Generalidades, donde se presenta la problemática, los objetivos, la justificación y el alcance del estudio.

Capítulo II: Marco teórico y conceptual, en el que se definen los conceptos fundamentales sobre transportadores helicoidales, estandarización, eficiencia de fabricación y la norma CEMA.

Capítulo III: Desarrollo del trabajo de investigación, en el cual se realiza la restricción de variables de entrada, luego se ejecuta el diseño del transportador buscando un diseño estandarizado, que incluye el desarrollo de modelos tipo de transportadores helicoidales para diferentes capacidades, utilizando parámetros definidos por CEMA, además de planos técnicos, criterios de selección de materiales y recomendaciones de fabricación.

Capítulo IV: Resultados y validación, donde se cuantifican los beneficios técnicos y económicos de la propuesta, incluyendo un ejemplo real de implementación.

Conclusiones y recomendaciones, que resume los principales aportes del trabajo y plantea futuras líneas de mejora.

Como ejemplo ilustrativo, al aplicar el diseño estandarizado propuesto para un transportador de 10 toneladas por hora, se logró reducir el tiempo de fabricación de 11 días a 8 días, además de generar un ahorro del 17% en costos directos. Asimismo, la estandarización permitió disminuir los errores de ensamblaje, facilitar la formación del personal técnico y mejorar la trazabilidad del producto.

En resumen, este trabajo aporta una solución concreta y replicable al problema de la variabilidad en el diseño de transportadores helicoidales en la empresa. La aplicación de normas técnicas reconocidas, como CEMA, no solo mejora la eficiencia y calidad del producto, sino que también fortalece las capacidades internas de la organización, sentando las bases para un crecimiento sostenible y competitivo en el sector.

# Capítulo I. Generalidades

## 1.1. Antecedentes de la Investigación

Zea, A. (2019)<sup>1</sup> analizó el sistema de transporte de uva en la producción artesanal de pisco en zonas rurales de Arequipa, Perú. La problemática encontrada fue que el sistema actual era manual, lo cual era deficiente y generaba costos elevados, pérdidas de producto y una productividad baja. Por tal motivo, se justificó la implementación de un sistema moderno y mecanizado que sea más eficiente y adaptable. El objetivo de la tesis fue diseñar un transportador helicoidal móvil acoplado a un tractor mediante una toma de fuerza (PowerTake Off) con capacidad de 1 tonelada por hora. La hipótesis planteó que un diseño adecuado permitiría mejorar significativamente la eficiencia y reducir los costos operativos. La metodología aplicada tuvo un enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño no experimental-transversal y recolección de datos mediante observación de campo, mediciones experimentales y simulaciones estructurales en **SAP2000**. Los resultados demostraron la viabilidad técnica y económica del diseño, con bajo nivel de pérdidas de jugo de uva y buena adaptabilidad al terreno rural. En la discusión de resultados se concluyó que el transportador helicoidal supera en eficiencia a otros sistemas como fajas o cangilones, debido a su facilidad de fabricación, limpieza y mantenimiento. Las conclusiones destacaron la efectividad del sistema propuesto y se recomendó su estandarización para facilitar su fabricación en talleres rurales, además de promover su aplicación en otros procesos agroindustriales.

---

Zea, A. (2019). Propuesta de un sistema de transporte helicoidal para uva tipo móvil con una capacidad de 1ton/hr. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín]. Alicia.  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA\\_6886e3079d0cf3685b6062f5fe948e85](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_6886e3079d0cf3685b6062f5fe948e85)

Calderón, J., García, M. (2022)<sup>2</sup> desarrollaron un estudio sobre los procesos de fabricación de transportadores helicoidales estándar en el Taller Casas SAC, ubicado en Lambayeque, Perú. El problema identificado fue el uso ineficiente de cálculos manuales que generaba demoras, errores y costos elevados en la fabricación de estos equipos. La investigación se justificó por la necesidad de optimizar dicho proceso mediante herramientas accesibles y efectivas como hojas de cálculo en Excel. El objetivo general fue implementar una aplicación basada en la metodología **Martin**, para mejorar el proceso de diseño y fabricación de transportadores helicoidales estándar. La hipótesis planteó que el uso de dicha metodología permitiría optimizar tiempos de cálculo, mejorar precisión y reducir costos operativos. La metodología empleada tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con nivel descriptivo, diseño no experimental-transversal, utilizando como técnica de recolección de datos la entrevista a expertos y el análisis documental. Los resultados demostraron que la implementación de la aplicación optimizó significativamente los tiempos de cálculo y permitió estandarizar los parámetros de diseño, generando ahorros económicos y mejoras en la calidad de fabricación. En la discusión de resultados, los autores destacan que esta herramienta digital facilita la selección de componentes, el cálculo de potencia y torque, y permite la personalización de los transportadores según los requerimientos del cliente. Las conclusiones indicaron que la metodología propuesta es viable, económica y adaptable a otros talleres metalmecánicos. Finalmente, recomendaron la estandarización del uso de esta herramienta en procesos de fabricación similares y su aplicación en otros sectores industriales para potenciar la productividad y eficiencia.

---

Calderón, J., García, M. (2022). Implementación de una aplicación basada en metodología Martin para optimizar la fabricación de transportadores helicoidales estándar. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Alicia.  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV\\_5bd92e9040e3c4f1afb5f2772ee9cdc7](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_5bd92e9040e3c4f1afb5f2772ee9cdc7)

Obregón, R. (2023)<sup>3</sup> desarrolló un estudio sobre el diseño de un transportador helicoidal con sistema de inclinación variable para uso industrial, considerando como problema la ausencia de equipos didácticos de este tipo en laboratorios universitarios, lo que limita el aprendizaje práctico en ingeniería mecánica. La investigación se justificó por la necesidad de desarrollar un prototipo que sirva de referencia para futuros proyectos educativos e industriales. El objetivo principal fue diseñar un transportador helicoidal modular con variación de inclinación controlada mediante un PLC (Controlador Lógico Programable). La hipótesis planteó que la incorporación de un sistema de control automatizado permitiría optimizar el funcionamiento y evaluación del transportador. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel descriptivo y diseño no experimental; la técnica de recolección de datos se basó en análisis documental, revisión bibliográfica, cálculos normativos (CEMA y Martin) y simulaciones en SolidWorks. Entre los principales resultados, se obtuvo un transportador con capacidad de 1.5 ton/h, un motor de 0.14 kW, una longitud de 2 metros y diámetro de hélice de 9 pulgadas, operando a 12 rpm y con un sistema de inclinación de 0° a 35°, controlado por un PLC. En la discusión de resultados, se demostró que el diseño es viable, eficiente y adaptable a diferentes materiales y condiciones operativas, destacando la precisión de los cálculos estructurales y de torque. Las conclusiones reafirmaron la efectividad del diseño modular y recomendaron su implementación en laboratorios de ingeniería y talleres industriales, promoviendo el uso de tecnología automatizada y software de diseño para futuros desarrollos de transportadores helicoidales con características personalizadas.

---

Obregón, R. (2023). Diseño modular de transportador helicoidal de inclinación variable aplicando controlador lógico programable. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Alicia.  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSR\\_9edb16f493cfb2871056207c036da82f/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSR_9edb16f493cfb2871056207c036da82f/Details)

## **1.2. Identificación y Descripción del Problema de Estudio**

Actualmente, la empresa actualmente no cuenta con un diseño estandarizado de transportadores helicoidales, sino que lo realiza de manera individual y artesanal según cada requerimiento específico. Esta falta de estandarización genera ineficiencias en el proceso, traduciéndose en mayores costos operativos y tiempos de fabricación poco competitivos. Asimismo, el diseño de los transportadores varía según el criterio de cada ingeniero, lo que ha dado lugar a inconsistencias técnicas; por ejemplo, para una misma capacidad de transporte se utilizan artesas de diferentes dimensiones. En algunos casos, incluso se han fabricado artesas de mayor tamaño con menor capacidad efectiva que otras más pequeñas. Esta falta de uniformidad complica el trabajo de los operarios, quienes no pueden seguir un patrón estándar durante la fabricación. Como consecuencia, se generan demoras, defectos, reprocesos y disminución de la calidad del producto final.

La fabricación y diseño de transportadores helicoidales puede presentar diversos problemas técnicos si no se consideran adecuadamente ciertos parámetros críticos. Uno de los principales errores es la selección incorrecta del paso de la hélice, lo cual afecta directamente la capacidad de transporte y puede provocar un flujo irregular del material, generando atascos en el sistema. Asimismo, un diámetro del tornillo inadecuado impacta el rendimiento del equipo: si el tornillo está subdimensionado, la capacidad de transporte será limitada; si está sobredimensionado, el costo de fabricación y operación será excesivo. Otro problema frecuente es la velocidad de rotación inadecuada; velocidades muy altas generan vibraciones y un desgaste prematuro del equipo y sus componentes, mientras que velocidades muy bajas impiden alcanzar la capacidad de transporte deseada. A estos factores se suma la inadecuada selección del motor o del sistema de transmisión, que puede comprometer la eficiencia energética y la vida útil del conjunto. Finalmente, la selección inapropiada de la artesa, tanto en su tipo (en U o tubular) como en la holgura existente entre hélice y carcasa, puede provocar fricción excesiva, desgaste acelerado y sobreesfuerzo del motor, afectando gravemente la operación del transportador.



En el diseño y fabricación de transportadores helicoidales, uno de los problemas más frecuentes es la selección inadecuada de materiales en función del tipo de producto a transportar. Esta situación es especialmente crítica cuando se manejan materiales abrasivos, corrosivos, adherentes o de granulometría fina (polverulentos), ya que puede comprometer la durabilidad como el desempeño del equipo. Un ejemplo común es el desgaste prematuro de la hélice, el cual se ve acentuado por la ausencia de recubrimientos protectores o por la elección de un espesor insuficiente, lo que reduce significativamente su vida útil. Asimismo, la utilización de ejes fabricados con materiales de baja resistencia mecánica puede provocar deflexiones no deseadas, afectando la alineación del sistema, generando vibraciones y aumentando el riesgo de fallas estructurales.

En la tabla 1 podemos apreciar la productividad actual de la empresa para la fabricación de un transportador estándar de 3 metros de longitud.

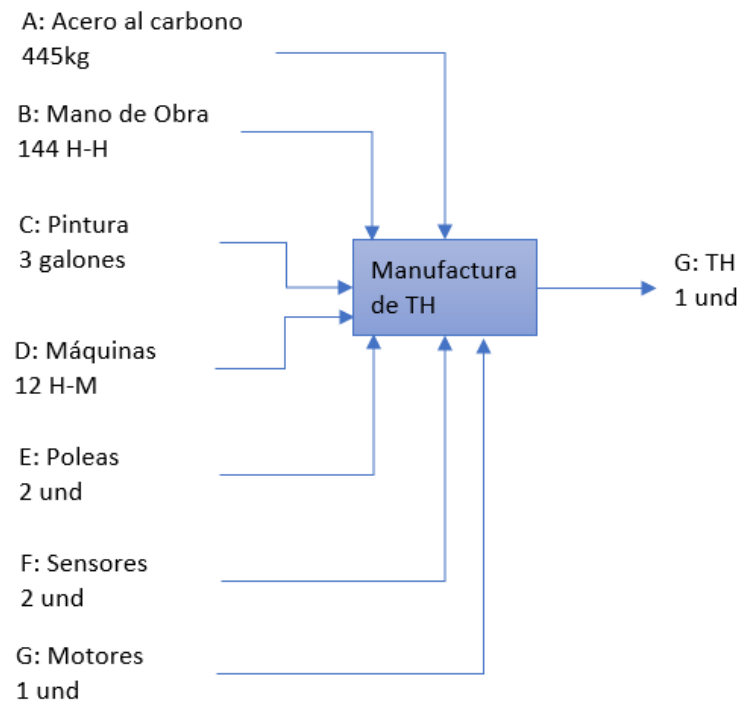
**Tabla 1.**

*Productividad de Transportadores*

| <b>RECURSO</b>   | <b>PRODUCTIVIDAD DE TH</b> |
|------------------|----------------------------|
| Acero al carbono | 0.0020 und / ton acero     |
| Mano de Obra     | 0.0069 und / H-H           |
| Pintura          | 0.3333 und / gal pintura   |
| Máquinas         | 0.0833 und / H-M           |
| Poleas           | 0.5000 und / und polea     |
| Sensores         | 0.5000 und / und sensores  |
| Motores          | 1.0000 und / und motores   |

De igual manera, en la figura 1 se aprecia un flujo de dicha productividad donde se indican la cantidad de insumos para fabricar un transportador helicoidal.

**Figura 1:** Productividad de un Transportador helicoidal.



### 1.3. Formulación del Problema

#### 1.3.1 Problema Principal

¿De qué manera se reducen los costos y tiempo de fabricación de transportadores helicoidales en la empresa Aditivos e Industria?

### 1.4. Justificación e Importancia

#### 1.4.1 Justificación tecnológica

La implementación de estándares en los procesos de diseño y fabricación de transportadores helicoidales representa una estrategia clave para mejorar la calidad, eficiencia y competitividad industrial. La estandarización de parámetros técnicos y procedimientos permite reducir significativamente la variabilidad del producto final, llevando

a reducir significativamente sus defectos. Al establecer parámetros técnicos uniformes y buenas prácticas, se asegura que cada etapa del proceso cumpla con niveles de calidad consistentes. Esto no solo mejora el desempeño del producto, sino que también eleva su confiabilidad, rendimiento y la vida útil del equipo.

Además, la aplicación de estándares fomenta la sistematización de la documentación técnica, lo que facilita la transferencia del conocimiento al personal operativo y técnico. Esta claridad en la información acelera los procesos de capacitación y permite una fabricación más ágil, reproducible y adaptable en distintas líneas o plantas de producción, sin necesidad de rediseñar desde cero para cada caso particular. En conjunto, estos beneficios posicionan la estandarización no solo como una solución técnica, sino como un factor estratégico para la mejora continua y la sostenibilidad de los procesos industriales.

#### **1.4.2 Justificación económica**

La estandarización de procedimientos en los procesos de diseño y fabricación tiene un impacto directo en la eficiencia operativa y en la optimización de los recursos económicos. Cuando los procesos están claramente definidos y documentados, el personal técnico puede ejecutar sus tareas con mayor precisión, evitando improvisaciones, errores repetitivos y tiempos muertos. Esto se traduce en una mayor productividad, ya que cada trabajador conoce con claridad qué hacer, cómo hacerlo y en qué condiciones específicas, desde el inicio de la operación.

Asimismo, la aplicación de estándares técnicos contribuye a la reducción de costos operativos al mejorar el aprovechamiento de materiales, disminuir el desperdicio y minimizar la necesidad de reprocesos. Al contar con diseños validados y procesos

repetibles, se reduce significativamente el tiempo dedicado a las etapas de planificación, ajustes y fabricación. Esta eficiencia global permite un uso más racional de los recursos financieros, materiales y humanos, aumentando la rentabilidad de la operación sin comprometer la calidad del producto final.

### **1.4.3 Justificación social**

La estandarización de procesos en la fabricación no solo genera beneficios técnicos y económicos, sino que también tiene un impacto social significativo al mejorar la calidad del producto y la satisfacción del cliente. Al garantizar entregas más rápidas y constantes en calidad, se fortalece la confianza del cliente en la empresa, lo que incrementa su fidelización y promueve relaciones comerciales sostenibles a largo plazo.

Esta percepción positiva del cliente contribuye directamente al posicionamiento de la empresa en el mercado, mejora su reputación institucional y facilita la expansión de su cartera de clientes. A su vez, el crecimiento sostenido del negocio impulsa la generación de empleo local, la estabilidad laboral del personal técnico y el fortalecimiento de la cadena de valor, lo cual representa un aporte concreto al desarrollo económico y social de la comunidad.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Proponer un diseño estandarizado de transportadores helicoidales de alimento balanceado basado en la norma Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) para reducir los costos y tiempo de su fabricación en la empresa Aditivos e Industria.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1 *Hipótesis General***

El diseño estandarizado de transportadores helicoidales de alimento balanceado basado en la norma Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) reduce los costos y tiempo de su fabricación en la empresa Aditivos e Industria.

## **1.7. Variables e Operacionalización de Variables**

En la tabla 2 se presentan las variables dependientes y la variable independiente en la tabla de operacionalización de variables.

**Tabla 2.***Operacionalización de Variables*

| Variable                                                          | Definición Conceptual                                                                                                                                                                                                                                                                | Definición Operacional                                                                                                                                                                                     | Dimensiones                                                                                              | Indicadores                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| VI: Diseño Estandarizado de transportador helicoidal – Norma CEMA | Es el proceso de formular un plan para la elaboración de transportadores helicoidales siguiendo procedimientos uniformizados basados en la norma CEMA para obtener un equipo funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que se pueda fabricar y comercializar (Shigley, 2008). | El transportador helicoidal sirve para movilizar los macro insumos de alimento de un punto a otro siguiendo los criterios ya establecidos por la normativa CEMA.                                           | 1. Material del transportador<br>2. Capacidad<br>3. Producto a transportar<br>4. Distancia a transportar | 1. Acero A36<br>2. ton/h<br>3. Catalogado bajo norma CEMA<br>4. Longitud en metros                              |
| VD1: Costo de Fabricación                                         | Es el monto total de recursos económicos invertidos en el proceso de producción de un transportador helicoidal, considerando los costos directos e indirectos asociados a materiales, mano de obra y uso de maquinaria y herramientas.                                               | Medición monetaria de los gastos incurridos en la producción del transportador helicoidal estandarizado, desglosando costos en insumos, personal y equipamiento a través del análisis de costos unitarios. | 1. Costo Directo<br>2. Costo Indirecto                                                                   | 1. Costo de materiales y mano de obra<br>2. Costo de depreciación de equipos                                    |
| VD2: Tiempo de Fabricación                                        | Es el lapso total de horas que abarca desde el inicio de la etapa de diseño hasta la finalización de la fabricación de un transportador helicoidal, incluyendo diseño, corte, soldadura, ensamblaje y pruebas.                                                                       | Registro cronológico de la duración de cada etapa del proceso de producción, desde el diseño hasta el producto terminado, midiendo el tiempo efectivo empleado en horas reales de trabajo.                 | 1. Tiempo de diseño<br>2. Tiempo de fabricación<br>3. Tiempo de ensamblaje y pruebas                     | 1. Horas de diseño<br>2. Horas de corte, conformado, soldeo y armado<br>3. Horas de ensamble y puesta en marcha |

## **1.8. Metodología de la Investigación**

### **1.8.1 Unidad de Análisis**

La unidad de análisis del presente trabajo es el diseño de un transportador helicoidal de macro insumos de alimento balanceado a nivel de ingeniería conceptual y básica para la empresa Aditivos e Industria.

### **1.8.2 Tipo, Enfoque, Nivel y Diseño de Investigación**

Este trabajo es de investigación aplicada porque se va a resolver un problema concreto y real de la industria mediante la utilización de conocimientos teóricos y técnicos previamente establecidos. El enfoque es cuantitativo porque se hará el contraste con valores numéricos para sustentar la hipótesis propuesta. De esta manera, el alcance es de carácter descriptivo ya que no se manipulará ni modificará las variables. Finalmente, el diseño metodológico es cuasi experimental-transversal, ya que se aplicará una propuesta de mejora en un entorno real sin control total de las variables, y se recopilarán los datos en un único momento del tiempo.

### **1.8.3 Período de Análisis**

El período de análisis es de un año, ya que la empresa recién ha empezado a meterse al rubro de fabricación de transportadores helicoidales, de cangilones, etc.

### **1.8.4 Fuentes de Información e Instrumentos Utilizados**

Las fuentes de información fueron los datos de requisiciones y producción de la empresa. Los instrumentos son los indicadores de rendimiento productivo (KPI) de la empresa.

#### ***1.8.5 Técnicas de Recolección y Procesamiento de Datos***

La recolección de datos es por observación cuantitativa de los materiales, horas hombre y horas máquinas empleadas para la fabricación de un transportador helicoidal.



## Capítulo II. Marco teórico y conceptual

### 2.1. Marco Teórico

#### 2.1.1 Origen y evolución de los transportadores helicoidales

Según Montenegro A. (2024) los transportadores helicoidales son equipos utilizados para el transporte de materiales sólidos a granel, cuyo principio de funcionamiento se basa en el tornillo de Arquímedes que se muestra en la figura 2, una invención con más de 2000 años de antigüedad. A lo largo de la historia, este sistema ha evolucionado considerablemente, pasando de ser una simple herramienta para elevar agua a convertirse en uno de los métodos más eficaces y económicos para el movimiento continuo de materias primas en distancias cortas. El tornillo de Arquímedes consistía originalmente en un eje hueco con espiras y un tubo que lo rodeaba, donde el movimiento del eje permitía la elevación de elementos líquidos al quedar confinados entre el tubo y las espiras. Esta misma configuración básica se mantiene en los transportadores helicoidales modernos, adaptada para el manejo de materiales sólidos.

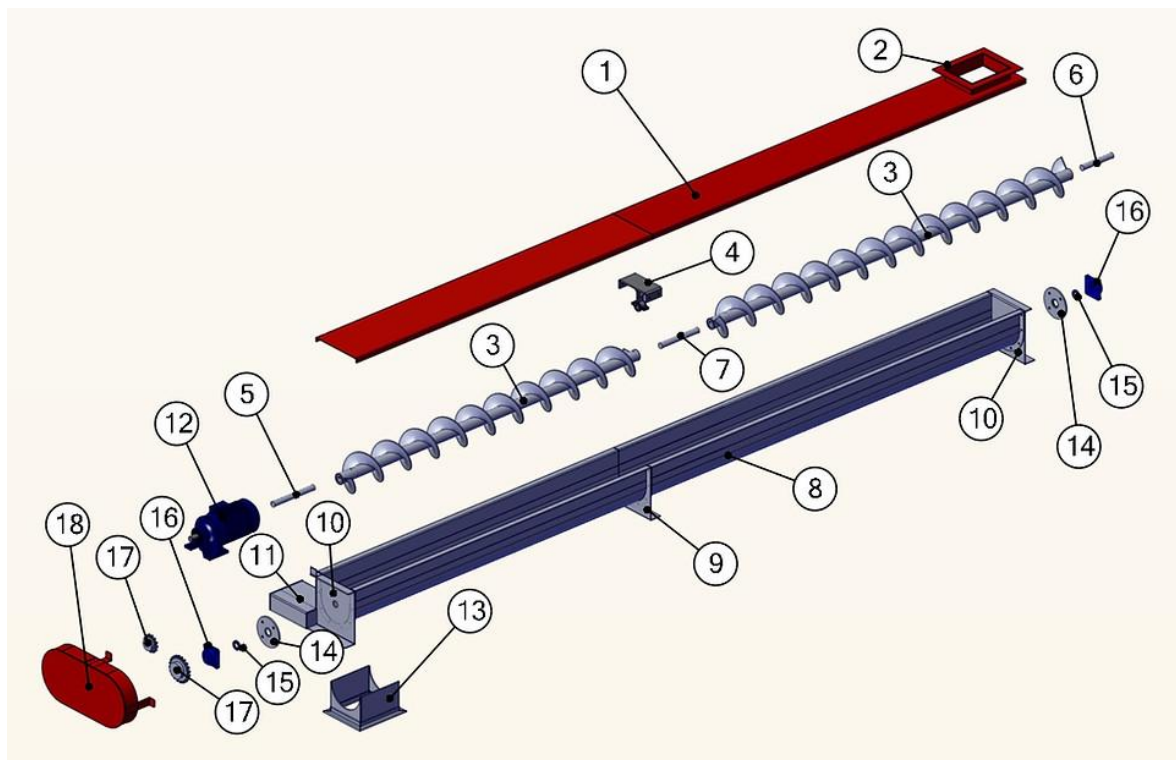
**Figura 2: Tornillo de Arquímedes**



Nota. Internet <https://sapereaudeclasicas.blogspot.com/search?q=tornillo>

Las partes típicas de un transportador de tornillo helicoidal se pueden apreciar en la figura 3, en ellas se ve la cubierta superior o tapa superior (1), el ducto de alimentación (2), el eje tubular donde van las hélices (3) que son los sinfines, los colgantes intermedios con buje (4) en el caso de superar los 3m, flecha o eje motriz (5), la flecha o eje terminal (6), la flecha o eje intermedio (7) en el caso de superar los 3m de longitud, la artesa tipo U (8), el pie de soporte intermedio (9), las tapas laterales (10), la base del motorreductor (11), el motorreductor (12), el ducto de descarga de producto (13), los portasellos (14), los sellos (15), las chumaceras (16), los piñones de transmisión (17) y finalmente la guarda de seguridad (18).

