

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**REDISEÑO DE TRANSPORTADORES DE TORNILLO SIN FIN
TUBULARES PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA CON UNA
CAPACIDAD DE 200 m³/h**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO**

ENRIQUE RAPHAEL QUISPE PANIURA

PROMOCIÓN 2006 – I

LIMA-PERÚ

2013

ÍNDICE

Índice

Listado de tablas

Listado de gráficos

Listado de figuras

Prólogo

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1.	Antecedentes	3
	1.1.1. Estudio de mercado	4
	1.1.2. Análisis de fuerzas competitivas globales	7
1.2.	Objetivos generales	9
1.3.	Objetivos específicos	9
	1.3.1. Reducir los costos de fabricación	9
	1.3.2. Estandarizar componentes	9
	1.3.3. Mejorar el grado de sanitación y hermeticidad	10
1.4.	Justificación	10
	1.4.1. Justificación productiva y ahorrativa	10
	1.4.2. Justificación académica	11
1.5.	Alcance	12
1.6.	Recursos empleados	12

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO Y DEL PROCESO PRODUCTIVO

2.1.	Descripción del producto	13
------	--------------------------	----

2.1.1.	Campo de aplicación	14
2.1.1.1.	Dosificación	14
2.1.1.2.	Transporte	16
2.1.2.	Dimensiones nominales	16
2.2.	Presentación del proceso productivo	17

CAPÍTULO III

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO

3.1.	Identificación del problema	19
3.1.1.	Capacidad de transporte	19
3.1.2.	Soporte de motor y motorreductor	21
3.1.3.	Carcasa	22
3.1.4.	Tornillo sin fin	23
3.1.5.	Eliminación de piezas obsoletas	23
3.2.	Planteamiento de la hipótesis de trabajo	25

CAPÍTULO IV

MARCO TEÓRICO

4.1.	Propiedades físicas de los cereales	27
4.1.1.	Coeficiente de fricción dinámico en granos	28
4.1.2.	Ángulo de reposo	28
4.1.3.	Densidad	29
4.2.	Cálculo de la capacidad de transporte	31

4.3.	Cálculo de velocidad angular en RPM	31
4.3.1.	Transporte	31
4.3.2.	Dosificación	32
4.4.	Cálculo de la flecha del tornillo sin fin	33
4.5.	Cálculo de la potencia consumida	34
4.6.	Cálculo de las fuerzas axiales y radiales	35
4.7.	Selección de rodamientos	38
4.8.	Cálculo de uniones atornilladas	40
4.8.1.	Cálculo de las fuerzas cortantes	40
4.8.2.	Cálculo de esfuerzos de tracción por una acción de momento	41
4.8.3.	Criterios de aceptación para esfuerzos combinados.	42

CAPÍTULO V

DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

5.1.	Determinación de tamaños, potencia y longitudes máximas del tornillo sin fin	43
5.1.1.	Determinación de los tamaños	43
5.1.2.	Determinación de la potencia	48
5.1.2.1.	Cálculo de la potencia máxima	48
5.1.2.2.	Cálculo de la potencia mínima	50
5.2.	Determinación de la forma de los componentes	52
5.2.1.	Soporte del motorreductor	52
5.2.2.	Entrada	53
5.2.2.1.	Entrada de alta eficiencia	53
5.2.2.2.	Entrada tipo artesa	55
5.2.2.3.	Entrada circular	56
5.2.3.	Tubos intermedios	57

5.2.4.	Salida	58
5.2.4.1.	Salida circular	58
5.2.4.2.	Salida dosificadora	58
5.2.4.3.	Salida tipo silla	59
5.2.5.	Diseño del tornillo sin fin	60
5.2.6.	Cojinetes intermedios y finales	62
5.2.7.	Soporte final	63
5.3.	Selección y cálculo de componentes	64
5.3.1.	Cálculo de las uniones atomilladas	64
5.3.2.	Selección de rodamientos para los cojinetes y soportes finales	68
5.4.	Costos de fabricación y plan de ejecución del proyecto	70
5.4.1.	Cronograma del proyecto	70
5.4.2.	Estimación del presupuesto del proyecto	73
5.4.3.	Análisis de costos del producto por tamaños	74

Conclusiones

Recomendaciones

Referencias

Anexos

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1:	Demanda de transportadores a nivel mundial en euros	5
Tabla 1.2:	Comparación de tamaños entre la competencia y la empresa en estudio.	8
Tabla 1.3:	Comparación porcentual de precios con la competencia	8
Tabla1.4:	Caso del negocio	11
Tabla 4.1:	Ángulo de reposo de granos	29
Tabla 4.2:	Propiedades físicas del producto a transportar	30
Tabla 4.3:	Clase de los productos a transportar	30
Tabla 5.1:	Espacio entre el tornillo y el tubo exterior "Gap"	44
Tabla 5.2:	Longitudes más demandadas por tamaño de transportador	45
Tabla 5.3:	Cálculo de la flecha en los TTSFT	46
Tabla 5.4:	Cálculo de la flecha y dimensiones para los TTSFTN	46
Tabla 5.5:	Cálculo de la potencia máxima	49
Tabla 5.6:	Potencia mínimas y máximas	50
Tabla 5.7:	Cálculo de la potencia máxima	51
Tabla 5.8:	Diámetros de entrada de alta eficiencia por tamaño	55
Tabla 5.9:	Longitud de la entrada tipo artesa por tamaño	56
Tabla 5.10:	Tubos de transporte existentes	57
Tabla 5.11:	Diámetros seleccionados de la entrada circular	57
Tabla 5.12:	Diámetros de la salida tipo silla	60
Tabla 5.13:	Valores y datos de los motorreductores	65
Tabla 5.14:	Cálculo de F_a	66
Tabla 5.15:	Cálculo de la fuerza de tracción	67
Tabla 5.16:	Cálculo de la fuerza de corte	67

Tabla 5.17:	Criterios de aceptación EC3 para corte, tracción y ambos combinados	67
Tabla 5.18:	Selección de rodamientos	69
Tabla 5.19:	Cálculo de factores para el cálculo de la vida útil del rodamiento	69
Tabla 5.20:	Cálculo de la vida útil del rodamiento	69
Tabla 5.21:	Vida útil con dos rodamientos en cada cojinete	70
Tabla 5.22:	Creación de planos en acero normal	71
Tabla 5.23:	Creación de planos en acero inoxidable	71
Tabla 5.24:	Estimación del presupuesto del proyecto	73
Tabla 5.25:	Reducción de costos TTSFT 100 vs TTSFTN 080	74
Tabla 5.26:	Reducción de costos TTSFT 160 vs TTSFTN 125	75
Tabla 5.27:	Reducción de costos TTSFT 160 vs TTSFTN 125	75
Tabla 5.28:	Reducción de costos TTSFT 200 vs TTSFTN 200	76
Tabla 5-29:	Reducción de costos TTSFT 250 vs TTSFTN 200	76
Tabla 5.30:	Reducción de costos TTSFT 250 vs TTSFTN 200	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1:	Volumen de Ventas de Transportadores (2005-2008)	5
Figura 1.2:	Volumen de ventas de transportadores de tornillo sin tubulares	6
Figura 1.3:	Volumen de Ventas por Unidades de Negocio en 2008	6
Figura 2.1:	Transportador de tornillo sin fin tubular	14
Figura 2.2:	Entrada de alta capacidad	15
Figura 2.3:	Entrada tipo artesa	15
Figura 2.4:	Descarga a transportador de cadena	15
Figura 2.5:	Descarga a mezclador	15
Figura 2.6:	Salida axial	15
Figura 2.7:	Recirculación de producto	16
Figura 2.8:	Entrada de alta capacidad	16
Figura 2.9:	Entrada tipo artesa	16
Figura 2.10:	Flujo del Proceso Productivo	18
Gráfico 3.1:	Diagrama de capacidad de TTSFT	20
Figura 3.2:	Transmisión por cadena	21
Figura 3.3:	Motorreductor con brazo torsor	21
Figura 3.4:	Acoplamiento flexible	22
Figura 3.5:	Unión con anillos de ajuste	22
Figura 3.6:	Estructura de producto del TTSFT	24
Figura 3.7:	Diagrama de medios y fines	26
Figura 4.1:	Estructura del grano de trigo	27
Figura 4.2:	Ángulo de reposo estático	29
Figura 4.3:	Diagrama del cálculo de flecha	33