**Figura 3: Partes de un Transportador de Tornillo Helicoidal**



Nota. Internet <https://www.begahelicoidales.com/transportador-helicoidal-usos-parte>

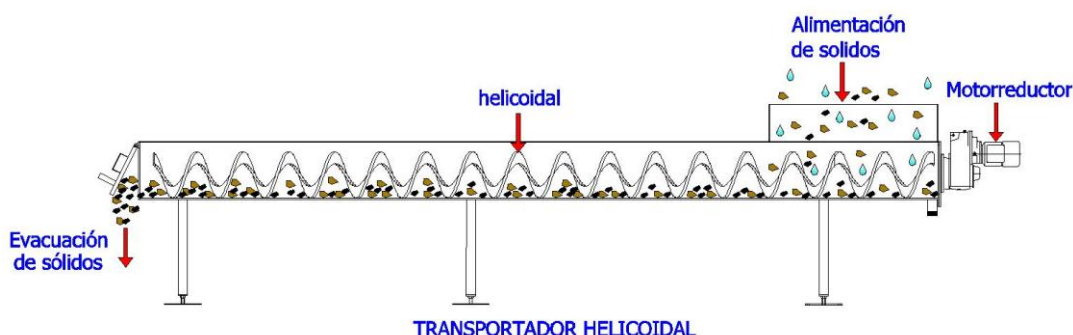
En el ámbito industrial contemporáneo, los transportadores helicoidales han ganado relevancia debido a su versatilidad y eficiencia para mover diversos tipos de materiales,

desde granos y polvos hasta materias primas industriales. Su evolución ha sido impulsada por la necesidad de optimizar procesos productivos, reducir costos operativos y mejorar la eficiencia en cadenas de suministro. En la industria de alimentos balanceados, contexto específico de la tesis, estos equipos son fundamentales para el transporte de macro insumos, un proceso crítico que requiere precisión, confiabilidad y eficiencia para garantizar la calidad del producto final.

### 2.1.2 Principio de funcionamiento

El funcionamiento de un transportador helicoidal está basado en el principio del tornillo de Arquímedes, donde el elemento transportador principal es un metal laminado conformado en hélice alrededor de un tubo en sentido longitudinal, creando un tornillo sin fin. Este tornillo reposa sobre ejes y opera dentro de una canaleta curva que soporta la carga del material a transportar como se aprecia en la figura 4. Durante la operación, la fricción en las paredes de la canaleta, combinada con la fuerza de gravedad, limita el traslado de la materia prima en dirección axial al tornillo sin fin, lo que permite el avance controlado del material. Este efecto se acentúa cuando el transportador se instala en posición inclinada, ya que tanto la fricción como el efecto de la gravedad aumentan.

**Figura 4: Funcionamiento de un Transportador de Tornillo Helicoidal**



Nota. Internet <https://ecma.com.mx/producto/transportador-helicoidal/>

La eficiencia del transporte está determinada por múltiples factores, incluyendo las características físicas del material (como densidad, tamaño de partícula y fluidez), las dimensiones y configuración del helicoidal (diámetro, paso y espesor), y los parámetros operativos (velocidad de rotación e inclinación). El diseño adecuado de estos elementos es crucial para garantizar un transporte eficiente y prevenir problemas comunes como atascos, desgaste prematuro o insuficiente capacidad de transporte. En el contexto de los macro insumos para alimentos balanceados, se requiere un diseño que considere las propiedades específicas de estos materiales para asegurar un flujo constante y sin interrupciones.

### **2.1.3 Clasificación de transportadores helicoidales**

Según Zea, A. (2019) los transportadores helicoidales se clasifican principalmente según el paso de su hélice, entendiendo como paso la distancia entre el final de una espira y el inicio de la siguiente en sentido longitudinal, o la distancia que recorrería una partícula en una vuelta completa (360 grados) del helicoidal. Esta característica determina la eficiencia y aplicación específica de cada tipo de transportador.

**a. Transportadores de paso estándar:** Estos transportadores se caracterizan por tener un paso igual al diámetro de su helicoide tal como se muestra en la figura 5(a). Son los más comúnmente utilizados para el transporte continuo de materiales a granel en posición horizontal, donde se requiere un flujo constante y predecible. Su diseño permite un balance adecuado entre capacidad de transporte y requerimientos de potencia, lo que los hace ideales para aplicaciones generales en diversas industrias. En el contexto de los alimentos balanceados, estos transportadores son adecuados para el movimiento de materiales de fluidez media en tramos horizontales de la planta de producción.

**b. Transportadores de paso corto:** En este tipo de transportadores, el paso equivale aproximadamente a  $2/3$  del diámetro del helicoide como se aprecia en la figura 5(b). Su aplicación principal es el transporte de materiales en inclinaciones superiores a 20 grados,

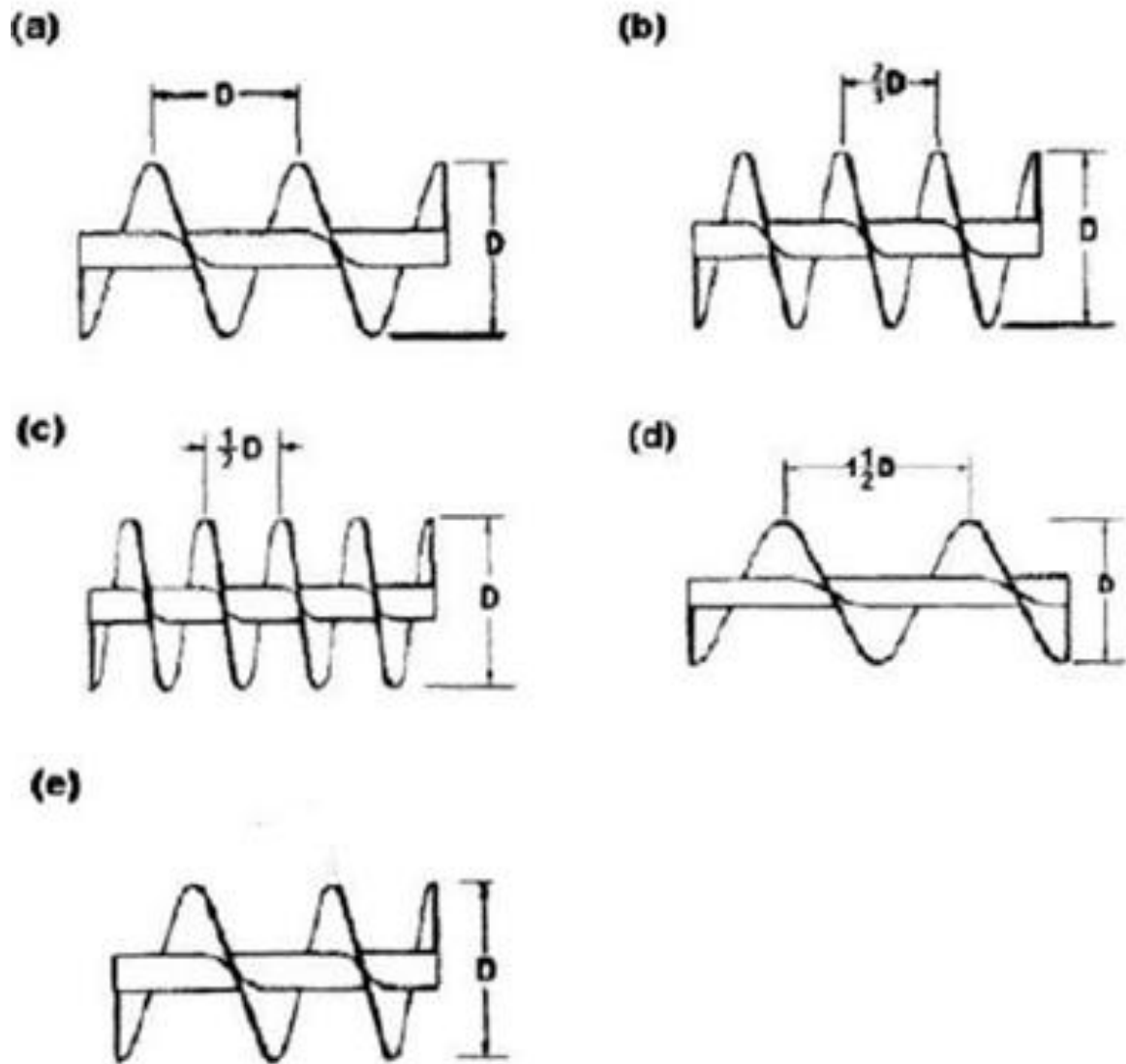
donde los transportadores estándares perderían eficiencia. Adicionalmente, se utilizan para controlar el ingreso de material y reducir descargas abruptas, lo que los hace particularmente útiles en procesos que requieren dosificación precisa. La relación inversamente proporcional entre la longitud del paso y la eficiencia del transportador hace que estos equipos sean idóneos para aplicaciones donde se prioriza el control sobre la velocidad de transporte.

**c. Transportadores de paso medio:** Estos transportadores presentan un paso equivalente a la mitad del diámetro de su helicoide como se aprecia en la figura 5(c). Su diseño está optimizado para aplicaciones verticales o altamente inclinadas, especialmente cuando se transportan materiales con alta fluidez. Esta configuración permite un mejor control del flujo de materiales que podrían deslizarse o caer en sistemas con mayor paso, asegurando un transporte uniforme incluso en condiciones desfavorables. En la industria de alimentos balanceados, estos transportadores pueden ser utilizados para elevar materias primas en espacios reducidos donde los elevadores de cangilones tradicionales no son viables.

**d. Transportadores de paso largo:** Estos transportadores presentan un paso que es 1.5 veces el diámetro del helicoidal y son usados comúnmente como agitadores de materiales de alta fluidez. Esto se aprecia en la figura 5(d).

**e. Transportadores de paso variable:** Estos transportadores poseen un helicoidal que varía de forma gradual ya sea que incrementan o decrecen su paso. Son empleados para mover materiales de manera uniforme cuando estos presentan alta fluidez como se muestra en la figura 5(e).

**Figura 5: Tipos de transportadores helicoidales según su paso**

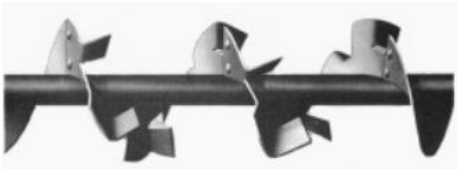
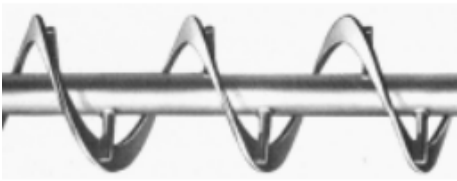


*Nota. Adaptado de Montenegro, V. (2024)*

Malla, J. (1995) nos presenta otra clasificación de transportadores según las modificaciones especiales en su hélice para diversos fines. En la tabla 3 se observa dicha clasificación:

**Tabla 3. Clasificación por Tipo de Helicoidal**

*Clasificación por Tipo de Helicoidal*

| Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Ilustración                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Helicoidal con corte</b><br>Usado para transporte, enfriamiento y mezcla moderada en simultáneo                                                                                                                                                                                                                                            |    |
| <b>Helicoidal con corte y doblez</b><br>El doblez eleva una porción del material y luego lo libera en la parte superior del flujo regular. Esto mejora la aireación y la agitación del material, lo que facilita su mezcla.                                                                                                                   |    |
| <b>Helicoidal regular con paletas mezcladoras</b><br>Se utiliza para mezclar materiales donde la longitud del transportador proporciona tiempo para una mezcla adecuada.                                                                                                                                                                      |    |
| <b>Helicoidal de paletas mezcladoras</b><br>El helicoidal consiste de solo paletas, las cuales consisten en cuchillas de acero montada sobre vástagos insertados a la tubería. El transporte se puede controlar ajustando el ángulo de las paletas. Se utilizan para mezclar, combinar o remover materiales secos o fluidos.                  |  |
| <b>Helicoidal de cintas mezcladoras</b><br>Consisten en helicoidales tipo cintas continuas, fabricadas con barras de acero y fijadas a la tubería mediante soportes. Se utilizan para transportar sustancias pegajosas, gomosas o viscosas, o cuando el material tiende a adherirse a las paletas en la esquina donde se unen con la tubería. |  |

*Nota. Adaptado de Malla, J. (1995)*

#### **2.1.4 Normativa CEMA para transportadores helicoidales**

La Asociación de Fabricantes de Equipos de Transporte (CEMA, por sus siglas en inglés) ha desarrollado normativas específicas para el diseño, fabricación, instalación y operación segura de transportadores helicoidales. Estas normativas establecen estándares de la industria que garantizan tanto la eficiencia operativa como la seguridad del personal involucrado en su manejo.

CEMA proporciona directrices detalladas sobre aspectos críticos como las dimensiones estandarizadas, capacidades de carga recomendadas, requisitos de potencia, materiales adecuados según la aplicación, y consideraciones de seguridad. La adherencia a estas normativas no solo asegura un diseño técnicamente sólido, sino que también facilita la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes y simplifica los procesos de mantenimiento y reemplazo de componentes.

Un aspecto particularmente enfatizado por CEMA es la seguridad operativa, insistiendo en que "la única protección real contra lesiones es la desconexión y el bloqueo de la energía eléctrica que se alimenta al motor de la transmisión". Esta filosofía se refleja en requerimientos específicos para guardas, cubiertas, señalización de seguridad y procedimientos operativos que deben ser implementados en todos los transportadores helicoidales para minimizar riesgos. La normativa incluye también la colocación adecuada de etiquetas de seguridad en puntos críticos como entradas, descargas, artesas, cubiertas y puertas de inspección (Manual Martins).

Para diseñar un transportador son necesarios tres variables de entrada, los cuales son: el tipo de material a transportar, el tonelaje por hora (tener en cuenta que la norma tiene valores en el sistema inglés: Lbs/h y pie<sup>3</sup>/h), finalmente la última variable es la longitud a transportar en metros o pies. Una vez obtenidos estos datos la norma CEMA recomienda seguir una serie de pasos los cuales son detallados a detalle en el capítulo 3.



Polo, R. (2017) realiza un diseño de un transportador puntual para transportar 1.8t/h de ceniza, para lo cual se basa en la norma CEMA y realiza un análisis detallado de todas las partes necesarias para la fabricación, dando como resultado un transportador de 9", velocidad de helicoidal de 26.63rpm, potencia de motor de 0.81kW y eje de 1.5" a 2".

Asimismo, Malla, J. (1995) desarrolla una serie de pasos en su investigación los cuales nos dan luces de los parámetros necesarios y el orden en el cual debemos plantear y desarrollar nuestro trabajo, siguiendo siempre los lineamientos indicados en la norma CEMA.

#### **2.1.5 Piensos para animales**

Los piensos para animales son mezclas de ingredientes (naturales o procesados) formuladas específicamente para cubrir las necesidades nutricionales de los animales en función de su especie, edad, etapa fisiológica (crecimiento, producción, reproducción) y nivel de actividad. Los piensos suelen estar compuestos por dos grandes grupos de ingredientes:

- a. Macroinsumos:** Son los de mayor proporción en la fórmula, asimismo, estos aportan la mayor cantidad de energía y proteína. Por lo general son: maíz, sorgo, cebada, trigo, torta de soya, salvado de trigo o arroz, harinas de pescado carne o hueso, grasas animales o vegetales.
- b. Microinsumos:** Son los de menor proporción y fundamentales para la salud de los animales. Por ende, estos son: vitaminas (A, D, E, complejo B, etc.), minerales (calcio, fósforo, zinc, selenio, etc.), aminoácidos sintéticos (lisina, metionina, treonina), y enzimas, prebióticos, probióticos y antioxidantes.

Un ejemplo de piensos se puede observar en la figura 6 en la cual su presentación es como pelets.

**Figura 6: Pienso para animales**



## **2.2. Marco Conceptual**

A continuación, se presentan los principales conceptos utilizados en el desarrollo de esta investigación, con el fin de establecer un lenguaje común y operativo para la comprensión del diseño de transportadores helicoidales:

- a. Tornillo sinfín:** Hélice espiral envuelta en un eje tubular.
- b. Artesa:** Carcasa tubular o en forma de U que recubre al tornillo sinfín.
- c. Transportador helicoidal:** Dispositivo mecánico que utiliza un tornillo sinfín para mover materiales a granel de un punto a otro a través de una artesa. Puede ser horizontal, inclinado o vertical, y su diseño depende de múltiples parámetros técnicos.
- d. Paso de la hélice:** Distancia axial entre dos puntos consecutivos de la hélice. Determina la capacidad de transporte por vuelta y afecta directamente el flujo del material.

- e. **Capacidad de transporte:** Volumen o peso de material que el transportador puede mover en una unidad de tiempo. Depende del paso, diámetro, velocidad y tipo de material.
- f. **Diseño mecánico:** Proceso de cálculo, modelado y selección de materiales, componentes y dimensiones para la fabricación de una máquina que cumpla con una función específica, considerando factores como resistencia, eficiencia y seguridad.
- g. **Torque:** Fuerza de torsión necesaria para hacer girar el tornillo sin que este se detenga o se deforme. Es uno de los principales parámetros en el diseño del eje y la selección del motor.
- h. **Piensos:** Cualquier sustancia o producto, incluidos los aditivos, destinado a la alimentación por vía oral de los animales, tanto si ha sido transformado entera o parcialmente como si no.
- i. **Macro Insumos:** También llamados ingredientes macros, son los ingredientes principales de los piensos ya que representan el 90% a 95% de su porcentaje en peso en la formulación.

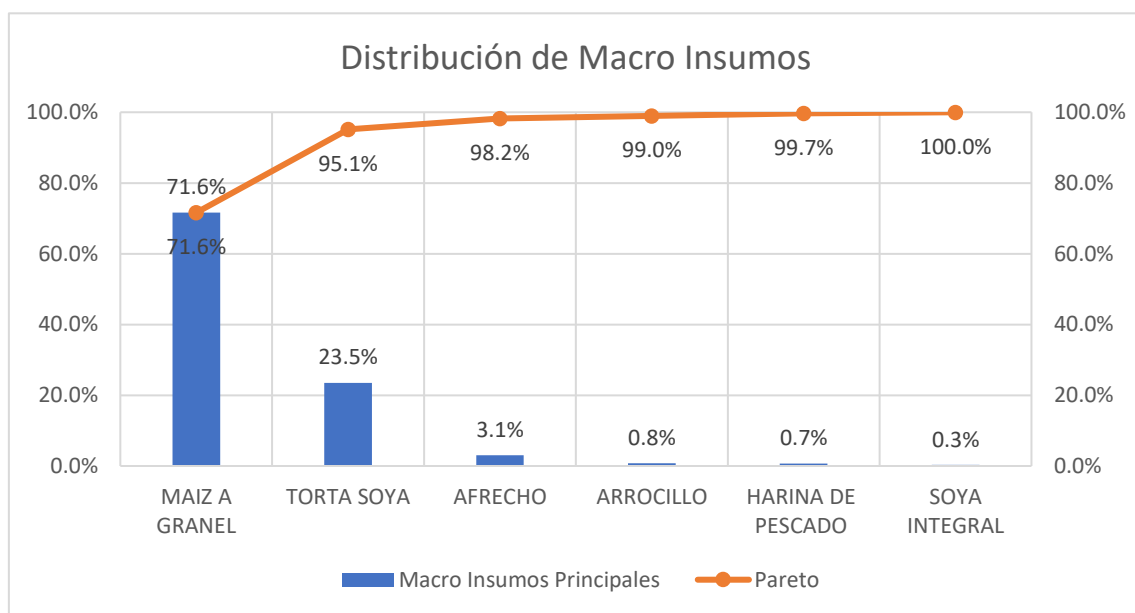
## Capítulo III. Desarrollo del Trabajo de Investigación

### 3.1. Análisis de Datos

#### 3.1.1 Restricción de las variables de entrada

Para este estudio se toman restricciones técnicas de equipos, así como de los requerimientos de los clientes. En ese sentido, los principales productos a transportar son: maíz a granel, torta de soya, arrocillo, harina de pescado, afrecho, soya integral. A los cuales se aplica un Pareto para seleccionar los principales, este se realiza en la Figura 7.

**Figura 7: Distribución de Macro insumos**



Una vez seleccionado nuestros insumos de maíz a granel y torta de soya procedemos a la Tabla 2.2 del CEMA Book N°350 para ver las propiedades del material a transportar.

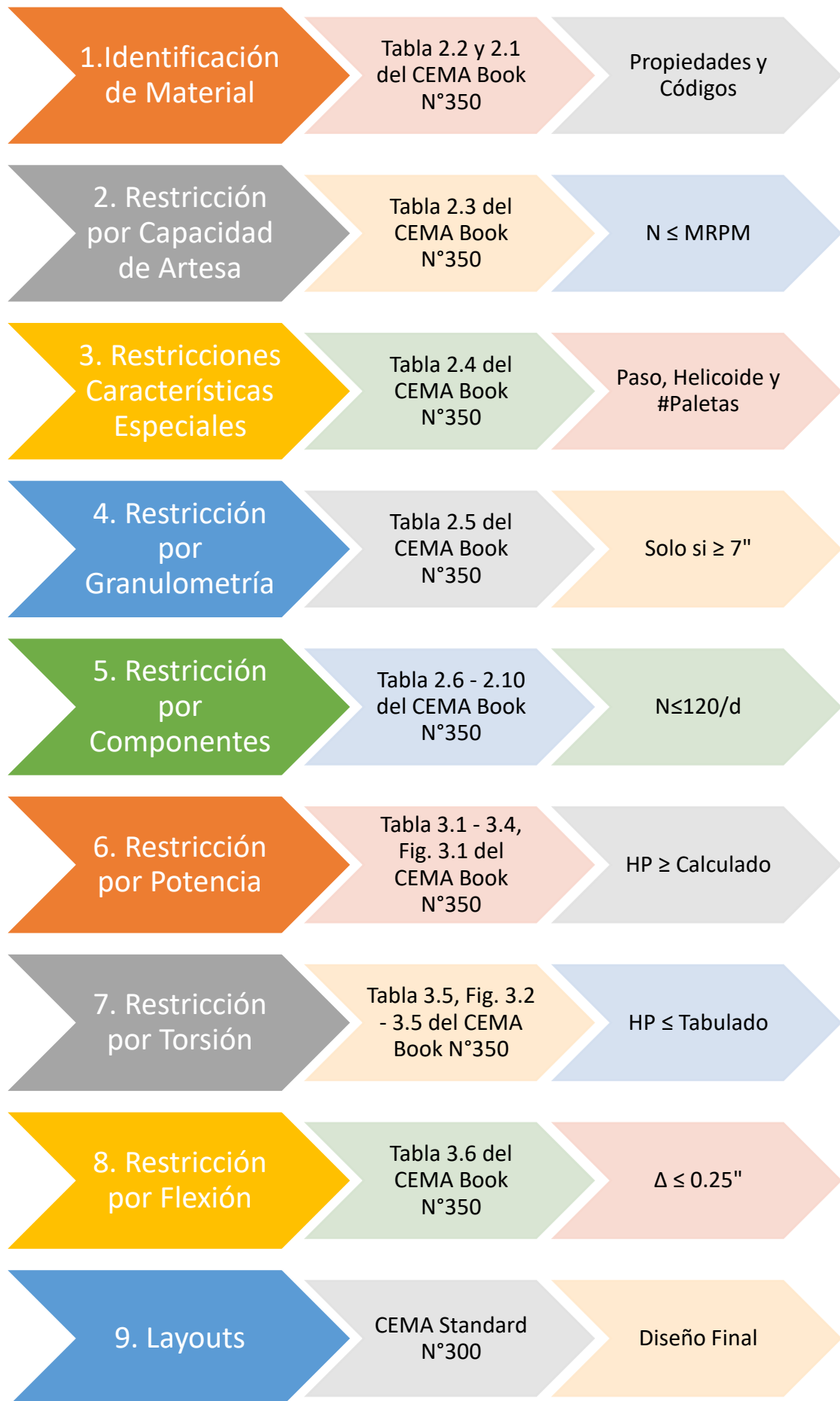
Las capacidades según el registro de los requerimientos históricos de la empresa varían de 1ton/h hasta las 20 ton/h, en ese sentido los agruparemos en los siguientes rangos presentados en la tabla 4.