Figura 4.4:	Diagrama de cuerpo libre del tornillo sin fin	36
Figura 4.5:	Diagrama de cuerpo libre del producto en la hélice	36
Figura 4.6:	Esfuerzo de corte por una acción excéntrica	40
Figura 4.7:	Esfuerzo de tracción por una acción de momento	41
Figura 5.1:	Diagrama de capacidad de flujo TTSFTN	47
Figura 5.2:	Vista lateral del soporte	53
Figura 5.3:	Vista isométrica del soporte	53
Figura 5.4:	Cavidad para la junta	53
Figura 5.5:	Área de entrada e interface tubo exterior / entrada	54
Figura 5.6:	Ángulo de la entrada	54
Figura 5.7:	Entrada con mirilla/ filtro o sensor	54
Figura 5.8:	Entrada tipo artesa	55
Figura 5.9:	Entrada circular	57
Figura 5.10:	Tubo exterior para cojinete intermedio	58
Figura 5.11:	Salida dosificadora	58
Figura 5.12:	Salida tipo silla	59
Figura 5.13:	Salida tipo silla para instalación en situ	59
Figura 5.14:	Dimensiones del tornillo sin fin progresivo	61
Figura 5.15:	Cojinete intermedio fijo	62
Figura 5.16:	Cojinete intermedio regulable	62
Figura 5.17:	Cojinete final fijo	62
Figura 5.18:	Cojinete final regulable	62
Figura 5.19:	Soporte final	63
Figura 5.20:	Soporte final variable	63
Figura 5.21:	Diagrama de cuerpo libre del TTSFTN	64
Figura 5.22:	Centro de gravedad	65

Figura 5.23:	Análisis de fuerzas cortantes	66
Figura 5.24:	Cronograma del proyecto	72

PRÓLOGO

El presente informe describe los pasos fundamentales a seguir para el rediseño de los transportadores de tornillo sin fin tubulares TTSFT empleados en la industria alimentaria, para lo cual se ha necesitado 5 capítulos cuyo contenido se describe a continuación.

El capítulo 1 describe las razones del porque estos equipos deben ser rediseñados cada cierto periodo de tiempo, siendo algunos de los motivos económicos, tecnológicos, productivos y estratégicos. Se establecen los objetivos, justificaciones y limitaciones a seguir para el éxito del proyecto.

En el capítulo 2 se hace mención a la aplicación de estos transportadores en la industria alimentaria, a sus funciones, características y proceso de fabricación.

En el capítulo 3 se realiza un análisis exhaustivo de la estructura del producto y de cada componente fundamental para ubicar mejoras en base a los objetivos establecidos en el primer capítulo.

El capítulo 4 describe el fundamento teórico para el cálculo de la capacidad, potencia y revoluciones por minutos en base a las dimensiones de transportador y propiedades físicas del producto a transportar, además de algunos fundamentos para el cálculo de elementos de máquinas.

El último capítulo describe paso a paso como se determina los tamaños de los transportadores, las formas y selección de componentes, el análisis de costos de fabricación y el plan de ejecución del proyecto.

Este informe se ha podido realizar gracias a la política de innovación, el Know-how y la experiencia en el diseño de máquinas de la empresa en estudio, el cual se documenta en el presente informe. Por otra parte cabe mencionar la importancia de este informe como requisito para optar por el título profesional de Ingeniero Mecánico.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Los transportadores de tomillo sin fin tubulares TTSFT para productos alimenticios que se producen hoy en día en la empresa en estudio fueron rediseñadas en los años 70 por última vez. Con el transcurso del tiempo muchos de sus componentes han sufrido un aumento de precio y otros han llegado a ser obsoletos en su aplicación. Por otro lado el diseño de los componentes, los criterios de sanitación, hermeticidad y seguridad, los programas existentes para la configuración programación y orden de pedidos, la documentación, la cadena productiva, el tiempo de entrega, el transporte, el montaje, puesta en marcha, post venta, etc. ya no están alineados con los nuevos procesos y estándares existentes que exige la empresa y el mercado. Todo esto ha conllevado a que este producto no sea más competitivo y que nuestros propios clientes internos le compren a la competencia. Se requiere un nuevo rediseño tomando en cuenta estos aspectos para revertir los problemas existentes y poder aumentar el volumen de ventas.

Para este proyecto de innovación se realizó un estudio de mercado y un análisis de fuerzas competitivas globales que son descritas a continuación.

1.1.1 Estudio de mercado

El estudio de mercado nos conlleva a los resultados mostrados en la Tabla 1.1 que muestra la demanda mundial en millones de euros de acuerdo al tipo de producto a transportar y la aportación de la empresa en porcentaje. Las figuras 1.1 y 1.2 ilustran el volumen de ventas de todos los transportadores mecánicos existentes (Elevadores de cangilones, transportadores de cadena, transportadores de tornillo sin fin y tipo artesa) y de los diferentes tamaños de transportadores de tornillo sin fin tubulares respectivamente. La figura 1.3 ilustra el volumen de ventas en porcentaje por unidad de negocio de la empresa en estudio.

Estos gráficos conllevan que el diseño debe estar orientado al área de la manipulación y molienda de granos, fabricación de piensos y procesamiento de alimentos. El volumen de ventas de los transportadores de tornillo sin fin de un promedio de 800 unidades por año refleja que es el producto más vendido y por ello su importancia de rediseñarlo. Entre los tamaños más vendidos están el TTSFT 100, TTSFT 160 y TTSFT 250 con un promedio de 650 unidades, seguido por el TTSFT 100 y TTSFT 315 con un promedio de 100 unidades cada uno, y por último el TTSFT 400 que no tiene un comportamiento uniforme y un volumen de ventas muy bajo.

Tabla 1.1: Demanda de transportadores a nivel mundial en euros

Industria	Alimentos				Piensos	Especiales	no Alimentos							
Demanda Mundial	> 240 millones de euros			> 1200 millones de euros										
Productos	Manipulación de Cereales	Molinería de granos	Aceite de mesa	Procesamiento de alimentos	Tratamiento de vegetales, frutas, nueces, etc.	Azúcar	Piensos	Biomasa	Farmacéuticos	Químicos	Materiales de construcción	Cemento	Pulpa/ Papel	Otros
Aportación de la empresa en estudio	3%	3%	3%	2%		2%	5%	2%						