**Tabla 4.***Rango de capacidades de diseño*

| IT          | Rango de Capacidades<br>(ton/h) | Capacidad Nominal<br>(ton/h) |
|-------------|---------------------------------|------------------------------|
| Capacidad 1 | <1                              | 1                            |
| Capacidad 2 | 1 a 5                           | 5                            |
| Capacidad 3 | 5 a 10                          | 10                           |
| Capacidad 4 | 10 a 15                         | 15                           |
| Capacidad 5 | 15 a 20                         | 20                           |

### **3.1.2 Diseño basado en norma CEMA**

El eje central es la estandarización basado en la norma CEMA, por lo que se hizo un análisis detallado de la norma y se elaboró el siguiente flujograma de diseño en donde se explica de manera detalla del CEMA Book N°350 4ta Ed. (2008) en el cual se indican los pasos recomendados, la tablas y/o figuras recomendadas y los resultados que se van obteniendo de manera secuencial hasta obtener el predimensionamiento ideal estandarizado para que se pueda producir en serie. El diseño final se realizará con las dimensiones recomendadas en el CEMA Standard N°300, en el cual se seleccionan las páginas necesarias para obtener el diseño requerido. Finalmente, se complemente con una selección del motorreductor y la transmisión con lo cual se tendría un diseño final para una producción más eficiente y en serie, asimismo, se puede realizar un costeo en el cual solo se necesita saber el tonelaje hora, la longitud y el material a transportar.



### 3.1.2.1 Paso 1: Identificación de Material

En primer lugar, se realiza la identificación de los materiales a transportar (semilla de maíz para su codificación en base en los códigos de la norma CEMA cuales son el maíz semilla y la torta de soya, las tablas utilizadas se pueden ver en el anexo 1. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 5, en la cual se puede ver el código de material, el cual indica el peso de capacidad (densidad del material) y el código CEMA del material, el cual indica diferentes propiedades intrínsecas a cada tipo de material las cuales son relevantes para el transporte y los cálculos sobre el tamaño del helicoidal:

**Tabla 5.**

*Codificación de Materiales*

| Material      | Peso Cap.<br>(lb/pie <sup>3</sup> ) |    | Código del Material | Serie de Componentes | Factor de Material |
|---------------|-------------------------------------|----|---------------------|----------------------|--------------------|
| Maíz, semilla | 45                                  | 45 | 45C1/2-25PQN        | 1A – 1B – 1C         | 0.4                |
| Soya, torta   | 40                                  | 43 | 42D3-35W            | 1A – 1B – 1C         | 1.0                |

*Nota. Adaptado de la Tabla 2.2 del CEMA Book N°350 4ta Ed. (2008)*

Para un mayor alcance de la decodificación de cada término de los materiales puede revisar las tablas del anexo 1.

### 3.1.2.2 Paso 2: Restricción por capacidad de artesa

Se comienza con el diseño, primero se realiza la restricción por la capacidad para transportar según el tamaño de artesa. Las tablas y fórmulas utilizadas se detallan en el anexo 2, la primera preselección de tamaños se muestra en la tabla 6, en la cual se puede observar las dimensiones y velocidades necesarias en el transportador para cada material y tonelaje hora:

**Tabla 6.***Preselección por Capacidad de Artesa*

| Material      | Capacidades (ton/h) |            |            |            |            |
|---------------|---------------------|------------|------------|------------|------------|
|               | 01 ton/h            | 05 ton/h   | 10 ton/h   | 15 ton/h   | 20 ton/h   |
| Maíz, semilla | 6in@22rpm           | 6in@110rpm | 9in@60rpm  | 9in@90rpm  | 9in@119rpm |
| Soya, torta   | 6in@37rpm           | 9in@51rpm  | 12in@43rpm | 12in@64rpm | 12in@85rpm |

**3.1.2.3 Paso 3: Restricción por características especiales**

En este apartado se tiene en cuenta las características especiales tienen las hélices del helicoidal. Las tablas y fórmulas utilizadas se detallan en el anexo 3, los resultados se presentan en la tabla 7, en la cual se puede observar las dimensiones y velocidades necesarias en el transportador para cada material y tonelaje hora:

**Tabla 7.***Preselección por Características Especiales*

| Material      | Capacidades volumétricas requeridas (pie <sup>3</sup> /h) |            |            |            |            |
|---------------|-----------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
|               | 01 ton/h                                                  | 05 ton/h   | 10 ton/h   | 15 ton/h   | 20 ton/h   |
| Maíz, semilla | 6in@22rpm                                                 | 6in@110rpm | 9in@60rpm  | 9in@90rpm  | 9in@119rpm |
| Soya, torta   | 6in@37rpm                                                 | 9in@51rpm  | 12in@43rpm | 12in@64rpm | 12in@85rpm |



#### 3.1.2.4 Paso 4: Restricción por granulometría

Este paso no se desarrolla ya que la granulometría de los dos materiales es inferior a las 7 pulgadas, por lo que no existe una restricción en la capacidad de transporte.

#### 3.1.2.5 Paso 5: Restricción por componentes

Esta restricción tiene que ver con el grupo de componentes los cuales son el buje de unión y su eje, en primer lugar, se seleccionan los materiales adecuados y luego las dimensiones recomendadas, para ello se utilizan diferentes tablas de la Norma CEMA las cuales están detalladas en el anexo 5. Finalmente, los resultados obtenidos se presentan en la tabla 8, en la cual se puede observar las dimensiones y velocidades requeridas para cumplir la demanda de capacidad solicitada:

**Tabla 8.**

*Preselección según Componentes*

| Material      | Capacidades |           |            |            |            |
|---------------|-------------|-----------|------------|------------|------------|
|               | 01 ton/h    | 05 ton/h  | 10 ton/h   | 15 ton/h   | 20 ton/h   |
|               | @           | @         | @          | @          | @          |
|               | ≤ 80rpm     | ≤ 60rpm   | ≤ 49rpm    | ≤ 40rpm    | ≤ 35rpm    |
| Maíz, semilla | 6in@22rpm   | 9in@30rpm | 12in@25rpm | 14in@24rpm | 16in@21rpm |
| Soya, torta   | 6in@37rpm   | 9in@51rpm | 12in@43rpm | 14in@40rpm | 16in@35rpm |

#### 3.1.2.6 Paso 6: Restricción por potencia

Para este apartado se tienen que realizar una serie de cálculos de parámetros previos para aplicar fórmulas y hallar la potencia necesaria para vencer la fricción producida al transportar el material y luego el peso propio del material. Estas tablas, figuras y cálculos

se detallan en el anexo 6, donde en la parte final se realiza una estandarización para transportar ambos materiales en un mismo tamaño de transportador. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 9, en la cual se puede apreciar la capacidad real para tipo de material (semilla de maíz y torta de soya) según el tonelaje hora requerido y en tres grupos de dimensiones de longitud:

**Tabla 9.**

*Preselección por potencia*

| Capacidad Nominal | RPM Real | Capacidad Real       |                     | Potencia Nominal Transportador |                 |                |
|-------------------|----------|----------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------|----------------|
|                   |          | Maíz Semilla         | Torta Soya          | $L \leq 3m$                    | $3 < L \leq 6m$ | $6 < L < 9m$   |
| 01 ton/h          | 30 rpm   | 1.4 ton/h<br>@ 136%  | 0.8 ton/h<br>@ 81%  | 35% @<br>0.25HP                | 71% @<br>0.25HP | 53% @<br>0.5HP |
| 05 ton/h          | 41 rpm   | 6.8 ton/h<br>@ 135%  | 4.0 ton/h<br>@ 80%  | 73% @<br>0.5HP                 | 97% @<br>0.75HP | 73% @<br>1.5HP |
| 10 ton/h          | 34 rpm   | 13.5 ton/h<br>@ 135% | 8.0 ton/h<br>@ 80%  | 92% @<br>0.75HP                | 92% @<br>1.5HP  | 69% @<br>2HP   |
| 15 ton/h          | 32 rpm   | 20.6 ton/h<br>@ 137% | 12.2 ton/h<br>@ 81% | 95% @<br>1HP                   | 95% @<br>2HP    | 95% @<br>3HP   |
| 20 ton/h          | 28 rpm   | 26.9 ton/h<br>@ 135% | 16.0 ton/h<br>@ 80% | 77% @<br>1.5HP                 | 77% @<br>3HP    | 87% @<br>4HP   |

### 3.1.2.7 Paso 7: Restricción por torsión

En este apartado la norma restringe los elementos que sufren torsión, los cuales son los pernos en los elementos de unión intermedio, para ello utiliza diferentes cantidades de pernos, en este trabajo se utilizaran dos pernos y la figura y cálculos realizados se exponen en el anexo 7. Los resultados obtenidos de la máxima potencia admisible por los pernos se presentan en la tabla 10:

**Tabla 10.***Preselección por torsión*

| Capacidad | RPM    | N° de Curva | Potencia            | Potencia  | Cumple:                  |
|-----------|--------|-------------|---------------------|-----------|--------------------------|
|           |        |             | Máxima<br>Requerida | Admisible | $HP_{max} \leq HP_{adm}$ |
| 1 ton/h   | 30 rpm | Curva 2     | 0.5 HP              | 1.5 HP    | Sí                       |
| 5 ton/h   | 41 rpm | Curva 2     | 1.5 HP              | 2.0 HP    | Sí                       |
| 10 ton/h  | 34 rpm | Curva 3     | 3.0 HP              | 4.3 HP    | Sí                       |
| 15 ton/h  | 32 rpm | Curva 4     | 3.0 HP              | 4.9 HP    | Sí                       |
| 20 ton/h  | 28 rpm | Curva 6     | 4.0 HP              | 7.4 HP    | Sí                       |

**3.1.2.8 Paso 8: Restricción por flexión**

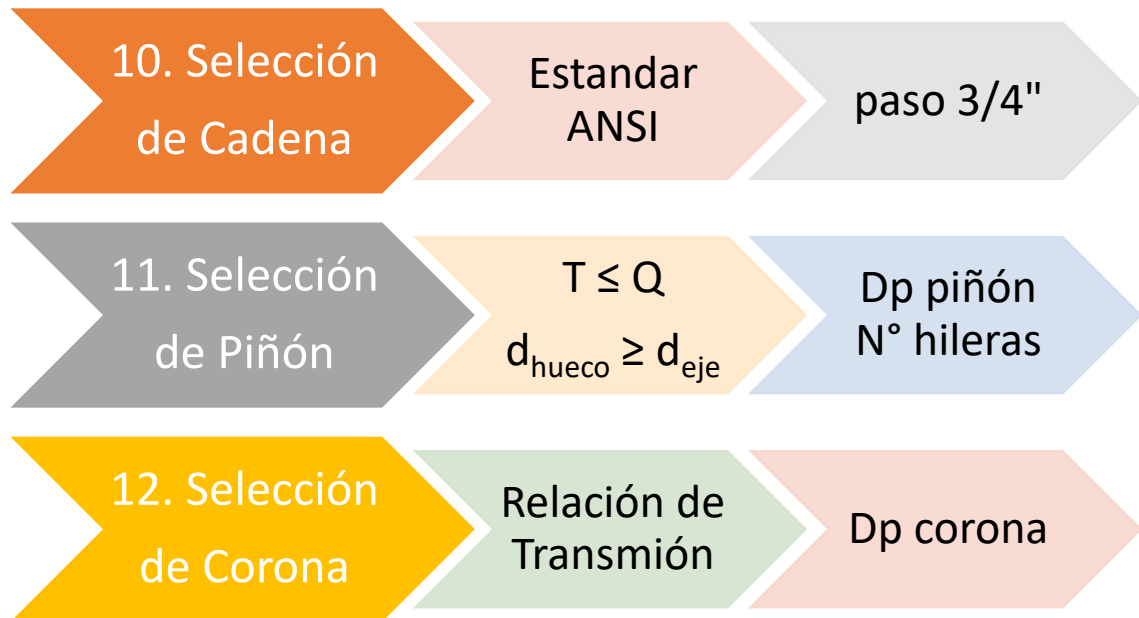
Este apartado se utiliza principalmente cuando no se tenga disponibilidad de emplear los tubos de cédula 40 recomendados por la norma CEMA, se debe cumplir que la deflexión del eje no supere las 0.25 pulgadas, lo cual no es el caso de nuestro trabajo. Para revisar los cálculos necesarios de ser necesaria una comprobación se puede revisar el anexo 8.

**3.1.2.9 Paso 9: Layouts**

Una vez definidas la dimensiones y potencias necesarias del transportador, se procede a realizar los layouts de diseño. En el anexo 9 se puede apreciar las láminas utilizadas para el diseño final.

### 3.1.3 Diseño de la Transmisión

Para finalizar nuestros cálculos se realizará un diseño de la transmisión por cadenas necesaria para el transportador helicoidal.



Las tablas y fórmulas utilizadas se encuentran en los anexos 10, 11 y 12, los resultados de la transmisión se presentan en la tabla 11:

**Tabla 11.**

*Dimensiones Finales de la Transmisión*

| RPM Motor | Caja   | Piñón Motriz | Piñón Conducido | Relación | RPM Salida    | Capacidad Soya | Capacidad Maíz |
|-----------|--------|--------------|-----------------|----------|---------------|----------------|----------------|
| 1745 rpm  | 1:20.0 | 13T          | 38T             | 2.92     | <b>30 rpm</b> | 81%            | 136%           |
| 1745 rpm  | 1:20.0 | 13T          | 28T             | 2.15     | <b>41 rpm</b> | 80%            | 135%           |
| 1745 rpm  | 1:20.0 | 16T          | 41T             | 2.56     | <b>34 rpm</b> | 80%            | 135%           |
| 1745 rpm  | 1:25.0 | 19T          | 41T             | 2.16     | <b>32 rpm</b> | 81%            | 137%           |
| 1745 rpm  | 1:40.0 | 24T          | 37T             | 1.54     | <b>28 rpm</b> | 80%            | 135%           |

## **Capítulo IV. Resultados, Contrastación de Hipótesis y**

### **Discusión de Resultados**

#### **4.1. Resultados**

El diseño estandarizado de transportadores helicoidales se desarrolló para cinco rangos de capacidad nominal (de 1 a 20 ton/h), aplicando los lineamientos técnicos de la norma CEMA. Esta estandarización culminó en la definición de cinco modelos tipo, identificados por el diámetro de su artesa, que van desde las 6 hasta las 16 pulgadas.

##### **4.1.1 Layouts Estandarizados de Transportadores**

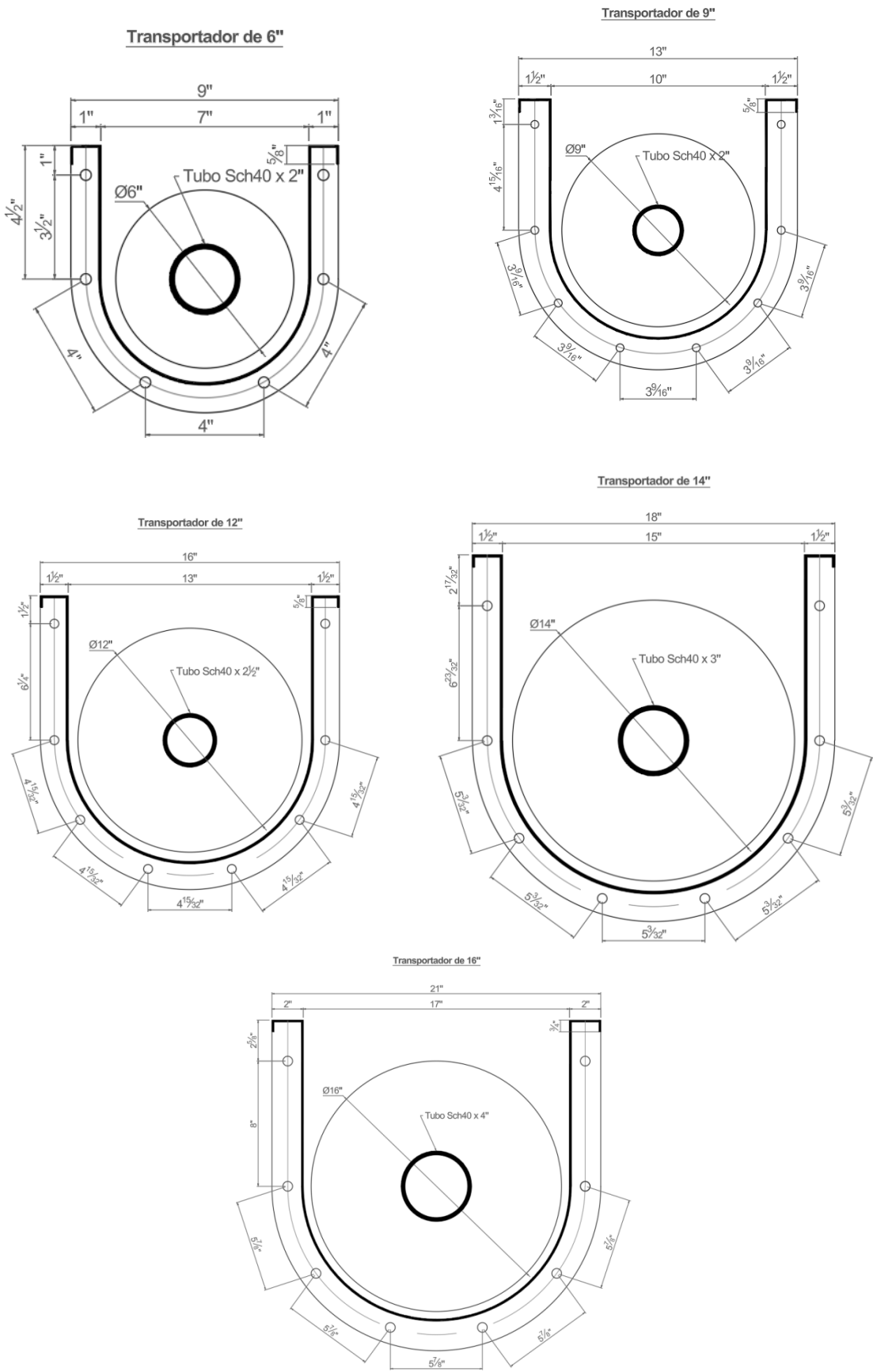
La estandarización de los transportadores se logró unificando la velocidad de rotación (RPM) para cada capacidad nominal, garantizando el transporte eficiente de los dos materiales principales analizados: la Semilla de Maíz y la Torta de Soya. (Tabla 26)

La estandarización de las RPM se realizó priorizando el cumplimiento de la capacidad del maíz (dando prioridad al material). Al unificar el transportador, la capacidad para el transporte de maíz semilla se encuentra por encima del 135% de la capacidad nominal requerida. Para la torta de soya, el equipo unificado garantiza una capacidad de transporte de, al menos, el 80% de la capacidad nominal requerida en casi todos los modelos. (Tabla 35)

Los diámetros de eje de suspensión seleccionados para cada modelo (como 1-1/2" para 6" y 9", 2" para 12", etc.) cumplen con el límite máximo de RPM permitido por el eje, tal como lo exige la norma CEMA. (Tabla 23)

La figura 8 se muestra el layout del diseño final obtenido luego de implementar las recomendaciones de la norma CEMA para los transportadores de 6, 9, 12, 14 y 16 pulgadas de diámetro de artesa

Figura 8: Layout de Transportadores



#### **4.1.2 Potencia Nominal y Conformidad Estructural**

Los cálculos estandarizados permitieron definir la potencia nominal de motor (HP) necesaria para cada modelo, en función de su longitud, y confirmar que todos los diseños cumplen con las restricciones estructurales críticas:

1. La Potencia Nominal de Transportador requerida se agrupó en tres rangos de longitud ( $L \leq 3\text{m}$ ,  $3 < L \leq 6\text{m}$ ,  $6 < L < 9\text{m}$ ):

- Para 1 ton/h, la potencia requerida varía de 0.25 HP a 0.5 HP.
- Para 10 ton/h, la potencia requerida varía de 0.75 HP a 2 HP.
- Para 20 ton/h, la potencia requerida varía de 1.5 HP a 4 HP.

2. Se verificó que la potencia máxima requerida en todos los modelos es inferior a la potencia admisible por los pernos de acople de los elementos de unión, tal como se muestra en la Tabla 36. Por ejemplo, el modelo de 10 ton/h requiere 3.0 HP máximo y admite 4.3 HP, cumpliendo la condición  $HP_{\max} \leq HP_{\text{adm}}$ .

3. El diseño incluye la selección de la transmisión por cadenas (estándar ANSI, paso de 3/4"). Las dimensiones finales de la transmisión, incluyendo la relación de la caja reductora y los piñones (motriz y conducido), están definidas para alcanzar las RPM de salida estandarizadas (ej., 34 rpm para 10 ton/h). Además, la carga de operación en la cadena se encuentra dentro de la carga de trabajo admisible (ej., 10 ton/h utiliza cadena doble hilera 60-2 al 74%).