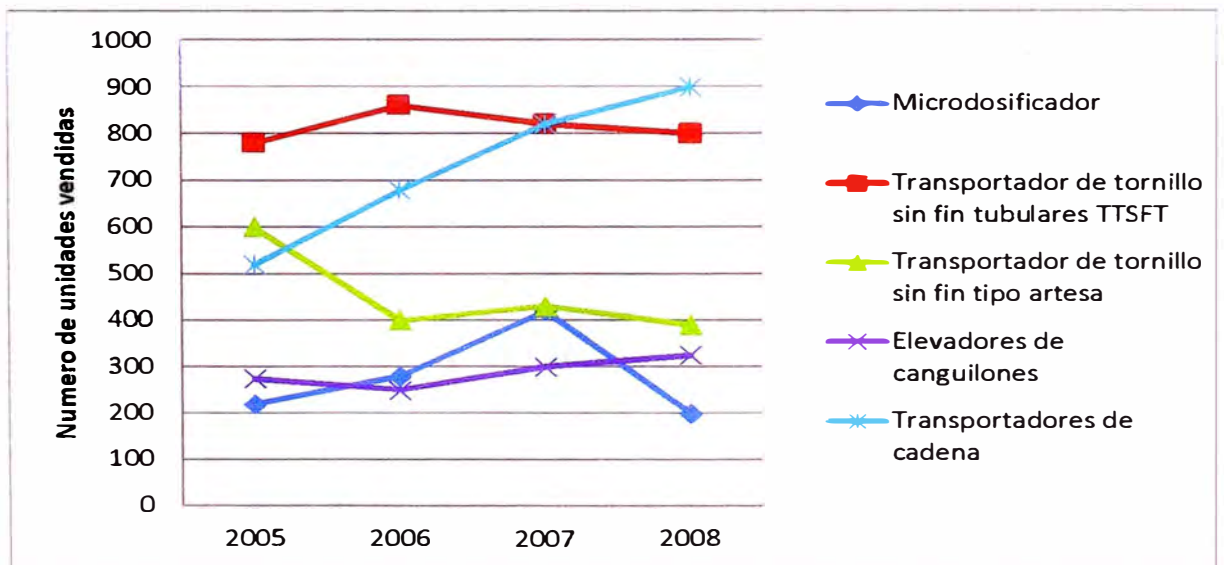


Figura 1.1: Volumen de Ventas de Transportadores (2005-2008)

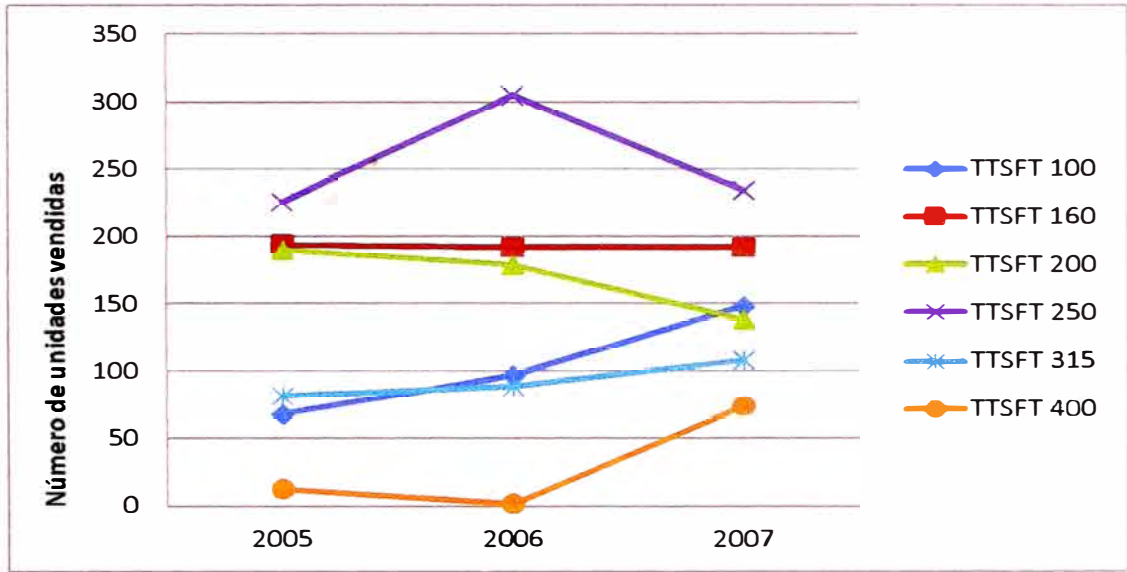


Figura 1.2: Volumen de ventas de Transportadores de Tornillo sin fin tubulares TTSFT