#### 4.1.3 Proceso de Corte Estandarizado

La propuesta de diseño estandarizado se complementa con la definición modular de los componentes y la optimización del proceso de corte, lo que facilita la fabricación en serie. El diseño se basó en el CEMA Standard N°300 para los Layouts (placas extremas, artesa en U con doble pestaña, cubierta superior, y distribución de pernos). En la tabla 12 se presenta el diseño optimizado obtenido:

**Tabla 12.**

*Tabla de calibres requeridos según diámetro*

| Diámetro<br>(pulg) | Planchas para fabricar cuerpos estándares de 3m |                               |                                |                                |
|--------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                    | Artesa                                          | Cubierta                      | Hélices                        | Bridas                         |
| 6                  | 0.5und de<br>1500x3000x1.5mm                    | 0.25und de<br>1200x3000x1.5mm | 0.166und de<br>1500x3000x4.5mm | 0.125und de<br>1200x2400x4.5mm |
| 9                  | 0.7und de<br>1200x3000x2.0mm                    | 0.3und de<br>1200x3000x2.0mm  | 0.20und de<br>1500x3000x4.5mm  | 0.25und de<br>1200x2400x4.5mm  |
| 12                 | 1.0und de<br>1200x3000x3.0mm                    | 0.33und de<br>1500x3000x2.0mm | 0.40und de<br>1500x3000x4.5mm  | 0.375und de<br>1200x2400x4.5mm |
| 14                 | 1.0und de<br>1200x3000x3.0mm                    | 0.33und de<br>1500x3000x2.0mm | 0.50und de<br>1500x3000x4.5mm  | 0.40und de<br>1200x2400x4.5mm  |
| 16                 | 1.0und de<br>1500x3000x3.0mm                    | 0.50und de<br>1200x3000x2.0mm | 0.50und de<br>1500x3000x4.5mm  | 0.50und de<br>1200x2400x4.5mm  |



#### **4.1.4 Reducciones de Tiempo y Costo**

Con este diseño estandarizado hay una mejor trazabilidad de los consumibles a emplearse, además de que al hacerlo modular se puede saber de antemano la cantidad de material requerido y lo que sobre, lo cual permite hacer un mejor análisis de costos unitarios el cual se presenta a continuación.

Esta sección presenta la validación económica de la propuesta estandarizada, contrastando el tiempo y el costo de fabricación del transportador helicoidal bajo la metodología artesanal previa frente al nuevo diseño modular basado en la normativa CEMA.

Para la validación, se seleccionó un caso ilustrativo representativo de la producción de la empresa, comparando el método tradicional con el modelo estandarizado equivalente de 9 pulgadas de diámetro de artesa y 6 metros de longitud (similar al modelo artesanal de 250 mm de diámetro y 6 m). La Figura 9 presenta un transportador helicoidal de 250mm de diámetro y 6m de longitud, el cual tiene una duración de fabricación de 11 días y un costo directo unitario de fabricación de 2,016.20 soles. Por otro lado, en la Figura 10 se trabajó con un modelo equivalente de 9 pulgadas y se observa una reducción en este tiempo de fabricación del transportador ya que ahora toma 8 días, lo cual representa una reducción al 73% del tiempo. De igual manera, el costo directo unitario de fabricación ahora es de 1,681.65, lo cual es una reducción al 83% respecto al costo inicial.

La implementación del diseño estandarizado y modular ha impactado directamente en la Variable Dependiente 2 (VD2): Tiempo de Fabricación, de la siguiente forma: El tiempo total de fabricación para el modelo equivalente de 10 toneladas por hora se redujo de 11 días a 8 días. Esta disminución de 3 días representa una reducción al 73% del tiempo inicial de fabricación. La estandarización, al definir layouts y procesos de corte optimizados

(como se ve en la sección 4.1.3), facilita las etapas de corte, conformado, soldeo y armado, que son los componentes principales del tiempo de fabricación.

La reducción en el tiempo de fabricación y la optimización de recursos generaron un ahorro significativo en la Variable Dependiente 1 (VD1): Costo de Fabricación, de la siguiente forma: El costo directo unitario de fabricación pasó de 2,016.20 soles a 1,681.65 soles. Esta diferencia representa una reducción al 83% respecto al costo inicial. En términos porcentuales, el ahorro generado en costos directos es del 17%.

La eficiencia económica se atribuye a dos factores principales derivados del diseño estandarizado y modular: 1) Optimización de Tiempos: La reducción de las horas hombre necesarias para el diseño, corte y ensamblaje, ya que los parámetros están predefinidos por la norma CEMA. 2) Reducción de Mermas y Desperdicios: El diseño modular permite una mejor trazabilidad de los consumibles y conocer de antemano la cantidad de material requerido y los sobrantes, lo cual minimiza las mermas durante la fabricación.

En resumen, la aplicación de la propuesta de diseño estandarizado cumplió su objetivo al reducir el tiempo de fabricación a 8 días (equivalente al 73% del tiempo original) y lograr un ahorro del 17% en los costos directos, validando así la hipótesis de que la norma CEMA mejora la eficiencia productiva de la empresa.

**Figura 9: Análisis de Costos Unitarios Antes**

| Recurso                                              | Descripción Recurso                      | Und   | Elemen.   | Cuad. | Rendimiento | Costo Recurso |         | Costo Unitario | Costo Total | Varios |        |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------|-----------|-------|-------------|---------------|---------|----------------|-------------|--------|--------|
|                                                      |                                          |       |           |       |             | Soles         |         | Soles          |             | Soles  |        |
| Fabricación de Transportador Helicoidal TS250 x 6000 |                                          | m     | Rendim:   | 80.67 | H-H/m       | Avance:       | 0.55    | m/día          | METRADO     | 6.00   | m      |
|                                                      |                                          |       | Duración: | 11.00 | días        | Jornada:      | 8.00    | hh/día         |             |        |        |
|                                                      |                                          |       | Cuadrilla |       | Incidencia  |               |         |                |             |        |        |
| MO-100                                               | Ingeniero                                | hh    | 0.50      | C     | 7.3333      |               | 25.00   | 183.33         | 1,100.00    |        | 44.00  |
| MO-101                                               | Capataz                                  | hh    | 1.00      | C     | 14.6667     |               | 18.75   | 275.00         | 1,650.00    |        | 88.00  |
| MO-102                                               | Soldador                                 | hh    | 1.00      | C     | 14.6667     |               | 15.00   | 220.00         | 1,320.00    |        | 88.00  |
| MO-103                                               | Armador                                  | hh    | 1.00      | C     | 14.6667     |               | 12.50   | 183.33         | 1,100.00    |        | 88.00  |
| MO-104                                               | Ayudante                                 | hh    | 2.00      | C     | 29.3333     |               | 11.25   | 330.00         | 1,980.00    |        | 176.00 |
| Total Rubro: Mano de Obra                            |                                          |       |           |       |             |               |         | 1,191.67       | 7,150.00    |        |        |
| MA-101                                               | Plancha lisa ASTM A36 de 1200x2400x2.0mm | und/m |           |       | 0.1667      |               | 183.36  | 30.56          | 183.36      | 1.00   |        |
| MA-102                                               | Plancha lisa ASTM A36 de 1500x3000x3.0mm | und/m |           |       | 0.1667      |               | 429.75  | 71.62          | 429.75      | 1.00   |        |
| MA-103                                               | Plancha lisa ASTM A36 de 1200x2400x4.5mm | und/m |           |       | 0.1667      |               | 412.56  | 68.76          | 412.56      | 1.00   |        |
| MA-104                                               | Tubo ASTM A53 Sch40 de 2" x 6m           | und/m |           |       | 0.1667      |               | 132.19  | 22.03          | 132.19      | 1.00   |        |
| MA-105                                               | Barra calibrada SAE 1018 de 2" x 3m      | und/m |           |       | 0.0556      |               | 193.31  | 10.74          | 64.44       | 0.33   |        |
| MA-106                                               | Perno Zincado 5/16" x 1" G2              | cto/m |           |       | 0.1000      |               | 25.00   | 2.50           | 15.00       | 0.60   |        |
| MA-107                                               | Perno Zincado 3/8" x 1-1/2" G5           | cto/m |           |       | 0.0800      |               | 35.00   | 2.80           | 16.80       | 0.48   |        |
| MA-108                                               | Pintura                                  | gal/m |           |       | 0.4463      |               | 180.00  | 80.34          | 482.02      | 2.68   |        |
| Total Rubro: Materiales                              |                                          |       |           |       |             |               |         | 289.35         | 1,736.11    |        |        |
| EQ-101                                               | Consumibles (10% materiales)             | und   |           |       | 0.1000      |               | 289.35  | 28.94          | 173.61      |        |        |
| EQ-102                                               | Herramientas (5% de M.O.)                | und   |           |       | 0.0500      |               | 1191.67 | 59.58          | 357.50      |        |        |
| EQ-103                                               | Máquina CNC de cortar láser              | HM/m  |           |       | 0.5000      |               | 300.00  | 150.00         | 900.00      |        |        |
| EQ-104                                               | Plegadora                                | HM/m  |           |       | 0.3333      |               | 120.00  | 40.00          | 240.00      |        |        |
| EQ-105                                               | Torno                                    | HM/m  |           |       | 0.1667      |               | 240.00  | 40.00          | 240.00      |        |        |
| EQ-106                                               | Sistema de Transmisión                   | kit   |           |       | 0.1667      |               | 300.00  | 50.00          | 300.00      |        |        |
| EQ-107                                               | Motorreductor de 2kW                     | und   |           |       | 0.1667      |               | 1000.00 | 166.67         | 1,000.00    |        |        |
| Total Rubro: Equipos                                 |                                          |       |           |       |             |               |         | 535.19         | 3,211.11    |        |        |
| COSTO DIRECTO (SOLES)                                |                                          |       |           |       |             |               |         | 2,016.20       | 12,097.22   |        | 484.00 |

**Figura 10: Análisis de Costos Unitarios Después**

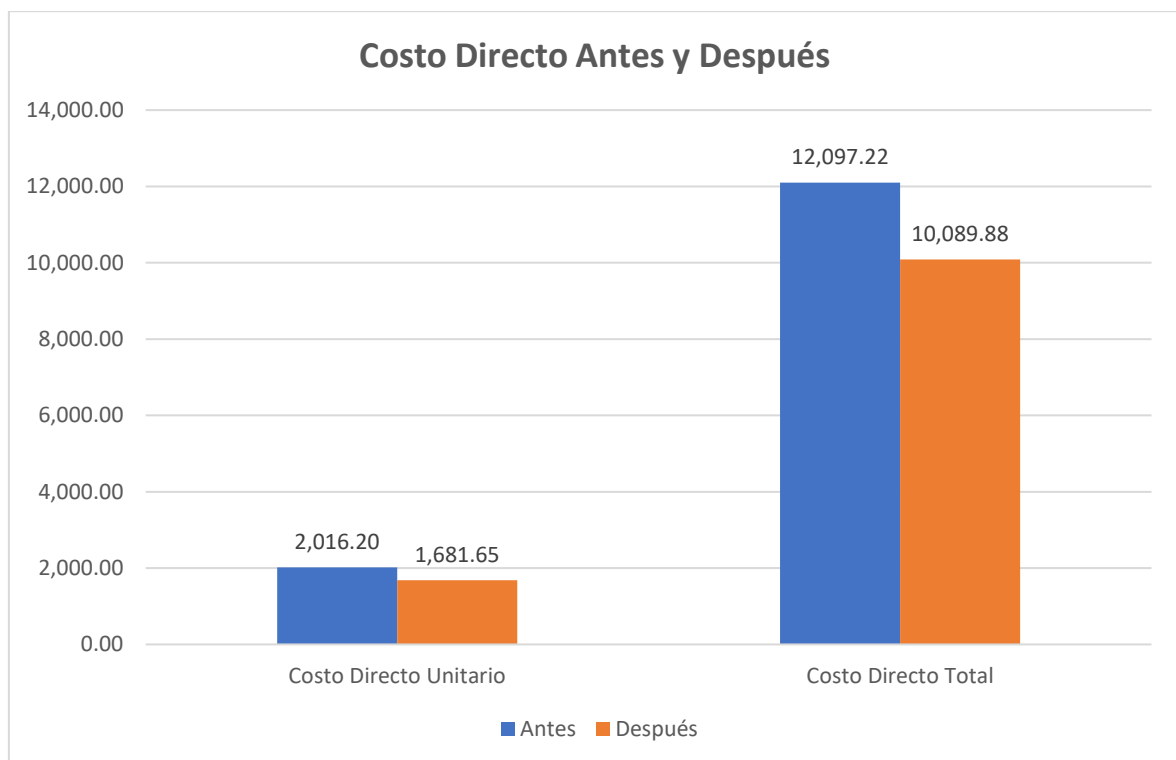
|                                                         |                                          |       |           |       |             | Costo Recurso | Costo Unitario | Costo Total | Varios  |      |   |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------|-----------|-------|-------------|---------------|----------------|-------------|---------|------|---|
| Recurso                                                 | Descripción Recurso                      | Und   | Elemen.   | Cuad. | Rendimiento | Soles         | Soles          | Soles       | Cant    | HH   |   |
| Fabricación de Transportador Helicoidal<br>9S307 x 6000 |                                          | m     | Rendim:   | 56.00 | H-H/m       | Avance:       | 0.75           | m/día       | METRADO | 6.00 | m |
|                                                         |                                          |       | Duración: | 8.00  | días        | Jornada:      | 8.00           | hh/día      |         |      |   |
|                                                         |                                          |       | 73%       |       |             |               |                |             |         |      |   |
|                                                         |                                          |       | Cuadrilla |       | Incidencia  |               |                |             |         |      |   |
| MO-100                                                  | Ingeniero                                | hh    | 0.25      | C     | 2.6667      | 25.00         | 66.67          | 400.00      | 16.00   |      |   |
| MO-101                                                  | Capataz                                  | hh    | 1.00      | C     | 10.6667     | 18.75         | 200.00         | 1,200.00    | 64.00   |      |   |
| MO-102                                                  | Soldador                                 | hh    | 1.00      | C     | 10.6667     | 15.00         | 160.00         | 960.00      | 64.00   |      |   |
| MO-103                                                  | Armador                                  | hh    | 1.00      | C     | 10.6667     | 12.50         | 133.33         | 800.00      | 64.00   |      |   |
| MO-104                                                  | Ayudante                                 | hh    | 2.00      | C     | 21.3333     | 11.25         | 240.00         | 1,440.00    | 128.00  |      |   |
| Total Rubro: Mano de Obra                               |                                          |       |           |       |             |               | 800.00         | 4,800.00    |         |      |   |
| MA-101                                                  | Plancha lisa ASTM A36 de 1200x3000x2.0mm | und/m |           |       | 0.1000      | 229.20        | 22.92          | 137.52      | 0.60    |      |   |
| MA-102                                                  | Plancha lisa ASTM A36 de 1200x3000x2.0mm | und/m |           |       | 0.2333      | 229.20        | 53.48          | 320.88      | 1.40    |      |   |
| MA-103                                                  | Plancha lisa ASTM A36 de 1500x3000x4.5mm | und/m |           |       | 0.0952      | 644.62        | 61.39          | 368.35      | 0.57    |      |   |
| MA-104                                                  | Plancha lisa ASTM A36 de 1200x2400x4.5mm | und/m |           |       | 0.0417      | 412.56        | 17.19          | 103.14      | 0.25    |      |   |
| MA-105                                                  | Tubo ASTM A53 Sch40 de 2" x 6m           | und/m |           |       | 0.1667      | 132.19        | 22.03          | 132.19      | 1.00    |      |   |
| MA-106                                                  | Barra calibrada SAE 1018 de 2" x 3m      | und/m |           |       | 0.0556      | 193.31        | 10.74          | 64.44       | 0.33    |      |   |
| MA-107                                                  | Perno Zincado 5/16" x 1" G2              | cto/m |           |       | 0.0467      | 25.00         | 1.17           | 7.00        | 0.28    |      |   |
| MA-108                                                  | Perno Zincado 3/8" x 1-1/2" G5           | cto/m |           |       | 0.0533      | 35.00         | 1.87           | 11.20       | 0.32    |      |   |
| MA-109                                                  | Pintura                                  | gal/m |           |       | 0.4551      | 180.00        | 81.92          | 491.54      |         |      |   |
| Total Rubro: Materiales                                 |                                          |       |           |       |             |               | 272.71         | 1,636.26    |         |      |   |
| EQ-101                                                  | Consumibles (10% materiales)             | und   |           |       | 0.1000      | 272.71        | 27.27          | 163.63      |         |      |   |
| EQ-102                                                  | Herramientas (5% de M.O.)                | und   |           |       | 0.0500      | 800.00        | 40.00          | 240.00      |         |      |   |
| EQ-103                                                  | Máquina CNC de cortar láser              | HM/m  |           |       | 0.5000      | 450.00        | 225.00         | 1,350.00    |         |      |   |
| EQ-104                                                  | Plegadora                                | HM/m  |           |       | 0.3333      | 180.00        | 60.00          | 360.00      |         |      |   |
| EQ-105                                                  | Torno                                    | HM/m  |           |       | 0.1667      | 240.00        | 40.00          | 240.00      |         |      |   |
| EQ-106                                                  | Sistema de Transmisión                   | kit   |           |       | 0.1667      | 300.00        | 50.00          | 300.00      |         |      |   |
| EQ-107                                                  | Motorreductor de 2kW                     | und   |           |       | 0.1667      | 1000.00       | 166.67         | 1,000.00    |         |      |   |
| Total Rubro: Equipos                                    |                                          |       |           |       |             |               | 608.94         | 3,653.63    |         |      |   |
| COSTO DIRECTO (SOLES)                                   |                                          |       |           |       |             | 83%           | 1,681.65       | 10,089.88   | 336.00  |      |   |

## 4.2. Contrastación de Hipótesis

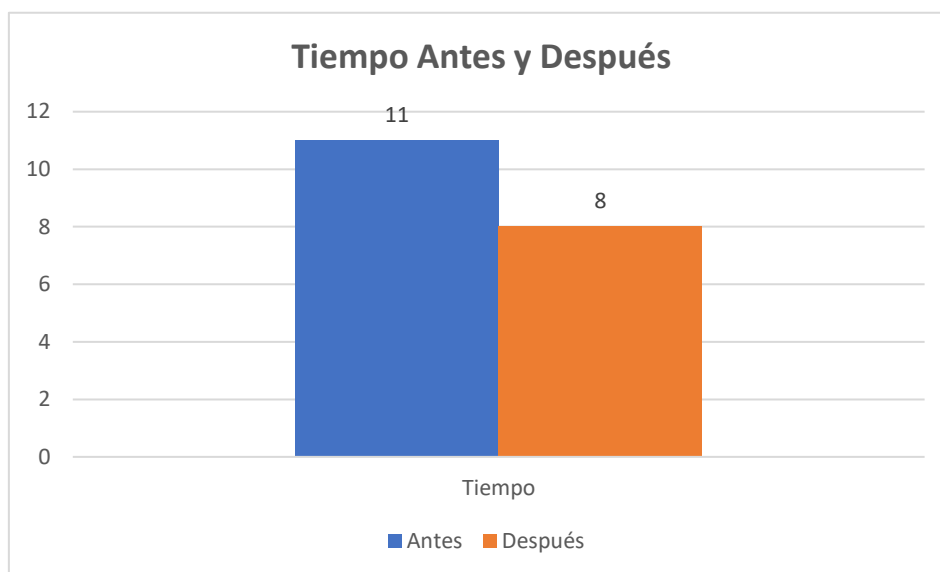
De los cálculos anteriores se confirmó que hubo una reducción tanto de tiempo como de costo, para ello se contrasto dos equipos con unas capacidades equivalentes. En primer lugar, el nuevo diseño estandarizado solo toma un 73% del tiempo inicial para un transportador. En segundo lugar, el costo representa un 83% del costo antes de la estandarización, esto es debido en parte porque se ha reducido el tiempo y porque hay menos mermas durante la fabricación ya que se ha buscado tener un diseño modular que permita reducir las mermas y reutilizarlas.

En las Figuras 11 y 12 se puede observar la variación antes y después de aplicar la mejora, en la cual se comprueba que hubo una reducción.

**Figura 11: Costo Directo Antes y Después**



**Figura 12: Tiempo Antes y Después**



#### **4.3. Discusión de Resultados**

Los resultados cuantitativos demuestran que la implementación de la estandarización CEMA cumplió satisfactoriamente con los objetivos del trabajo. Este logro se debe a que la estandarización abordó directamente los problemas derivados de la fabricación artesanal. Al establecer parámetros técnicos unificados y Layouts de Cortes optimizados, se eliminó la dependencia del criterio individual del ingeniero y se redujeron las inconsistencias y reprocesos. Además, el ahorro en costos directos se explica no solo por la disminución del tiempo de mano de obra, sino también por la reducción efectiva de mermas (desperdicio de material) inherente al diseño modular y los procesos de corte optimizados.

A pesar de la decisión de mantener el paso estándar, la unificación de RPM permitió que los cinco modelos cumplieran con los requisitos de capacidad, logrando transportar la Semilla de Maíz con un exceso del 135% de la capacidad nominal y garantizando el transporte de la Torta de Soya a por lo menos el 80% de la capacidad requerida. Esto demuestra la viabilidad técnica de la unificación para manejar los macro insumos.

La implementación de la norma CEMA aporta beneficios que van más allá del ahorro directo de tiempo y costo. La estandarización fomenta la sistematización de la documentación técnica, lo que facilita la capacitación del personal técnico y operativo y disminuye los errores de ensamblaje. El resultado es una mejora en la calidad del producto final y la competitividad de la empresa.

El éxito de la metodología CEMA en este trabajo valida su recomendación para la implementación progresiva en otros modelos de transportadores y su adaptación a otras líneas productivas de la empresa. La propuesta estandarizada transforma el proceso de diseño artesanal y variable en un proceso industrial predecible y reproducible, asegurando que cada transportador helicoidal de 6 a 16 pulgadas cumpla con parámetros unificados de potencia y torsión, tal como lo exige la normativa.

## **Conclusiones**

Dado que los resultados muestran una reducción verificable tanto en el tiempo de fabricación como en el costo directo de fabricación, se concluye que la Hipótesis General queda validada y confirmada. La implementación del Diseño Estandarizado de transportadores helicoidales – Norma CEMA logró su objetivo de reducir los costos al 83% y el tiempo de fabricación al 73% en la empresa Aditivos e Industria.

Las cinco dimensiones obtenidas han sido estandarizadas para una fabricación modular en cuerpos de artesa de 3m de longitud, aun cuando la norma indica que pueden ser ligeramente mayores a 3m. Esto se hizo con el fin de optimizar el uso de planchas comerciales en formatos de 3m de longitud disponibles en Perú.

Se concluye que, para unificar ambos productos se tuvo que sacrificar la capacidad de soya, la cual está a un 80% de la nominal. Sin embargo, esto no genera problemas debido a que, para macro insumos, el maíz es el que más se usa, del Pareto en la figura 7 se observa que es alrededor del 70% del total, contra el 20% de la torta de soya.



## **Recomendaciones**

Se recomienda trabajar con los valores recomendados en la norma, para evitar realizar procedimientos de verificación los cuales extenderían los cálculos y se tomaría tiempo adicional en la etapa de diseño.

Para futuros trabajos aplicando la norma CEMA se recomienda usar como una guía el flujograma aquí planteado ya que condensa de manera simplificada los pasos, cálculos y anexos necesarios para el diseño de un transportador helicoidal en general.

Para ampliar este trabajo se recomienda ampliar a más productos, ya que la limitación de este trabajo es que solo se realizó para dos productos (Semilla de Maíz y Torta de Soya) y para un modelo estándar sin ninguna modificación en el paso del helicoidal, una forma aumentar la capacidad sería trabajar con pasos más cortos, esto puede reducir los diámetros del helicoidal, pero como se buscaba agrupar y estandarizar la gama de transportadores, se optó por no hacer modificaciones y mantener un mismo formato de todos los transportadores. Esta decisión priorizó la modularidad y la simplicidad en la producción en serie por encima de la máxima eficiencia volumétrica por diámetro.

Se recomienda la inclusión de micro insumos (vitaminas, minerales, etc.), que a menudo requieren acero inoxidable para evitar la corrosión o la contaminación. Esto permitiría a la empresa ampliar su oferta de transportadores y líneas productivas.

## BIBLIOGRAFIA

Zea, A. (2019). *Propuesta de un sistema de transporte helicoidal para uva tipo móvil con una capacidad de 1ton/hr.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín].

Alicia.[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA\\_6886e3079d0cf3685b6062f5fe948e85](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_6886e3079d0cf3685b6062f5fe948e85)

Calderón, J., García, M. (2022). *Implementación de una aplicación basada en metodología Martin para optimizar la fabricación de transportadores helicoidales estándar* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].

Alicia.[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV\\_5bd92e9040e3c4f1afb5f2772ee9cdc7](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_5bd92e9040e3c4f1afb5f2772ee9cdc7)

Obregón, R. (2023). *Diseño modular de transportador helicoidal de inclinación variable aplicando controlador lógico programable* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa].

Alicia.[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSR\\_9edb16f493cfb2871056207c036da82f/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSR_9edb16f493cfb2871056207c036da82f/Details)

Montenegro, V. (2024). *Diseño y modelado 3D de un equipo elevador inclinado helicoidal de granos* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional].

BIBDIGITAL. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25327>

Malla, J. (1995). *Diseño y construcción del transportador de tornillo sinfín para materiales al granel* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica del litoral]. Repositorio Dspace. <https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/34336>

Polo, R. (2017). *Diseño del conjunto de transportadores helicoidales para evacuar ceniza 1.8t/h de ceniza de la caldera de la empresa Agrolmos SAC* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio UCV.

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/23060>

Shigley, J., Budynas, R. y Nisbett, J. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. (9ª ed.). McGraw Hill Educación.

Sapere Aude. (2016). *Arquímedes: tornillo, polea, principio y final*.

<https://sapereaudeclasicas.blogspot.com/search?q=tornillo>

Bega Helicoidales. (s.f.) *Partes de un transportador*.

<https://www.begahelicoidales.com/transportador-helicoidal-usos-parte>

ECMA Fabricaciones Estructurales. (s.f.). *Transportador*

*helicoidal*<https://ecma.com.mx/producto/transportador-helicoidal/>

Academia.edu.(s.f.). *Screw Conveyor for Bulk*

*Materials*.[https://www.academia.edu/42666730/SCREW CONVEYORS for Bulk Materials](https://www.academia.edu/42666730/SCREW_CONVEYORS_for_Bulk_Materials)

Studocu. (s.f.). *CEMA 350 - Engineering Guide to Screw Conveyors for Bulk Materials*.

<https://www.studocu.com/pe/document/pontificia-universidad-catolica-del-peru/ingenieria-de-plantas/ansi-cema-350pv-norma/13249212>

SCRIBD. (s.f.). *Ingeniería CEMA 300 Screw Conveyor Standard PDF*.

<https://es.scribd.com/document/341600472/ingenieria-cema-300-screw-conveyor-standard-pdf>

## ANEXOS

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Anexo 1 - Identificación de material .....                | 1  |
| Anexo 2 - Restricción por capacidad de artesa .....       | 2  |
| Anexo 3 - Restricción por características especiales..... | 3  |
| Anexo 4 - Restricción por granulometría .....             | 7  |
| Anexo 5 - Restricción por componentes.....                | 8  |
| Anexo 6 - Restricción por potencia.....                   | 12 |
| Anexo 7 - Restricción por torsión .....                   | 20 |
| Anexo 8 - Restricción por flexión.....                    | 22 |
| Anexo 9 - Layouts.....                                    | 23 |
| Anexo 10 - Selección de cadena y piñón.....               | 29 |
| Anexo 11 - Selección de piñón.....                        | 29 |
| Anexo 12 - Selección de corona y caja reductora.....      | 31 |
| Anexo 13 - Layouts de cortes optimizados.....             | 32 |

## Anexo 1 - Identificación de Material

De acuerdo a los insumos seleccionados, se ubica en la Tabla 2.2 del CEMA Book N°350 para obtener las propiedades del material a transportar (semilla de maíz y torta de soya), esta codificación de presenta en la tabla A:

**Tabla A**

*Codificación de Materiales*

| Material      | Peso Cap.<br>(lb/pie <sup>3</sup> ) |    | Código del Material       | Serie de Componentes | Factor de Material |
|---------------|-------------------------------------|----|---------------------------|----------------------|--------------------|
| Maíz, semilla | 45                                  | 45 | 45C <sub>1/2</sub> -25PQN | 1A – 1B – 1C         | 0.4                |
| Soya, torta   | 40                                  | 43 | 42D <sub>3</sub> -35W     | 1A – 1B – 1C         | 1.0                |

*Nota. Adaptado de la Tabla 2.2 del CEMA Book N°350 4ta Ed. (2008)*

Asimismo, se utiliza la Tabla 2.1 del CEMA Book N°350 para determinar diversas propiedades como la granulometría, la fluidez, la abrasividad y otras características misceláneas inherentes al tipo de material a transportar que influyen en el transportador. Estas propiedades decodificadas se presentan en la tabla B para la semilla de maíz y en la tabla C para la torta de soya.

**Tabla B**

*Decodificación de propiedades del maíz semilla*

| Código CEMA del Maíz semilla |               |                      |              |            |           |
|------------------------------|---------------|----------------------|--------------|------------|-----------|
| C <sub>1/2</sub>             | 2             | 5                    | P            | Q          | N         |
| Granular<br>≤1/2"            | Fluidez libre | Abrasividad<br>media | Contaminable | Degradable | Explosiva |

*Nota. Adaptado de la Tabla 2.1 del CEMA Book N°350 4ta Ed. (2008)*

**Tabla C***Decodificación de propiedades de la torta de soya*

| <b>Código CEMA de la Torta de Soya</b> |                  |                      |                         |
|----------------------------------------|------------------|----------------------|-------------------------|
| <b>D<sub>3</sub></b>                   | <b>3</b>         | <b>5</b>             | <b>W</b>                |
| Granular ≤3"                           | Fluidez<br>media | Abrasividad<br>media | Presencia<br>de aceites |

*Nota. Adaptado de la Tabla 2.1 del CEMA Book N°350 4ta Ed. (2008)*

## **Anexo 2 - Restricción por Capacidad de Artesa**

La capacidad requerida en nuestro medio se expresa en toneladas por hora (ton/h), esto debemos convertirlo en una capacidad volumétrica en las unidades del sistema inglés, las cuales son en pies cúbicos por hora (pies<sup>3</sup>/h), esta conversión la llevamos a cabo con la siguiente fórmula:

$$C = \frac{2,204 \times Ton}{W}$$

Donde:

C : Capacidad volumétrica (pie<sup>3</sup>/h)

W : Densidad aparente del material a transportar (lbs/pie<sup>3</sup>)

Ton : Tonelaje (ton/h)

Las capacidades volumétricas varían para cada material a transportar, por lo que estos se ordenan de acuerdo a la capacidad de toneladas por hora y los dos tipos de materiales de este estudio. Dichos valores son presentados en la tabla D para una mejor visualización y realización de los cálculos requeridos hasta obtener el diseño estandarizado del transportador.

**Tabla D***Capacidades volumétricas requeridas en pie<sup>3</sup>/h*

| Material      | C: Capacidad volumétrica (pie <sup>3</sup> /h) |                         |                         |                         |                           |                           |
|---------------|------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
|               | 01 ton/h                                       | 05 ton/h                | 10 ton/h                | 15 ton/h                | 20 ton/h                  | 25 ton/h                  |
| Maíz semilla  | 49 pie <sup>3</sup> /h                         | 245 pie <sup>3</sup> /h | 490 pie <sup>3</sup> /h | 735 pie <sup>3</sup> /h | 980 pie <sup>3</sup> /h   | 1,225 pie <sup>3</sup> /h |
| Torta de soya | 55 pie <sup>3</sup> /h                         | 276 pie <sup>3</sup> /h | 551 pie <sup>3</sup> /h | 827 pie <sup>3</sup> /h | 1,102 pie <sup>3</sup> /h | 1,378 pie <sup>3</sup> /h |

Estos valores obtenidos nos sirven para hacer el primer predimensionamiento en base a las máximas revoluciones por minuto según el diámetro del transportador y la capacidad volumétrica. Para ello se utiliza la Tabla 2.3 del CEMA Book N°350, estos resultados se visualizan en la tabla E.

**Tabla E***Capacidades volumétricas según diámetro y revoluciones*

| Carga de Artesa | Diámetro (in) | Capacidad a Paso Completo (pie <sup>3</sup> /h) |            | Máx. RPM |
|-----------------|---------------|-------------------------------------------------|------------|----------|
|                 |               | A 1 RPM                                         | A Máx. RPM |          |
| Artesa          | DH            | CH1R                                            | CHMR       | MRPM     |
| 45              | 4             | 0.62                                            | 114        | 184      |
|                 | 6             | 2.23                                            | 368        | 165      |
|                 | 9             | 8.2                                             | 1270       | 155      |
|                 | 10            | 11.4                                            | 1710       | 150      |
|                 | 12            | 19.4                                            | 2820       | 145      |
|                 | 14            | 31.2                                            | 4370       | 140      |
| 30A             | 4             | 0.41                                            | 53         | 130      |
|                 | 6             | 1.49                                            | 180        | 120      |
|                 | 9             | 5.45                                            | 545        | 100      |
|                 | 10            | 7.57                                            | 720        | 95       |
|                 | 12            | 12.9                                            | 1160       | 90       |
|                 | 14            | 20.8                                            | 1770       | 85       |

*Nota. Adaptado de la Tabla 2.3 del CEMA Book N°350 4ta Ed. (2008)*

Para obtener el diámetro necesario primero debemos verificar que la capacidad volumétrica requerida sea menor que la capacidad del helicoidal a máximas revoluciones, luego se calcula la velocidad de operación, para ello se utilizan las siguientes fórmulas:

$$C \leq CHMR$$

$$N = \frac{MRPM}{CHMR} \times C$$

Donde:

N : velocidad de operación (RPM)

CHPM : capacidad de helicoidal a máximas revoluciones (pie<sup>3</sup>/h)

MRPM : máximas revoluciones por minuto (RPM)

C : capacidad volumétrica requerida (pie<sup>3</sup>/h)

De igual manera estos cálculos se deben repetir para la semilla de maíz y la torta de soya en cada una de las capacidades requeridas, la tabla F presenta estos valores obtenidos.

**Tabla F**

*Preselección por Capacidad de Artesa*

| Material      | Capacidades (ton/h) |            |            |            |            |
|---------------|---------------------|------------|------------|------------|------------|
|               | 01 ton/h            | 05 ton/h   | 10 ton/h   | 15 ton/h   | 20 ton/h   |
| Maíz, semilla | 6in@22rpm           | 6in@110rpm | 9in@60rpm  | 9in@90rpm  | 9in@119rpm |
| Soya, torta   | 6in@37rpm           | 9in@51rpm  | 12in@43rpm | 12in@64rpm | 12in@85rpm |



### Anexo 3 - Restricción por Características Especiales

La norma CEMA tiene en cuenta tres características especiales los cuales son: factor de capacidad de transportador por paso especial (CF1), factor de capacidad de transportador por helicoidal especial (CF2) y factor de capacidad de transportador por cantidad de paletas de mezclado (CF3).

En la tabla G se muestran los valores de CF1 de acuerdo al tipo de paso que tiene el transportador, en nuestro caso tenemos un paso estándar, ya que el paso del transportador es igual al diámetro (paso=1)  $CF1=1$

**Tabla G**

*Selección de factor por paso especial CF1*

| <b>Factores de Capacidad para Transportador con Paso Especial CF1</b> |                    |                         |            |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|------------|
| <b>Paso</b>                                                           | <b>Descripción</b> |                         | <b>CF1</b> |
| Estándar                                                              | Paso = 1           | Diámetro del Helicoidal | 1          |
| Corto                                                                 | Paso = 2/3         | Diámetro del Helicoidal | 1.5        |
| Medio                                                                 | Paso = 1/2         | Diámetro del Helicoidal | 2          |
| Largo                                                                 | Paso = 1 1/2       | Diámetro del Helicoidal | 0.67       |

*Nota. Adaptado de la Tabla 2.4 del CEMA Book N°350 4ta Ed. (2008)*

En la tabla H se muestran los valores de CF2 de acuerdo al tipo de helicoidal que tiene el transportador, en este trabajo no se hará ninguna modificación al helicoidal, por lo que  $CF2=1$ .

**Tabla H***Selección de factor por helicoidal especial CF2*

| <b>Factores de Capacidad para Transportador con Helicoidal Especial CF2</b> |                                |            |            |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------|------------|
| <b>Tipo de Helicoidal</b>                                                   | <b>Carga del Transportador</b> |            |            |
|                                                                             | <b>15%</b>                     | <b>30%</b> | <b>45%</b> |
| Helicoidal con Corte                                                        | 1.95                           | 1.57       | 1.43       |
| Helicoidal con Corte y Doble                                                | N.R.*                          | 3.75       | 2.54       |
| Helicoidal de Listón                                                        | 1.04                           | 1.37       | 1.62       |
| Helicoidal Estándar                                                         | 1                              | 1          | 1          |

*Nota. Adaptado de la Tabla 2.4 del CEMA Book N°350 4ta Ed. (2008)*

En la tabla I se muestran los valores de CF3 de acuerdo al número de paletas de mezcla que tiene el transportador, para este trabajo CF3=1 ya que no se emplea ninguna paleta de mezcla.

**Tabla I***Selección de factor por paletas mezcladoras CF3*

| <b>Factores de Capacidad para Transportador con Paletas Mezcladoras CF3</b> |                         |          |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Paletas Estándar de Paso</b>                                             | <b>Paletas por Paso</b> |          |          |          |          |
| <b>Invertido a 45°</b>                                                      | <b>Ninguna</b>          | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> |
| CF3                                                                         | 1                       | 1.08     | 1.16     | 1.24     | 1.32     |

*Nota. Adaptado de la Tabla 2.4 del CEMA Book N°350 4ta Ed. (2008)*

Para el diseño se requiere una capacidad equivalente, la cual se encuentra con la siguiente fórmula:

$$C_{eq} = C \times CF_1 \times CF_2 \times CF_3$$

Donde:

C : Capacidad volumétrica estándar

CF1 : Factor de paso especial

CF2 : Factor de helicoidal especial

CF3 : Factor de paletas mezcladoras

En nuestro caso como estamos trabajando con helicoidales de paso y geometría estándar y sin paletas mezcladoras, la capacidad volumétrica equivalente es la misma que la capacidad volumétrica estándar. Estos valores se muestran en la tabla J:

**Tabla J**

*Preselección por Características Especiales*

| Material      | Capacidades volumétricas requeridas (pie <sup>3</sup> /h) |            |            |            |            |
|---------------|-----------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
|               | 01 ton/h                                                  | 05 ton/h   | 10 ton/h   | 15 ton/h   | 20 ton/h   |
| Maíz, semilla | 6in@22rpm                                                 | 6in@110rpm | 9in@60rpm  | 9in@90rpm  | 9in@119rpm |
| Soya, torta   | 6in@37rpm                                                 | 9in@51rpm  | 12in@43rpm | 12in@64rpm | 12in@85rpm |

#### **Anexo 4 - Restricción por Granulometría**

En el paso 1, según la decodificación del material, si la granulometría es mayor de 7" se utiliza la Tabla 2.5 del CEMA Book N°350, en este caso no tenemos esa granulometría, por lo tanto, no se realiza este paso.

## Anexo 5 - Restricción por Componentes

De acuerdo al código de componentes CEMA, la norma los agrupa tenemos tres: grupo 1 para servicio normal, grupo 2 para servicio pesado y grupo 3 para servicio extra pesado. Mientras que la parte literal indica el material usado para el acople: rodamiento de bolas (A), bronce y auto lubricados (B), plásticos, nilón o teflón (C), rodamientos endurecidos (D). En la tabla K se puede ver el eje recomendado según el material del buje seleccionado.

**Tabla K**

*Bujes y Ejes Recomendados*

| Grupo de Componente | Tipo de Buje                 | Tipo de Eje |
|---------------------|------------------------------|-------------|
| Grupo A             | Bolas                        | Estándar    |
|                     | Bronce                       |             |
|                     | *Grafito                     |             |
| Grupo B             | *Lona fenólica               | Estándar    |
|                     | *Bronce impregnado de aceite |             |
|                     | *Madera impregnada de aceite |             |
|                     | Plástico                     |             |
| Grupo C             | Nilón                        | Estándar    |
|                     | Teflón                       |             |
| Grupo D             | Endurecido al frío           | Endurecido  |
|                     | Aleaciones endurecidas       |             |

*Nota. Adaptado de la Tabla 2.10 del CEMA Book N°350 4ta Ed. (2008)*

*\*No auto lubricados o sin lubricación adicional*

El maíz y la soya tienen el mismo grupo de componentes 1A-1B-1C, número de abrasividad igual a 5 y ambos son no corrosivos, por lo que seleccionamos un buje de bronce de acuerdo a la tabla L.

**Tabla L***Selección de Componentes*

| Clasificación del Código de Material |           |             |              | Designación del grupo de Componentes |        |            |            |                 |
|--------------------------------------|-----------|-------------|--------------|--------------------------------------|--------|------------|------------|-----------------|
| Clasificación de                     | Tamaño de | Nº de       | Letra de     | Grupo de                             | Bronce | Auto       | Rodamiento | Plástico        |
| Material                             | Material  | Abrasividad | Corrosividad | Componentes                          |        | lubricadas | de bolas   | Nilón<br>Teflón |
| A200                                 | B6        |             | No Corrosivo | 1                                    | B      | B          | A          | C               |
| A100                                 | C1/2      | 5           | T            | 2                                    | B      | B          | -          | C               |
| A40                                  |           |             | S            | 3                                    | B      | B          | -          | C               |
| D3                                   | Dx        |             | No Corrosivo | 2                                    | B      | B          | A          | C               |
| D7                                   | E         | 5           | T            | 2                                    | B      | B          | -          | C               |
| D16                                  |           |             | S            | 3                                    | B      | B          | -          | C               |

*Nota. Adaptado de la Tabla 2.6 del CEMA Book N°350 4ta Ed. (2008)*

De la tabla M seleccionamos el diámetro recomendado para los ejes de suspensión usando la Tabla 2.7 del CEMA Book N°350 que nos indica una operación de servicio normal según el grupo de componentes 1A-1B-1C.

**Tabla M***Selección de Eje de Suspensión*

| <b>Grupo de componentes 1A, 1B y 1C</b> |                        |                             |                   |                                            |             |
|-----------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------------------------|-------------|
| <b>Diámetro de Helicoidal</b>           | <b>Diámetro de eje</b> | <b>Código de Helicoidal</b> |                   | <b>Espesor americano (Gauges orInches)</b> |             |
|                                         |                        | <b>Helicoidal</b>           | <b>Helicoidal</b> | <b>Artesa</b>                              | <b>Tapa</b> |
|                                         |                        | <b>Simple</b>               | <b>Seccional</b>  |                                            |             |
| 6                                       | 1 - 1/2                | 6H304                       | 6S307             | 16 ga                                      | 16 ga       |
| 9                                       | 1 - 1/2                | 9H304                       | 9S307             | 14 ga                                      | 14 ga       |
| 9                                       | 2                      | 9H406                       | 9S409             | 14 ga                                      | 14 ga       |
| 12                                      | 2                      | 12H408                      | 12S409            | 12 ga                                      | 14 ga       |
| 12                                      | 2 - 7/16               | 12H508                      | 12S509            | 12 ga                                      | 14 ga       |
| 14                                      | 2 - 7/16               | 14H508                      | 14S509            | 12 ga                                      | 14 ga       |
| 16                                      | 3                      | 16H610                      | 16S612            | 12 ga                                      | 14 ga       |
| 18                                      | 3                      | 18H610                      | 18S612            | 10 ga                                      | 12 ga       |
| 20                                      | 3                      | -                           | 20S612            | 10 ga                                      | 12 ga       |
| 24                                      | 3 - 7/16               | -                           | 24S712            | 10 ga                                      | 12 ga       |

*Nota. Adaptado de la Tabla 2.7 del CEMA Book N°350 4ta Ed. (2008)*

De esta tabla se seleccionan los ejes adecuados y con la fórmula  $N \leq \frac{120}{d}$  se calculan las máximas revoluciones permitidas según el diámetro del eje. Estos valores obtenidos se presentan en la tabla N, así como el código de artesas, el diámetro del eje de suspensión y el diámetro del tubo del helicoidal en Sch40 que es el recomendado por la norma CEMA.

**Tabla N***RPM máximas según Eje de Suspensión*

| Capacidad | Código | Eje de Suspensión | Tubo Sch40 | RPM máximas |
|-----------|--------|-------------------|------------|-------------|
| 01 ton/h  | 6S307  | 1-1/2             | 2          | 80          |
| 05 ton/h  | 9S307  | 1-1/2             | 2          | 60          |
| 10 ton/h  | 12S409 | 2                 | 2-1/2      | 49          |
| 15 ton/h  | 14S509 | 2 -7/16           | 3          | 40          |
| 20 ton/h  | 16S612 | 3                 | 3-1/2*     | 35          |

Debido a que el tubo de 3-1/2 no es comercial, se tomará el tubo de 4 pulgadas para el último helicoidal. En la tabla O se presenta la preselección según componentes, la cual se restringe en base al eje de suspensión

**Tabla O***Preselección según Componentes*

| Material      | Capacidades  |              |              |              |              |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|               | 01 ton/h     | 05 ton/h     | 10 ton/h     | 15 ton/h     | 20 ton/h     |
|               | @<br>≤ 80rpm | @<br>≤ 60rpm | @<br>≤ 49rpm | @<br>≤ 40rpm | @<br>≤ 35rpm |
| Maíz, semilla | 6in@22rpm    | 9in@30rpm    | 12in@25rpm   | 14in@24rpm   | 16in@21rpm   |
| Soya, torta   | 6in@37rpm    | 9in@51rpm    | 12in@43rpm   | 14in@40rpm   | 16in@35rpm   |

## Anexo 6 - Restricción por Potencia

Para la unificación de capacidades para ambos productos, tabulamos sus valores de manera que cumplan para ambos productos, teniendo como prioridad el cumplimiento de la capacidad del maíz ya que es el que se usa más del 80% según el Pareto analizado.

En la tabla P se hizo una estandarización de las RPM en base al promedio de revoluciones, el maíz cumple por exceso al 135% y la soya por defecto al 80% según el rango de capacidades obtenidos.

**Tabla P**

*Estandarización de RPM*

| <b>CAPACIDAD<br/>NOMINAL</b> | <b>CÓDIGO</b> | <b>RPM<br/>SOYA</b> | <b>RPM<br/>MAIZ</b> | <b>RPM<br/>PROMEDIO</b> | <b>CAPACIDAD<br/>SOYA</b> | <b>CAPACIDAD<br/>MAIZ</b> |
|------------------------------|---------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 01 ton/h                     | 6S307         | 37 rpm              | 22 rpm              | <b>29 rpm</b>           | 80%                       | 134%                      |
| 05 ton/h                     | 9S307         | 51 rpm              | 30 rpm              | <b>40 rpm</b>           | 80%                       | 135%                      |
| 10 ton/h                     | 12S409        | 43 rpm              | 25 rpm              | <b>34 rpm</b>           | 79%                       | 135%                      |
| 15 ton/h                     | 14S509        | 40 rpm              | 24 rpm              | <b>32 rpm</b>           | 80%                       | 134%                      |
| 20 ton/h                     | 16S612        | 35 rpm              | 21 rpm              | <b>28 rpm</b>           | 80%                       | 134%                      |

Una vez estandarizados se calcula la potencia que se necesitará en cada diámetro de transportador, para ello la norma CEMA tiene en cuenta dos factores, la potencia para mover propiamente el material a transportar ( $HP_m$ ) y la potencia necesaria para vencer la fricción generada por el material a transportar ( $HP_f$ ), una vez calculados estos valores se tienen en cuenta la eficiencia del tipo de transmisión y de sobrecarga de trabajo. Las fórmulas que se utilizan para estos cálculos se describen a continuación.



$$HP_f = \frac{LNF_dF_b}{1,000,000}$$

$$HP_m = \frac{CLWF_fF_mF_p}{1,000,000}$$

$$HP_{total} = \frac{(HP_f + HP_m)F_o}{e}$$

Donde:

- C : Capacidad equivalente (pie<sup>3</sup>/h)
- e : Eficiencia motriz
- F<sub>b</sub> : Factor de cojinete de suspensión
- F<sub>d</sub> : Factor de diámetro de artesa
- F<sub>f</sub> : Factor de helicoidal
- F<sub>m</sub> : Factor de material a transportar
- F<sub>o</sub> : Factor de sobrecarga
- F<sub>p</sub> : Factor de mezcla
- L : Longitud total del transportador (pie)
- N : Velocidad de operación (RPM)
- W : Densidad aparente del material a transportar (lbs/pie<sup>3</sup>)
- HP<sub>f</sub> : Potencia por fricción del transportador (HP)
- HP<sub>m</sub> : Potencia por material a transportar (HP)
- HP<sub>total</sub> : Potencia total del transportador (HP)

Los factores de material C, W y fm ya han sido encontrados en el anexo 1 de decodificación de material, los factores de forma se seleccionan de las tablas 3.1 al 3.4 del CEMA Book N°350.

En la tabla Q se presenta el factor de rodamiento (Fb: Bearing Factor por sus siglas en inglés) el cual se ha seleccionado como bronce en el paso de selección de componentes, estos fueron obtenidos de la Tabla 3.1 del CEMA Book N°350.

**Tabla Q***Factor de Rodamiento de Suspensión*

| <b>Grupo de componentes</b> | <b>Tipo de rodamiento</b> | <b>Fb</b> |
|-----------------------------|---------------------------|-----------|
| Grupo B                     | Bronce                    | 1.7       |

*Nota. Adaptado de la Tabla 3.1 del CEMA Book N°350 4ta Ed. (2008)*

Los factores de diámetro de transportador (Fd) se muestran en la tabla R, los cuales fueron obtenidos de la Tabla 3.2 del CEMA Book N°350.

**Tabla R***Factor de Diámetro de Transportador*

| <b>Diámetro de Transportador<br/>(pulgadas)</b> | <b>Factor Fd</b> |
|-------------------------------------------------|------------------|
| 6                                               | 18.0             |
| 9                                               | 31.0             |
| 12                                              | 55.0             |
| 14                                              | 78.0             |
| 16                                              | 106.0            |

*Nota. Adaptado de la Tabla 3.2 del CEMA Book N°350 4ta Ed. (2008)*

Los factores de forma del helicoidal (Ff) se muestran en la tabla S, los cuales fueron obtenidos de la Tabla 3.3 del CEMA Book N°350.

**Tabla S***Factor de Forma del Helicoidal*

| Tipo de Helicoidal | Carga de Transportador |      |      |      |
|--------------------|------------------------|------|------|------|
|                    | 15%                    | 30%  | 45%  | 95%  |
| Standard           | 1.00                   | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Corte              | 1.10                   | 1.15 | 1.20 | 1.30 |
| Corte y Doble      | No se<br>Recomienda    | 1.50 | 1.70 | 2.20 |
| Corte y Doble      |                        |      |      |      |
| Cintas             | 1.05                   | 1.14 | 1.20 | -    |

*Nota. Adaptado de la Tabla 3.3 del CEMA Book N°350 4ta Ed. (2008)*

Los factores de paletas (Fp) se muestran en la tabla T, los cuales fueron obtenidos de la Tabla 3.4 del CEMA Book N°350.

**Tabla T***Factor de Paletas*

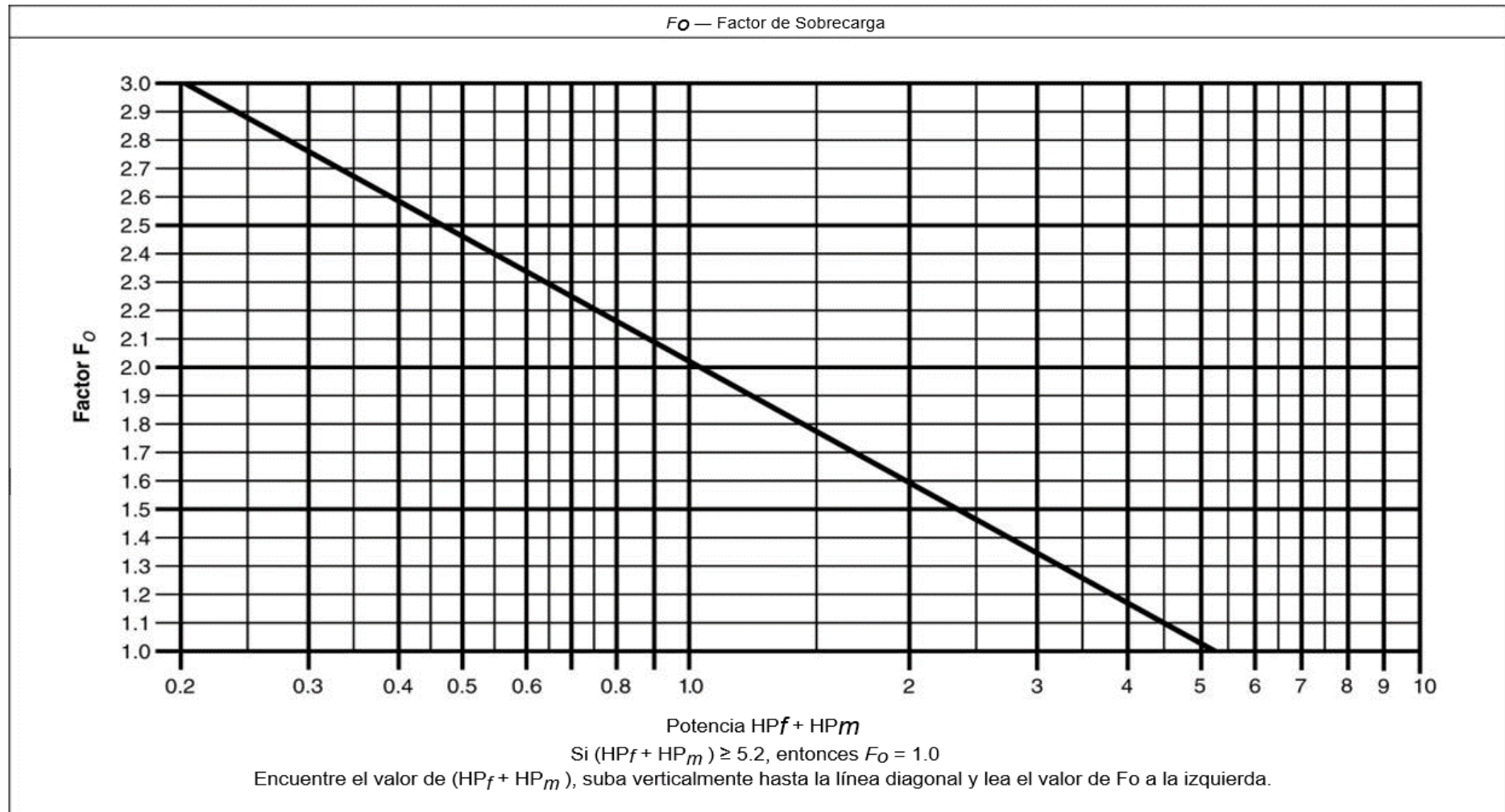
|           | Carga de Transportador |      |      |      |      |
|-----------|------------------------|------|------|------|------|
|           | Ninguna                | 1    | 2    | 3    | 4    |
| Factor Fp | 1.00                   | 1.29 | 1.58 | 1.87 | 2.16 |

*Nota. Adaptado de la Tabla 3.4 del CEMA Book N°350 4ta Ed. (2008)*

En la figura A se muestra el ábaco del factor de sobrecarga en función de la sumatoria de potencias por transporte de material y fricción.

**Figura A**

*Factores de Sobrecarga*



*Nota. Adaptado de la Figura 3.1 del CEMA Book N°350 4ta Ed. (2008)*

La tabla U presenta los resultados de las potencias necesaria para vencer la fricción y la carga de transportar el maíz semilla para las cinco capacidades de diseño requeridas.

**Tabla U**

*Potencia por Fricción y Material de la Semilla de Maíz*

| Capacidad<br>Nominal | Factores de Forma |     |    |    | HPf   | Capacidad<br>de Diseño | Factores de Material |    |     |       |
|----------------------|-------------------|-----|----|----|-------|------------------------|----------------------|----|-----|-------|
|                      | Fb                | Fd  | Ff | Fp |       |                        | (Maíz semilla)       |    |     | HPm   |
|                      |                   |     |    |    |       |                        | C                    | W  | fm  |       |
| 01 ton/h             | 1.7               | 18  | 1  | 1  | 0.009 | 1.36 ton/h             | 66.56                | 45 | 0.4 | 0.012 |
| 05 ton/h             | 1.7               | 31  | 1  | 1  | 0.021 | 6.77 ton/h             | 331.91               | 45 | 0.4 | 0.059 |
| 10 ton/h             | 1.7               | 55  | 1  | 1  | 0.031 | 13.52 ton/h            | 662.19               | 45 | 0.4 | 0.117 |
| 15 ton/h             | 1.7               | 78  | 1  | 1  | 0.042 | 20.61 ton/h            | 1009.67              | 45 | 0.4 | 0.179 |
| 20 ton/h             | 1.7               | 106 | 1  | 1  | 0.050 | 26.93 ton/h            | 1319.09              | 45 | 0.4 | 0.233 |

La tabla V presenta los resultados finales de las potencias requeridas por el transportador de semilla de maíz, los cuales están agrupados en tres columnas que representan tres grupos de tamaños diferentes: menores de 3m, entre 3m y 6m, y entre 6m y 9m de longitud.

**Tabla V***Potencia Total para Semilla de Maíz*

| <b>Capacidad<br/>Nominal</b> | <b><math>\Sigma</math> HP</b> | <b>Fo</b> | <b>e</b> | <b>HP total (Maíz Semilla)</b> |                                      |                                      |
|------------------------------|-------------------------------|-----------|----------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                              |                               |           |          | <b><math>L \leq 3m</math></b>  | <b><math>3 &lt; L \leq 6m</math></b> | <b><math>6 &lt; L &lt; 9m</math></b> |
| 01 ton/h                     | 0.021                         | 3.0       | 0.874    | <b>0.07 HP</b>                 | <b>0.14 HP</b>                       | <b>0.21 HP</b>                       |
| 05 ton/h                     | 0.080                         | 3.0       | 0.874    | <b>0.27 HP</b>                 | <b>0.55 HP</b>                       | <b>0.82 HP</b>                       |
| 10 ton/h                     | 0.149                         | 3.0       | 0.874    | <b>0.51 HP</b>                 | <b>1.02 HP</b>                       | <b>1.53 HP</b>                       |
| 15 ton/h                     | 0.221                         | 2.9       | 0.874    | <b>0.75 HP</b>                 | <b>1.49 HP</b>                       | <b>2.24 HP</b>                       |
| 20 ton/h                     | 0.284                         | 2.8       | 0.874    | <b>0.91 HP</b>                 | <b>1.82 HP</b>                       | <b>2.72 HP</b>                       |

La tabla W presenta los resultados de las potencias necesaria para vencer la fricción y la carga de transportar la torta de soya para las cinco capacidades de diseño requeridas.

**Tabla W***Potencia por Fricción y Material de la Torta de Soya*

| <b>Capacidad<br/>Nominal</b> | <b>Factores de Forma</b> |           |           |           | <b>HPf</b> | <b>Capacidad<br/>de Diseño</b> | <b>Factores de Material<br/>(Torta de Soya)</b> |          |           | <b>HPm</b> |
|------------------------------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|----------|-----------|------------|
|                              | <b>Fb</b>                | <b>Fd</b> | <b>Ff</b> | <b>Fp</b> |            |                                | <b>C</b>                                        | <b>W</b> | <b>fm</b> |            |
| 01 ton/h                     | 1.7                      | 18        | 1         | 1         | 0.0090     | 0.81 ton/h                     | 41.37                                           | 43       | 1         | 0.017      |
| 05 ton/h                     | 1.7                      | 31        | 1         | 1         | 0.0210     | 4.01 ton/h                     | 205.37                                          | 43       | 1         | 0.087      |
| 10 ton/h                     | 1.7                      | 55        | 1         | 1         | 0.0313     | 7.97 ton/h                     | 408.59                                          | 43       | 1         | 0.173      |
| 15 ton/h                     | 1.7                      | 78        | 1         | 1         | 0.0422     | 12.22 ton/h                    | 626.57                                          | 43       | 1         | 0.265      |
| 20 ton/h                     | 1.7                      | 106       | 1         | 1         | 0.0501     | 16.04 ton/h                    | 822.60                                          | 43       | 1         | 0.348      |

La tabla X presenta los resultados finales de las potencias requeridas por el transportador de semilla de maíz, los cuales están agrupados en tres columnas que representan tres grupos de tamaños diferentes: menores de 3m, entre 3m y 6m, y entre 6m y 9m de longitud.

**Tabla X***Potencia Total para Torta de Soya*

| Capacidad<br>Nominal | $\Sigma$ HP | Fo  | e     | HP total (Torta de soya) |                 |                |
|----------------------|-------------|-----|-------|--------------------------|-----------------|----------------|
|                      |             |     |       | $L \leq 3m$              | $3 < L \leq 6m$ | $6 < L < 9m$   |
| 01 ton/h             | 0.026       | 3.0 | 0.885 | <b>0.09 HP</b>           | <b>0.18 HP</b>  | <b>0.27 HP</b> |
| 05 ton/h             | 0.108       | 3.0 | 0.885 | <b>0.37 HP</b>           | <b>0.73 HP</b>  | <b>1.10 HP</b> |
| 10 ton/h             | 0.204       | 3.0 | 0.885 | <b>0.69 HP</b>           | <b>1.38 HP</b>  | <b>2.07 HP</b> |
| 15 ton/h             | 0.307       | 2.7 | 0.885 | <b>0.95 HP</b>           | <b>1.91 HP</b>  | <b>2.86 HP</b> |
| 20 ton/h             | 0.398       | 2.6 | 0.885 | <b>1.17 HP</b>           | <b>2.33 HP</b>  | <b>3.50 HP</b> |

Finalmente, en la tabla Y se compilan ambos valores para obtener un único equipo con su motor que cumpla ambos requerimientos y se tabulan las capacidades reales de maíz semilla y torta de soya que pueden transportar. De esta tabla se puede apreciar que al unificar el transportador, la capacidad por transporte de maíz está por lo menos a un 35% más de lo requerido, mientras que para transporte de torta de soya está por los menos a un 80% de lo requerido.

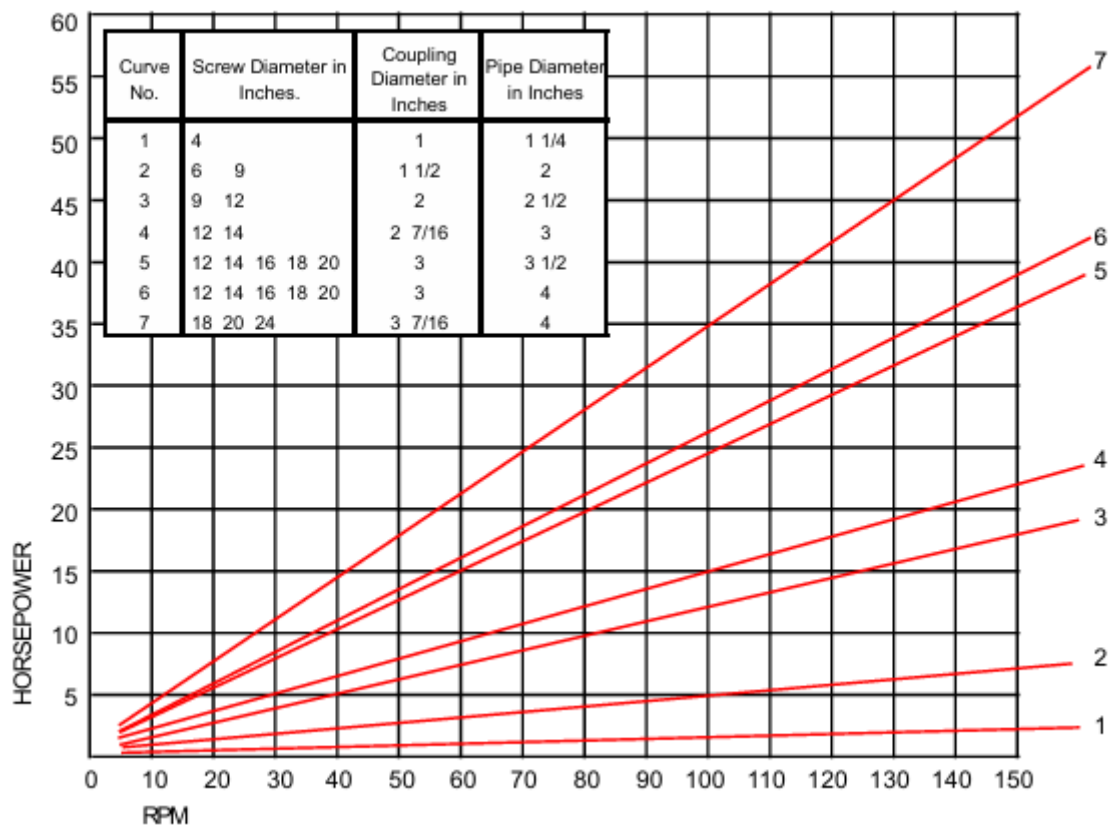
**Tabla Y***Potencia Nominal de Transportador*

| Capacidad<br>Nominal | RPM<br>Real | Capacidad Real       |                     | Potencia Nominal Transportador |                 |                |
|----------------------|-------------|----------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------|----------------|
|                      |             | Maíz                 | Torta               | L ≤ 3m                         | 3 < L ≤ 6m      | 6 < L < 9m     |
|                      |             | Semilla              | Soya                |                                |                 |                |
| 01 ton/h             | 30 rpm      | 1.4 ton/h<br>@ 136%  | 0.8 ton/h<br>@ 81%  | 35% @<br>0.25HP                | 71% @<br>0.25HP | 53% @<br>0.5HP |
| 05 ton/h             | 41 rpm      | 6.8 ton/h<br>@ 135%  | 4.0 ton/h<br>@ 80%  | 73% @<br>0.5HP                 | 97% @<br>0.75HP | 73% @<br>1.5HP |
| 10 ton/h             | 34 rpm      | 13.5 ton/h<br>@ 135% | 8.0 ton/h<br>@ 80%  | 92% @<br>0.75HP                | 92% @<br>1.5HP  | 69% @<br>2HP   |
| 15 ton/h             | 32 rpm      | 20.6 ton/h<br>@ 137% | 12.2 ton/h<br>@ 81% | 95% @<br>1HP                   | 95% @<br>2HP    | 95% @<br>3HP   |
| 20 ton/h             | 28 rpm      | 26.9 ton/h<br>@ 135% | 16.0 ton/h<br>@ 80% | 77% @<br>1.5HP                 | 77% @<br>3HP    | 87% @<br>4HP   |

**Anexo 7 - Restricción por Torsión**

Se utilizarán dos pernos en forma de cruz a 90°, la potencia máxima admisible para esta configuración se obtiene de la figura 3.2 de la CEMA Book N°350, las demás figuras muestran valores para diferentes combinaciones de pernos.





En la tabla Z se presentan los valores obtenidos del anexo anterior para cada capacidad y se verifica si cumple con la potencia máxima admisible por los pernos de acople.

**Tabla Z***Selección por Torsión*

| Capacidad | RPM    | N° de Curva | Potencia<br>Máxima<br>Requerida | Potencia<br>Admisible | Cumple:<br>$HP_{max} \leq HP_{adm}$ |
|-----------|--------|-------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| 1 ton/h   | 30 rpm | Curva 2     | 0.5 HP                          | 1.5 HP                | <b>Sí</b>                           |
| 5 ton/h   | 41 rpm | Curva 2     | 1.5 HP                          | 2.0 HP                | <b>Sí</b>                           |
| 10 ton/h  | 34 rpm | Curva 3     | 3.0 HP                          | 4.3 HP                | <b>Sí</b>                           |
| 15 ton/h  | 32 rpm | Curva 4     | 3.0 HP                          | 4.9 HP                | <b>Sí</b>                           |
| 20 ton/h  | 28 rpm | Curva 6     | 4.0 HP                          | 7.4 HP                | <b>Sí</b>                           |

**Anexo 8 - Restricción por Flexión**

Cuando no se usen las longitudes recomendadas en la CEMA Standard N°300 se tiene que calcular si la deflexión del eje no supera los 0.25 pulgadas recomendadas.

$$\Delta = \frac{5WL^3}{384EI} \leq 0.25$$

Donde:

$\Delta$  : deflexión al punto medio (pulgadas)

W : peso total del helicoidal (libras)

L : longitud total del helicoidal entre los rodamientos (pulgadas)

E : módulo de elasticidad del acero (psi)

I : momento de inercia del tubo o barra del helicoidal (pulgadas<sup>4</sup>)

Para el presente trabajo se están usando los parámetros recomendados, por lo que no es necesaria la comprobación de las deflexiones, de no ser el caso se utiliza la Tabla 3.6 del CEMA Book N°350 cuando se empleen tubos de acero Sch40, de usarse otro material consultar las propiedades mecánicas para realizar las comprobaciones.

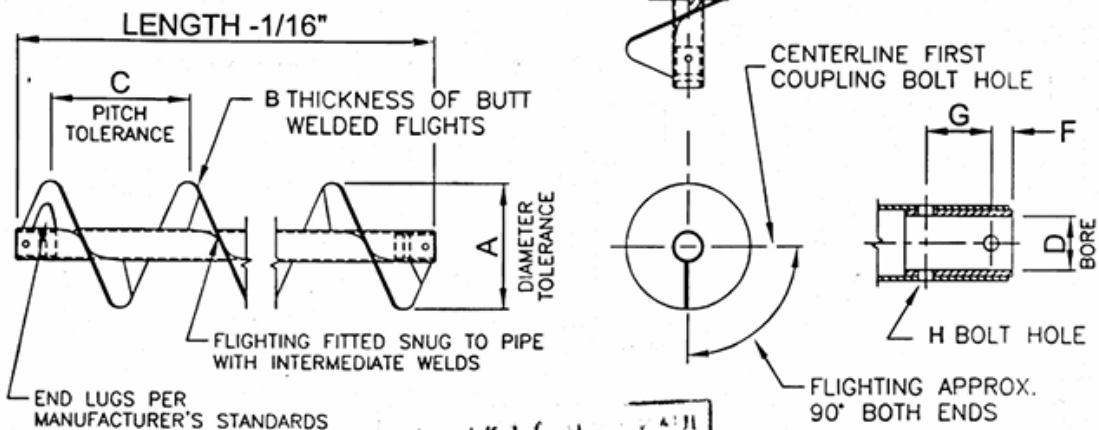
## **Anexo 9 - Layouts**

Se utilizan las páginas 002, 013, 015, 023 y 026 del CEMA Standard N°300 para hacer el diseño del helicoidal con la siguiente secuencia:

- 1°) Selección de las características generales para un transportador seccional de la página 002.
- 2°) Diseño de la artesa en forma de U con doble pestaña en los extremos según las dimensiones recomendadas en la página 026.
- 3°) Con la artesa definida se diseña la cubierta superior con pestañas para mayor rigidez y maniobrabilidad según la página 023.
- 4°) Una vez definida la artesa y su cubierta superior se diseña la distribución de pernos para las bridas de unión en U según la página 015.
- 5°) Finalmente, con la artesa y brida definida se realiza el diseño de las placas extremas según las dimensiones recomendadas en la página 013.

Estos cinco pasos se realizan para cada uno de los cinco tamaños de transportador obtenidos (6, 9, 12, 14 y 16 pulgadas) teniendo en cuenta la optimización de dimensiones para minimizar las mermas de las planchas comerciales que se tienen a disposición en el mercado peruano.

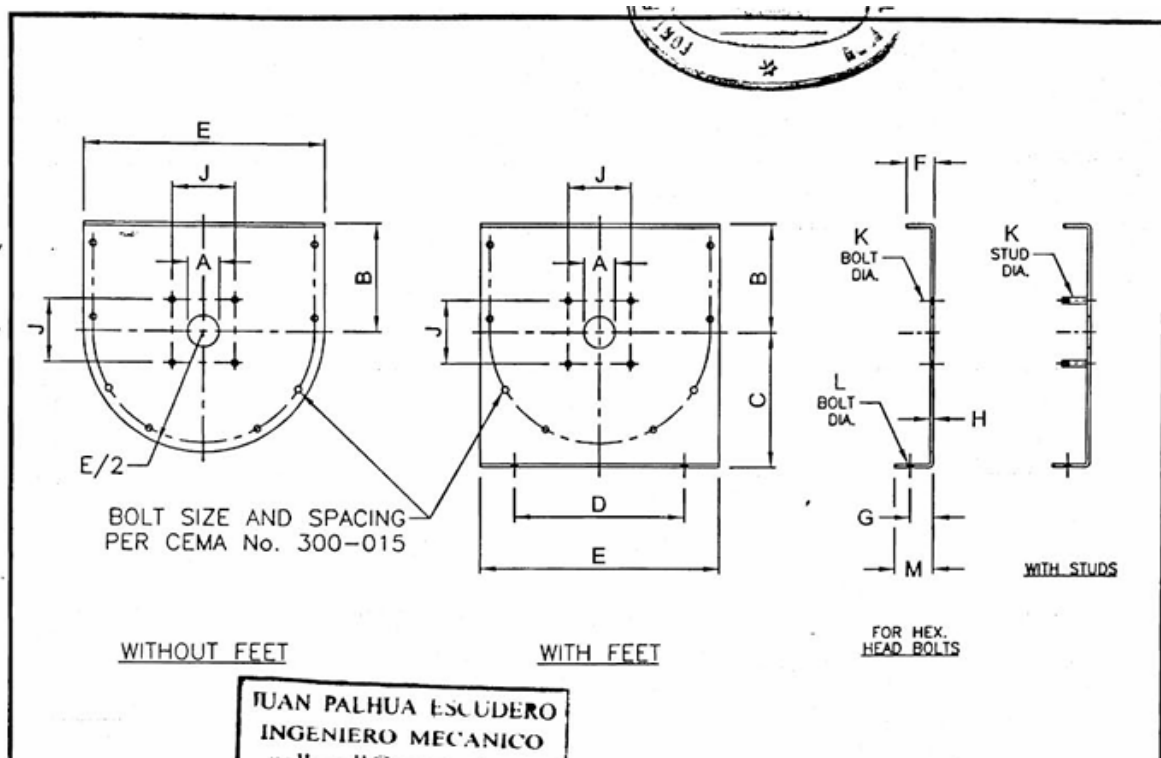
Tel: 97268970



| LISTED<br>SCREW<br>DIA.<br>AND<br>PITCH | CPLG.<br>DIA. | SIZE<br>DESIGN-<br>ATION | PIPE<br>SIZE<br>SCH.<br>40<br>INCHES | LENGTH<br>FEET<br>AND<br>INCHES | A                     |       | B                        | C                  |       | D                              |       | F                           | G                           | H                            |
|-----------------------------------------|---------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|-------|--------------------------|--------------------|-------|--------------------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|                                         |               |                          |                                      |                                 | DIAMETER<br>TOLERANCE |       | FLIGHT<br>THICK-<br>NESS | PITCH<br>TOLERANCE |       | BUSHING<br>BORE<br>INSIDE DIA. |       | SPACING<br>1ST BOLT<br>HOLE | CENTERS<br>2ND BOLT<br>HOLE | NOM.<br>BOLT<br>HOLE<br>SIZE |
|                                         |               |                          |                                      |                                 | PLUS                  | MINUS |                          | PLUS               | MINUS | MIN.                           | MAX.  |                             |                             |                              |
| INCHES                                  |               |                          |                                      |                                 | INCHES                |       |                          |                    |       |                                |       |                             |                             |                              |
| 6                                       | 1 1/2         | 6S309                    | 2                                    | 9'-10"                          | 1/16                  | 3/16  | 10 GA                    | 3/8                | 1/4   | 1.505                          | 1.516 | 7/8                         | 3                           | 17/32                        |
|                                         | 1 1/2         | 6S312                    | 2                                    | 9'-10"                          | 1/16                  | 3/16  | 3/16                     | 3/8                | 1/4   | 1.505                          | 1.516 | 7/8                         | 3                           | 17/32                        |
| 9                                       | 1 1/2         | 9S312                    | 2                                    | 9'-10"                          | 1/16                  | 3/16  | 3/16                     | 1/2                | 1/4   | 1.505                          | 1.516 | 7/8                         | 3                           | 17/32                        |
|                                         | 2             | 9S412                    | 2 1/2                                | 9'-10"                          | 1/16                  | 3/16  | 3/16                     | 1/2                | 1/4   | 2.005                          | 2.016 | 7/8                         | 3                           | 21/32                        |
|                                         | 2             | 9S416                    | 2 1/2                                | 9'-10"                          | 1/16                  | 1/4   | 1/4                      | 1/2                | 1/4   | 2.005                          | 2.016 | 7/8                         | 3                           | 21/32                        |
|                                         | 2             | 12S412                   | 2 1/2                                | 11'-10"                         | 1/8                   | 5/16  | 3/16                     | 3/4                | 1/4   | 2.005                          | 2.016 | 7/8                         | 3                           | 21/32                        |
| 12                                      | 2 7/16        | 12S512                   | 3                                    | 11'-9"                          | 1/8                   | 5/16  | 3/16                     | 3/4                | 1/4   | 2.443                          | 2.458 | 15/16                       | 3                           | 21/32                        |
|                                         | 2 7/16        | 12S516                   | 3                                    | 11'-9"                          | 1/8                   | 5/16  | 1/4                      | 3/4                | 1/4   | 2.443                          | 2.458 | 15/16                       | 3                           | 21/32                        |
|                                         | 3             | 12S616                   | 3 1/2                                | 11'-9"                          | 1/8                   | 5/16  | 1/4                      | 3/4                | 1/4   | 3.005                          | 3.025 | 1                           | 3                           | 25/32                        |
|                                         | 3             | 12S624                   | 3 1/2                                | 11'-9"                          | 1/8                   | 3/8   | 3/8                      | 3/4                | 1/4   | 3.005                          | 3.025 | 1                           | 3                           | 25/32                        |
| 14                                      | 2 7/16        | 14S512                   | 3                                    | 11'-9"                          | 1/8                   | 5/16  | 3/16                     | 3/4                | 1/4   | 2.443                          | 2.458 | 15/16                       | 3                           | 21/32                        |
|                                         | 3             | 14S616                   | 3 1/2                                | 11'-9"                          | 1/8                   | 5/16  | 1/4                      | 3/4                | 1/4   | 3.005                          | 3.025 | 1                           | 3                           | 25/32                        |
|                                         | 3             | 14S624                   | 3 1/2                                | 11'-9"                          | 1/8                   | 3/8   | 3/8                      | 3/4                | 1/4   | 3.005                          | 3.025 | 1                           | 3                           | 25/32                        |
|                                         | 3             | 16S612                   | 3 1/2                                | 11'-9"                          | 1/8                   | 3/8   | 3/16                     | 3/4                | 1/4   | 3.005                          | 3.025 | 1                           | 3                           | 25/32                        |
| 16                                      | 3             | 16S616                   | 3 1/2                                | 11'-9"                          | 1/8                   | 3/8   | 1/4                      | 3/4                | 1/4   | 3.005                          | 3.025 | 1                           | 3                           | 25/32                        |
|                                         | 3             | 16S624                   | 3 1/2                                | 11'-9"                          | 1/8                   | 3/8   | 3/8                      | 3/4                | 1/4   | 3.005                          | 3.025 | 1                           | 3                           | 25/32                        |
|                                         | 3             | 16S632                   | 3 1/2                                | 11'-9"                          | 1/8                   | 1/2   | 1/2                      | 3/4                | 1/4   | 3.005                          | 3.025 | 1                           | 3                           | 25/32                        |
|                                         | 3             | 18S616                   | 3 1/2                                | 11'-9"                          | 3/16                  | 3/8   | 1/4                      | 3/4                | 1/2   | 3.005                          | 3.025 | 1                           | 3                           | 25/32                        |
| 18                                      | 3             | 18S624                   | 3 1/2                                | 11'-9"                          | 3/16                  | 3/8   | 3/8                      | 3/4                | 1/2   | 3.005                          | 3.025 | 1                           | 3                           | 25/32                        |
|                                         | 3             | 18S632                   | 3 1/2                                | 11'-9"                          | 3/16                  | 1/2   | 1/2                      | 3/4                | 1/2   | 3.005                          | 3.025 | 1                           | 3                           | 25/32                        |
|                                         | 3 7/16        | 18S716                   | 4                                    | 11'-8"                          | 3/16                  | 3/8   | 1/4                      | 3/4                | 1/2   | 3.443                          | 3.467 | 1 1/2                       | 4                           | 29/32                        |
|                                         | 3 7/16        | 18S724                   | 4                                    | 11'-8"                          | 3/16                  | 3/8   | 3/8                      | 3/4                | 1/2   | 3.443                          | 3.467 | 1 1/2                       | 4                           | 29/32                        |
| 20                                      | 3 7/16        | 18S732                   | 4                                    | 11'-8"                          | 3/16                  | 1/2   | 1/2                      | 3/4                | 1/2   | 3.443                          | 3.467 | 1 1/2                       | 4                           | 29/32                        |
|                                         | 3             | 20S616                   | 3 1/2                                | 11'-9"                          | 3/16                  | 3/8   | 1/4                      | 7/8                | 1/2   | 3.005                          | 3.025 | 1                           | 3                           | 25/32                        |
|                                         | 3             | 20S624                   | 3 1/2                                | 11'-9"                          | 3/16                  | 3/8   | 3/8                      | 7/8                | 1/2   | 3.005                          | 3.025 | 1                           | 3                           | 25/32                        |
|                                         | 3 7/16        | 20S716                   | 4                                    | 11'-8"                          | 3/16                  | 3/8   | 1/4                      | 7/8                | 1/2   | 3.443                          | 3.467 | 1 1/2                       | 4                           | 29/32                        |
| 24                                      | 3 7/16        | 20S724                   | 4                                    | 11'-8"                          | 3/16                  | 3/8   | 3/8                      | 7/8                | 1/2   | 3.443                          | 3.467 | 1 1/2                       | 4                           | 29/32                        |
|                                         | 3 7/16        | 20S732                   | 4                                    | 11'-8"                          | 3/16                  | 1/2   | 1/2                      | 7/8                | 1/2   | 3.443                          | 3.467 | 1 1/2                       | 4                           | 29/32                        |
|                                         | 3 7/16        | 24S716                   | 4                                    | 11'-8"                          | 3/16                  | 3/8   | 1/4                      | 7/8                | 1/2   | 3.443                          | 3.467 | 1 1/2                       | 4                           | 29/32                        |
|                                         | 3 7/16        | 24S724                   | 4                                    | 11'-8"                          | 3/16                  | 3/8   | 3/8                      | 7/8                | 1/2   | 3.443                          | 3.467 | 1 1/2                       | 4                           | 29/32                        |
| 24                                      | 3 7/16        | 24S732                   | 4                                    | 11'-8"                          | 3/16                  | 1/2   | 1/2                      | 7/8                | 1/2   | 3.443                          | 3.467 | 1 1/2                       | 4                           | 29/32                        |

SECTIONAL FLIGHT CONVEYOR SCREWS

CEMA STANDARD No. 300-002

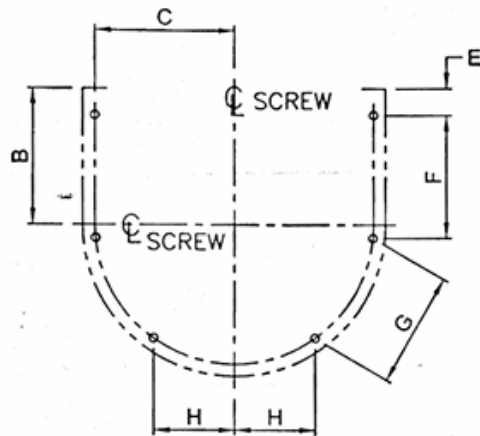


JUAN PALHUA ESCUDERO  
INGENIERO MECANICO  
palhua.jj@pucp.edu.pe  
Telf: 97268970

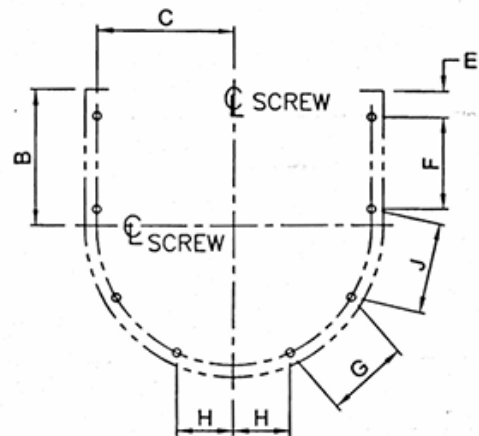
| SCREW<br>DIA. | SHAFT<br>DIA. | A<br>MINIMUM | B      | C      | D      | E<br>MINIMUM | F<br>MINIMUM | G     | H    | J     | K DIA. |      | L   | M     |
|---------------|---------------|--------------|--------|--------|--------|--------------|--------------|-------|------|-------|--------|------|-----|-------|
|               |               |              |        |        |        |              |              |       |      |       | BOLT   | STUD |     |       |
| 6             | 1 1/2         | 1 5/8        | 4 1/2  | 5 5/8  | 8 1/8  | 9 3/4        | 1 1/2        | 1     | 3/16 | 4     | 1/2    | 7/16 | 3/8 | 1 3/4 |
| 9             | 1 1/2         | 1 5/8        | 6 1/8  | 7 7/8  | 9 3/8  | 13 1/2       | 1 5/8        | 1 1/2 | 1/4  | 4     | 1/2    | 7/16 | 1/2 | 2 5/8 |
|               | 2             | 2 1/8        |        |        |        |              |              |       |      | 5 1/8 | 5/8    | 9/16 |     |       |
| 12            | 2             | 2 1/8        | 7 3/4  | 9 5/8  | 12 1/4 | 17 1/4       | 2            | 1 5/8 | 1/4  | 5 1/8 | 5/8    | 9/16 | 5/8 | 2 3/4 |
|               | 2 7/16        | 2 9/16       |        |        |        |              |              |       |      | 5 5/8 |        |      |     |       |
|               | 3             | 3 1/8        |        |        |        |              |              |       |      | 6     | 3/4    | 3/4  |     |       |
| 14            | 2 7/16        | 2 9/16       | 9 1/4  | 10 7/8 | 13 1/2 | 19 1/4       | 2            | 1 5/8 | 5/16 | 5 5/8 | 5/8    | 9/16 | 5/8 | 2 7/8 |
|               | 3             | 3 1/8        |        |        |        |              |              |       |      | 6     | 3/4    | 3/4  |     |       |
| 16            | 3             | 3 1/8        | 10 5/8 | 12     | 14 7/8 | 21 1/4       | 2 1/2        | 2     | 5/16 | 6     | 3/4    | 3/4  | 5/8 | 3 1/4 |
| 18            | 3             | 3 1/8        | 12 1/8 | 13 3/8 | 16     | 24 1/4       | 2 1/2        | 2     | 3/8  | 6     | 3/4    | 3/4  | 5/8 | 3 1/4 |
|               | 3 7/16        | 3 9/16       |        |        |        |              |              |       |      | 6 3/4 |        |      |     |       |
| 20            | 3             | 3 1/8        | 13 1/2 | 15     | 19 1/4 | 26 1/4       | 2 1/2        | 2 1/4 | 3/8  | 6     | 3/4    | 3/4  | 3/4 | 3 3/4 |
|               | 3 7/16        | 3 9/16       |        |        |        |              |              |       |      | 6 3/4 |        |      |     |       |
| 24            | 3 7/16        | 3 9/16       | 16 1/2 | 18 1/8 | 20     | 30 1/4       | 2 1/2        | 2 1/2 | 3/8  | 6 3/4 | 3/4    | 3/4  | 3/4 | 4 1/8 |

U-TROUGH END PLATES

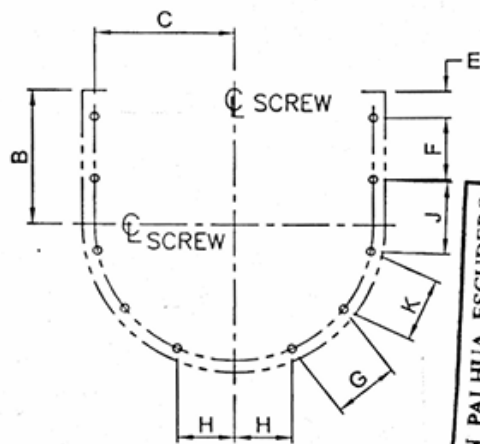
CEMA STANDARD No. 300-013



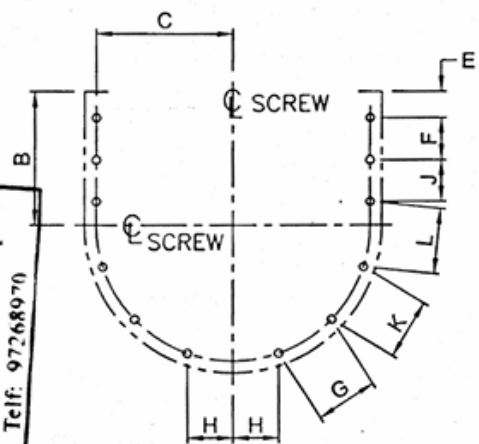
6 HOLE FLANGE CONNECTION



8 HOLE FLANGE CONNECTION



10 HOLE FLANGE CONNECTION



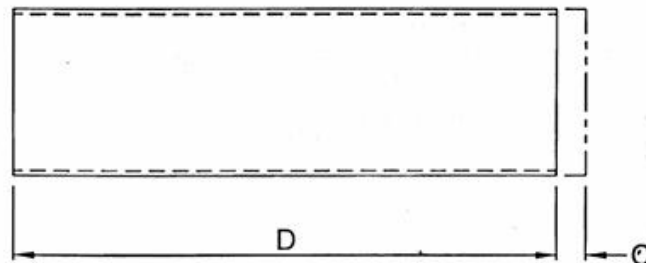
12 HOLE FLANGE CONNECTION

JUAN PALHUA ESCUDERO  
INGENIERO MECANICO  
palhua.jj@pucp.edu.pe  
Telf: 97268970

| SCREW<br>DIAMETER<br>INCHES | BOLTS          |       | B      | C       | E       | F       | G       | H       | J       | K       | L     |
|-----------------------------|----------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
|                             | DIA.<br>INCHES | HOLES |        |         |         |         |         |         |         |         |       |
| 6                           | 3/8            | 6     | 4 1/2  | 4 7/16  | 1 1/32  | 4 1/8   | 4 1/16  | 2 1/32  | -       | -       | -     |
| 9                           | 3/8            | 8     | 6 1/8  | 6 1/4   | 1 3/16  | 4 1/8   | 3 3/4   | 2 9/16  | 4 1/8   | -       | -     |
| 12                          | 1/2            | 8     | 7 3/4  | 7 15/16 | 1 1/2   | 5 5/16  | 4 1/16  | 3 7/8   | 5 3/16  | -       | -     |
| 14                          | 1/2            | 8     | 9 1/4  | 8 15/16 | 2 17/32 | 5 5/8   | 5 15/16 | 3       | 5 15/16 | -       | -     |
| 16                          | 5/8            | 8     | 10 5/8 | 10      | 2 5/8   | 6 3/8   | 6 5/8   | 3 3/4   | 6 5/8   | -       | -     |
| 18                          | 5/8            | 10    | 12 1/8 | 11      | 2 23/32 | 5 15/16 | 5 7/8   | 2 15/16 | 5 7/8   | 5 7/8   | -     |
| 20                          | 5/8            | 10    | 13 1/2 | 12 3/16 | 2 25/32 | 6 1/4   | 6 11/16 | 3 11/32 | 6 11/16 | 6 11/16 | -     |
| 24                          | 5/8            | 12    | 16 1/2 | 14 1/4  | 2 25/32 | 6 1/8   | 6 5/8   | 3 5/16  | 6 5/8   | 6 5/8   | 6 5/8 |

U-TROUGH FLANGE BOLT HOLE PATTERNS

CEMA STANDARD No. 300-015



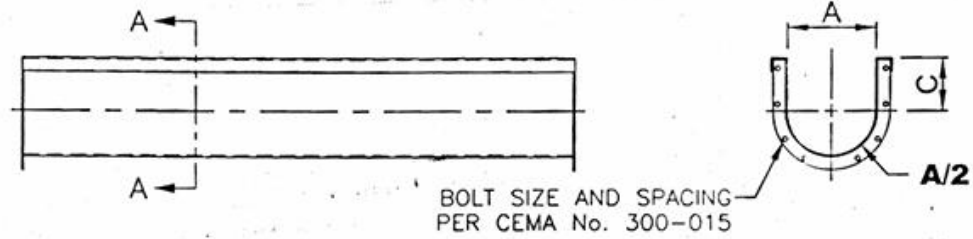
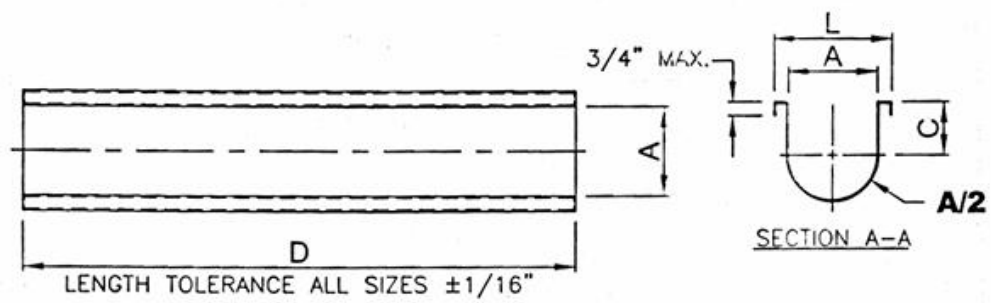
ADDITIONAL LENGTH REQUIRED AT  
TROUGH END, ONE OR BOTH ENDS

JUAN PALHUA ESCUDERO  
INGENIERO MECANICO  
palhua.jj@puce.edu.pe  
Telf: 97268970

| CONVEYOR<br>DIAMETER | MINIMUM<br>COVER<br>THICKNESS | A<br>MINIMUM | B<br>MINIMUM | C     | D<br>STANDARD<br>LENGTH |
|----------------------|-------------------------------|--------------|--------------|-------|-------------------------|
| 6                    | 16                            | 9 7/8        | 1/2          | 1 1/2 | 10'-0"                  |
| 9                    | 16                            | 13 1/2       | 1/2          | 1 5/8 | 10'-0"                  |
| 12                   | 14                            | 17 1/2       | 1/2          | 2     | 12'-0"                  |
| 14                   | 14                            | 19 1/2       | 1/2          | 2     | 12'-0"                  |
| 16                   | 14                            | 21 1/2       | 1/2          | 2 1/2 | 12'-0"                  |
| 18                   | 14                            | 24 1/2       | 1/2          | 2 1/2 | 12'-0"                  |
| 20                   | 14                            | 26 1/2       | 1/2          | 2 1/2 | 12'-0"                  |
| 24                   | 12                            | 30 1/2       | 1/2          | 2 1/2 | 12'-0"                  |

U-TROUGH FLANGED COVERS

CEMA STANDARD No. 300-023



ANGLE OR PLATE  
CONNECTING FLANGES

JUAN PALHUA ESCUDERO  
INGENIERO MECANICO  
palhua.jj@pucp.edu.pe  
Telf: 97268970

| SCREW DIA. | MATL. GAUGE | PART NUMBER | A INSIDE | C DROP | D STANDARD LENGTH | L MAXIMUM WIDTH |
|------------|-------------|-------------|----------|--------|-------------------|-----------------|
| 6          | 16          | 6DF16C      | 7        | 4 1/2  | 10'-0"            | 9 11/16         |
|            | 14          | 6DF14C      |          |        |                   |                 |
|            | 10          | 6DF10C      |          |        |                   |                 |
| 9          | 14          | 9DF14C      | 10       | 6 1/8  | 10'-0"            | 13 3/8          |
|            | 12          | 9DF12C      |          |        |                   |                 |
|            | 10          | 9DF10C      |          |        |                   |                 |
| 12         | 12          | 12DF12C     | 13       | 7 3/4  | 12'-0"            | 17 1/2          |
|            | 10          | 12DF10C     |          |        |                   |                 |
| 14         | 12          | 14DF12C     | 15       | 9 1/4  | 12'-0"            | 19 1/2          |
|            | 10          | 14DF10C     |          |        |                   |                 |
| 16         | 12          | 16DF12C     | 17       | 10 5/8 | 12'-0"            | 21 1/2          |
|            | 10          | 16DF10C     |          |        |                   |                 |
| 18         | 10          | 18DF10C     | 19       | 12 1/8 | 12'-0"            | 24 1/2          |
| 20         | 10          | 20DF10C     | 21       | 13 1/2 | 12'-0"            | 26 1/2          |
| 24         | 10          | 24DF10C     | 25       | 16 1/2 | 12'-0"            | 30 1/2          |

DOUBLE FLANGED U-TROUGHS

CEMA STANDARD No. 300-026



## **Anexo 10 - Selección de Cadena y Piñón**

Adicionalmente, se calcula el tipo de cadena, se usará el estándar americano ANSI ya que es comercial en Perú. Asimismo, seleccionamos un paso de 3/4".

En la tabla AA se calcula el torque que genera el motor a la cadena, con este dato se verificará que la carga ejercida en la cadena este dentro de la máxima carga de trabajo.

**Tabla AA**

*Torque al Eje Motriz*

| <b>Capacidad<br/>Nominal</b> | <b>Torque (lbf-in)</b>        |                                      |                                      |
|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                              | <b><math>L \leq 3m</math></b> | <b><math>3 &lt; L \leq 6m</math></b> | <b><math>6 &lt; L &lt; 9m</math></b> |
| 01 ton/h                     | 528                           | 528                                  | 1,056                                |
| 05 ton/h                     | 778                           | 1,167                                | 2,334                                |
| 10 ton/h                     | 1,388                         | 2,777                                | 5,553                                |
| 15 ton/h                     | 1,948                         | 3,897                                | 5,845                                |
| 20 ton/h                     | 3,341                         | 6,682                                | 8,909                                |

## **Anexo 11 - Selección de Piñón**

De los manuales del fabricante se selecciona un diámetro adecuado para los ejes del helicoidal, así como las hileras necesarias para soportar la carga de trabajo del transportador. Para ello es necesario obtener las cargas de trabajo de la cadena, esta se obtiene del manual del fabricante.

| Cadena Vercelli ANSI N° | Paso   |         | Diam. Rodillos | Ancho Interior | Pines  |       |        | Placas |       | Carga Rotura | Carga Trabajo | Peso Aprox. |
|-------------------------|--------|---------|----------------|----------------|--------|-------|--------|--------|-------|--------------|---------------|-------------|
|                         | P      |         | d1 max         | b1 min         | d2 max | L max | Lc max | h2 max | T max | Q0           | Q             | q           |
|                         | Pulg.  | mm      | mm             | mm             | mm     | mm    | mm     | mm     | mm    | Kg-f         | Kg-f          | Kg/m        |
| 15-1                    | 3/16"  | 4.7625  | 2.48           | 2.38           | 1.62   | 6.10  | 6.90   | 4.30   | 0.60  | 204          | 41            | 0.08        |
| *25-1                   | 1/4"   | 6.3500  | 3.30           | 3.18           | 2.31   | 7.90  | 8.40   | 6.00   | 0.80  | 510          | 102           | 0.15        |
| *35-1                   | 3/8"   | 9.5250  | 5.08           | 4.77           | 3.58   | 12.40 | 13.17  | 9.00   | 1.30  | 1153         | 231           | 0.33        |
| 41-1                    | 1/2"   | 12.7000 | 7.77           | 6.25           | 3.58   | 13.75 | 15.00  | 9.91   | 1.30  | 1285         | 257           | 0.41        |
| 40-1                    | 1/2"   | 12.7000 | 7.95           | 7.85           | 3.96   | 16.60 | 17.80  | 12.00  | 1.50  | 1897         | 379           | 0.62        |
| 50-1                    | 5/8"   | 15.8750 | 10.16          | 9.40           | 5.08   | 20.70 | 22.20  | 15.09  | 2.03  | 3193         | 639           | 1.02        |
| 60-1                    | 3/4"   | 19.0500 | 11.91          | 12.57          | 5.94   | 25.90 | 27.70  | 18.00  | 2.42  | 4406         | 881           | 1.50        |
| 80-1                    | 1"     | 25.4000 | 15.88          | 15.75          | 7.92   | 32.70 | 35.00  | 24.00  | 3.25  | 7579         | 1516          | 2.60        |
| 100-1                   | 1 1/4" | 31.7500 | 19.05          | 18.90          | 9.53   | 40.40 | 44.70  | 30.00  | 4.00  | 10975        | 2195          | 3.91        |
| 120-1                   | 1 1/2" | 38.1000 | 22.23          | 25.22          | 11.10  | 50.30 | 54.30  | 35.70  | 4.80  | 16636        | 3327          | 5.62        |
| 140-1                   | 1 3/4" | 44.4500 | 25.40          | 25.22          | 12.70  | 54.40 | 59.00  | 41.00  | 5.60  | 22695        | 4539          | 7.50        |
| 160-1                   | 2"     | 50.8000 | 28.58          | 31.55          | 14.27  | 64.80 | 69.60  | 47.80  | 6.40  | 27224        | 5445          | 10.10       |
| 180-1                   | 2 1/4" | 57.1500 | 35.71          | 35.48          | 17.46  | 72.80 | 78.60  | 53.60  | 7.20  | 36832        | 7366          | 13.45       |
| 200-1                   | 2 1/2" | 63.5000 | 39.68          | 37.85          | 19.85  | 80.30 | 87.20  | 60.00  | 8.00  | 47614        | 9523          | 16.15       |
| 240-1                   | 3"     | 76.2000 | 47.63          | 47.35          | 23.81  | 95.50 | 103.00 | 72.39  | 9.50  | 68503        | 13701         | 23.20       |

\* Cadena de bujes: d1 en la tabla indica el diámetro externo de los bujes

| Cadena Vercelli ANSI N° | Paso   |        | Diam. Rodillos | Ancho Interior | Pines  |       |        | Placas |       | Paso Transv. | Carga Rotura | Carga Trabajo | Peso Aprox. |
|-------------------------|--------|--------|----------------|----------------|--------|-------|--------|--------|-------|--------------|--------------|---------------|-------------|
|                         | P      |        | d1 max         | b1 min         | d2 max | L max | Lc max | h2 max | T max | Pt           | Q0           | Q             | q           |
|                         | Pulg.  | mm     | mm             | mm             | mm     | mm    | mm     | mm     | mm    | mm           | Kg-f         | Kg-f          | Kg/m        |
| *25-2                   | 1/4"   | 6.350  | 3.30           | 3.18           | 2.31   | 14.5  | 15.0   | 6.00   | 0.80  | 6.40         | 1020         | 204           | 0.28        |
| *35-2                   | 3/8"   | 9.525  | 5.08           | 4.77           | 3.58   | 22.5  | 23.3   | 9.00   | 1.30  | 10.13        | 2275         | 455           | 0.63        |
| 41-2                    | 1/2"   | 12.700 | 7.77           | 6.25           | 3.58   | 25.7  | 26.9   | 9.91   | 1.30  | 11.95        | 1724         | 345           | 0.81        |
| 40-2                    | 1/2"   | 12.700 | 7.95           | 7.85           | 3.96   | 31.0  | 32.2   | 12.00  | 1.50  | 14.38        | 3794         | 759           | 1.12        |
| 50-2                    | 5/8"   | 15.875 | 10.16          | 9.40           | 5.08   | 38.9  | 40.4   | 15.09  | 2.03  | 18.11        | 6385         | 1277          | 2.00        |
| 60-2                    | 3/4"   | 19.050 | 11.91          | 12.57          | 5.94   | 48.8  | 50.5   | 18.00  | 2.42  | 22.78        | 8813         | 1763          | 2.92        |
| 80-2                    | 1"     | 25.400 | 15.88          | 15.75          | 7.92   | 62.7  | 64.3   | 24.00  | 3.25  | 29.29        | 15157        | 3031          | 5.15        |
| 100-2                   | 1 1/4" | 31.750 | 19.05          | 18.90          | 9.53   | 76.4  | 80.5   | 30.00  | 4.00  | 35.76        | 21950        | 4390          | 7.80        |
| 120-2                   | 1 1/2" | 38.100 | 22.23          | 25.22          | 11.10  | 95.8  | 99.7   | 35.70  | 4.80  | 45.44        | 33272        | 6654          | 11.70       |
| 140-2                   | 1 3/4" | 44.450 | 25.40          | 25.22          | 12.70  | 103.3 | 107.9  | 41.00  | 5.60  | 48.87        | 45390        | 9078          | 15.14       |
| 160-2                   | 2"     | 50.800 | 28.58          | 31.55          | 14.27  | 123.3 | 128.1  | 47.80  | 6.40  | 58.55        | 54448        | 10890         | 20.14       |
| 180-2                   | 2 1/4" | 57.150 | 35.71          | 35.48          | 17.46  | 138.6 | 144.4  | 53.60  | 7.20  | 65.84        | 73664        | 14733         | 29.22       |
| 200-2                   | 2 1/2" | 63.500 | 39.68          | 37.85          | 19.85  | 151.9 | 158.8  | 60.00  | 8.00  | 71.55        | 95227        | 19045         | 32.24       |
| 240-2                   | 3"     | 76.200 | 47.63          | 47.35          | 23.81  | 183.4 | 190.8  | 72.39  | 9.50  | 87.83        | 137006       | 27401         | 45.23       |

\* Cadena de bujes: d1 en la tabla indica el diámetro externo de los bujes

Para la selección de la cadena se requieren los cálculos previo del torque ejercido por el motor calculado, y la carga de operación transmitida a la cadena, para ello se utilizan las siguiente fórmulas:

$$T = \frac{63025 \times H \times P}{N} \quad , \quad Q = \frac{23.043 \times T}{D_p}$$

Donde:

T : torque ejercido por el motor (lbs-pulgada)

- HP : potencia del motor de transportador (HP)
- N : velocidad del transportador (RPM)
- Dp : Diámetro primitivo del piñón (mm)
- Q : Carga de operación en la cadena (kg)

Con estas fórmulas se realizan los cálculos cuyos resultados se presentan en la tabla AB, la cual presenta distintas columnas para: capacidades de diseño, dientes del piñón de paso 3/4". carga de trabajo para los tres grupos de longitudes, tipo de cadena (60-1 es una hilera, 60-2 son dos hileras), finalmente la carga ejercida en la cadena y a qué porcentaje se encuentra de la carga de operación.

**Tabla AB**

*Carga de Operación de Cadena*

| Capacidad<br>Nominal | Piñón<br>Paso 3/4" (60) | Carga (kg)  |                 |              | Tipo<br>Cadena | Q (kg)         |
|----------------------|-------------------------|-------------|-----------------|--------------|----------------|----------------|
|                      |                         | $L \leq 3m$ | $3 < L \leq 6m$ | $6 < L < 9m$ |                |                |
| 01 ton/h             | 13T @ 79.6mm            | 153         | 153             | 306          | 60 - 1         | 35% @<br>881   |
| 05 ton/h             | 13T @ 79.6mm            | 225         | 338             | 676          | 60 - 1         | 77% @<br>881   |
| 10 ton/h             | 16T @ 97.65mm           | 328         | 655             | 1,310        | 60 - 2         | 74% @<br>1,763 |
| 15 ton/h             | 19T @<br>115.74mm       | 388         | 776             | 1,164        | 60 - 2         | 66% @<br>1,763 |
| 20 ton/h             | 24T @<br>145.95mm       | 527         | 1,055           | 1,407        | 60 - 2         | 80% @<br>1,763 |

## **Anexo 12 - Selección de Corona y Caja reductora**

Una vez obtenidos los tamaños de piñón y con la relación de transmisión de la caja reductora se determina el diámetro primitivo de la corona, la cual nos indicará los dientes, con lo cual se tiene definida la transmisión, estos valores se indican en la tabla AC.

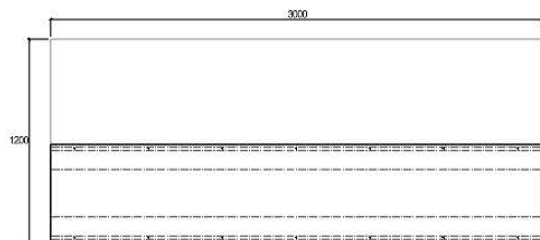
**Tabla AC***Dimensiones Finales de la Transmisión*

| <b>RPM<br/>Motor</b> | <b>Caja</b> | <b>Piñón<br/>Motriz</b> | <b>Piñón<br/>Conducido</b> | <b>Relación</b> | <b>RPM<br/>Salida</b> | <b>Capacidad<br/>Soya</b> | <b>Capacidad<br/>Maíz</b> |
|----------------------|-------------|-------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1745 rpm             | 1:20.0      | 13T                     | 38T                        | 2.92            | <b>30 rpm</b>         | 81%                       | 136%                      |
| 1745 rpm             | 1:20.0      | 13T                     | 28T                        | 2.15            | <b>41 rpm</b>         | 80%                       | 135%                      |
| 1745 rpm             | 1:20.0      | 16T                     | 41T                        | 2.56            | <b>34 rpm</b>         | 80%                       | 135%                      |
| 1745 rpm             | 1:25.0      | 19T                     | 41T                        | 2.16            | <b>32 rpm</b>         | 81%                       | 137%                      |
| 1745 rpm             | 1:40.0      | 24T                     | 37T                        | 1.54            | <b>28 rpm</b>         | 80%                       | 135%                      |

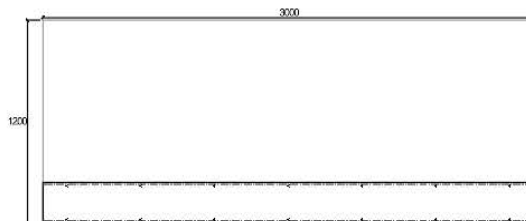
**Anexo 13 -       Layouts de Cortes optimizados**

En las siguientes figuras se puede observar los layouts de la distribución propuesta para optimizar los tiempos de diseño y corte ya que están en formatos estándares y con la cantidad requeridas por cuerpo de helicoidal.

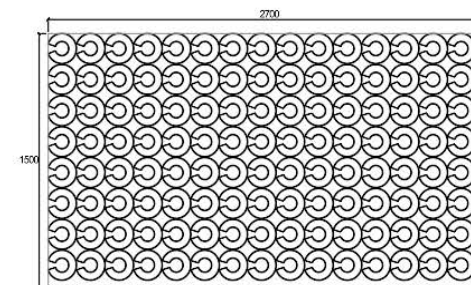
PLANCHA 1.5mm  
0.5 und



PLANCHA 1.5mm  
0.25 und



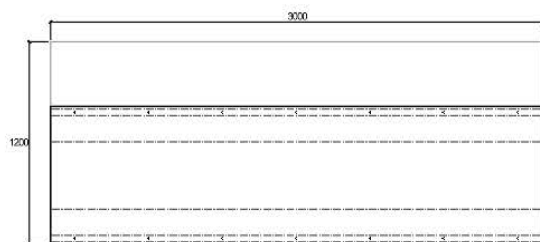
PLANCHA 4.5mm  
0.166 und



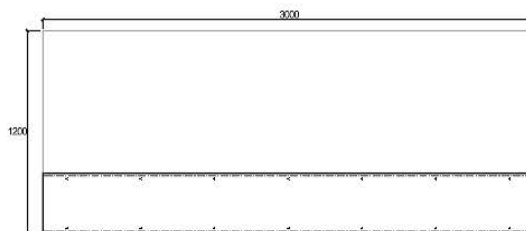
PLANCHA 4.5mm  
0.125 und



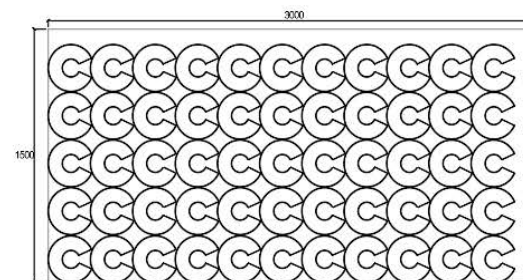
PLANCHA 2.0mm  
0.7 und



PLANCHA 2.0mm  
0.3 und



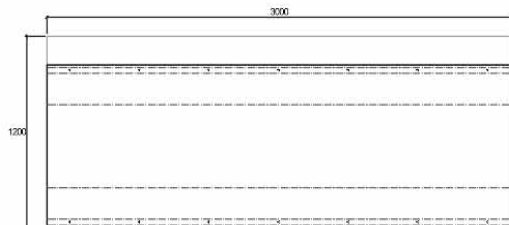
PLANCHA 4.5mm  
0.20 und



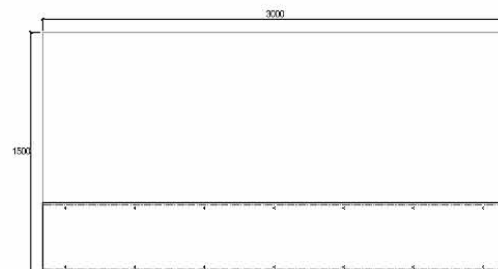
PLANCHA 4.5mm  
0.25 und



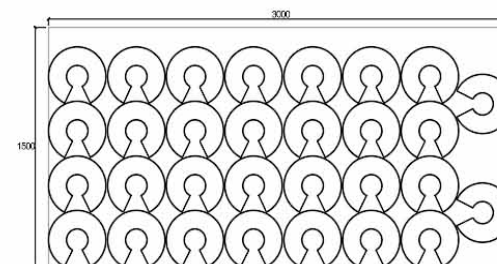
PLANCHIA 3.0mm  
1 und



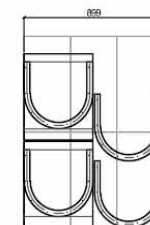
PLANCHIA 2.0mm  
0.33 und



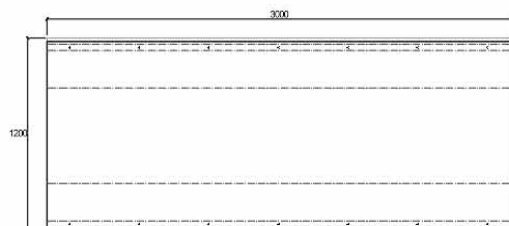
PLANCHIA 4.5mm  
0.40 und



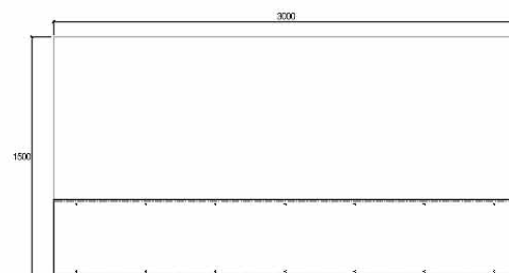
PLANCHIA 4.5mm  
0.375 und



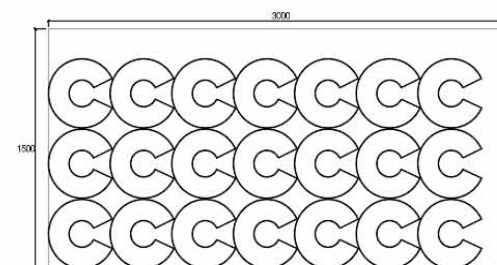
PLANCHIA 3.0mm  
1 und



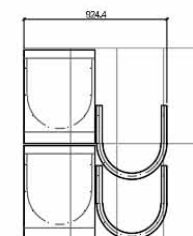
PLANCHIA 2.0mm  
0.33 und



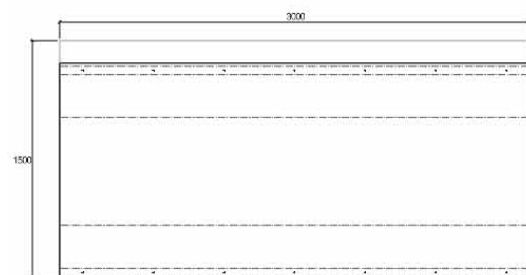
PLANCHIA 4.5mm  
0.5 und



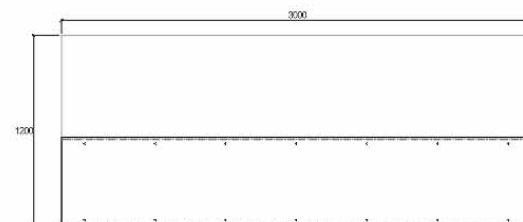
PLANCHIA 4.5mm  
0.40 und



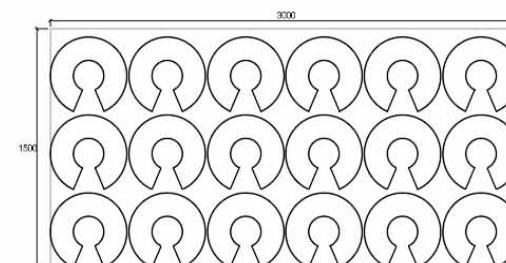
PLANCHA 3.0mm  
1 und



PLANCHA 2.0mm  
0.5 und



PLANCHA 4.5mm  
0.5 und



PLANCHA 4.5mm  
0.5 und