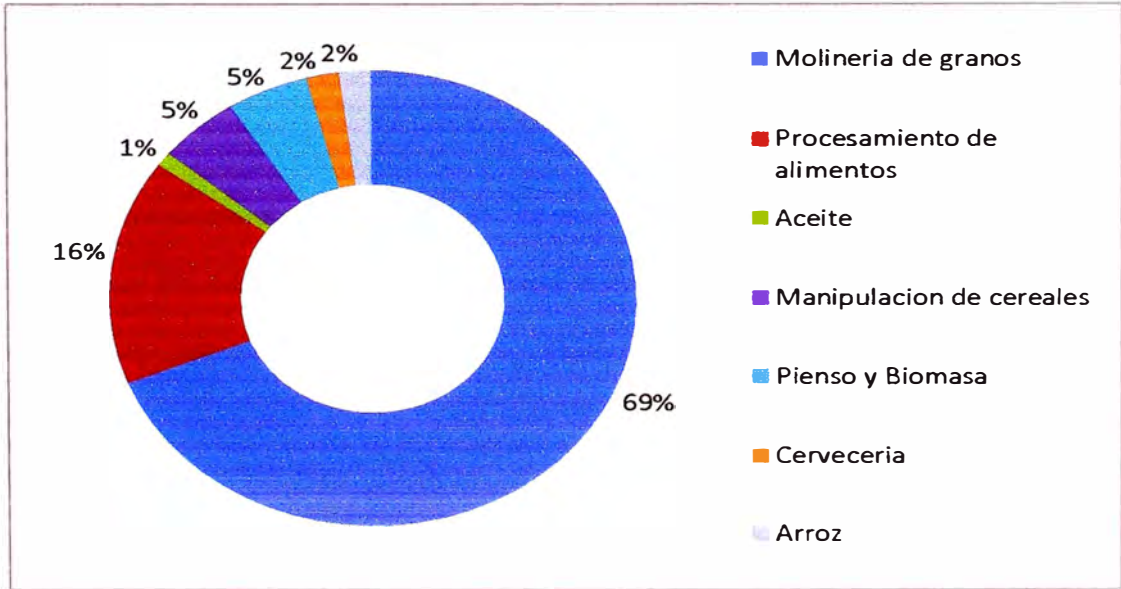


Figura 1.3: Volumen de Ventas por Unidades de Negocio en 2008

1.1.2. Análisis de fuerzas competitivas globales

Ya que los transportadores de tornillo sin fin tubulares son máquinas de fácil fabricación pero con diferentes criterios de diseño de acuerdo al producto a transportar y normativas legales referentes al transporte de productos alimenticios, serán considerados solo aquellos competidores que cumplen con lo ya mencionado y estén orientados a la venta de proyectos llave en mano y/o especializadas en su fabricación.

La tabla 1.2 muestra los competidores más cercanos con sus respectivos tamaños de transportadores de tornillo sin fin tubulares en acero normal e inoxidable y acabado superficial de galvanizado. La tabla 1.3 muestra la ubicación geográfica de los competidores potenciales y/o locales con sus respectivos precios promedios en base a los precios de la empresa en estudio.

Estos cuadros demuestran que los tamaños de transportadores de tornillo sin fin tubulares son parecidos a la de la competencia pero solo son fabricados en acero normal e inoxidable. Otro punto a tener en consideración es que los precios son muy elevados y se tiene la necesidad de reducirlos en un 30% tanto en el diseño como en la producción, teniendo en consideración que nuestros clientes potenciales están dispuestos a pagar un 10 % mayor al de la competencia por la calidad que se ofrece en toda la cadena de valores en la empresa en estudio.

Tabla 1.2: Comparación de tamaños entre la competencia y la empresa en estudio (AN: Acero Normal, AI: Acero Inoxidable, G: Galvanizado)

Empresa en estudio AN,AI,	WAM AN,AI,	Schmidt Seeger AN,AI,G	Stolz AN,AI,G	Denis AN,G	Cimbria AN
	100			100	
100	120			125	
160	150	150	150	160	
			180		
200	200	200	210	200	200
250	250	250	250	240	300
315	300	300	300	300	
	350		350		
400	400	400	400	400	400
			450		
					500

Tabla 1.3: Comparación porcentual de precios con la competencia

Region	Ejemplos	Precios de la competencia en acero normal (Empresa en estudio = 100%)
Europa del Oeste	Stolz, Denis, Durand, Lorrain, Ergewa, Lachenmeier, Schmidt-Seeger, usw.	50 – 70%
	Competencia local (pequeñas empresas)	~50 – 70%
Sur de Europa	WAM, GBS, Ocrim, Brambati, Trasmec, Fansider usw.	50 – 70%
	Competencia local (pequeñas empresas)	~40 – 50%
Europa del Este	Schmidt-Seeger, Cimbria, Adapt, WAM, usw.	~60 – 80%
	Competencia local (pequeñas empresas)	~50 - 60%

1.2. Objetivos generales

Rediseñar los transportadores de tornillo sin fin tubulares para la industria alimentaria ya existentes con una capacidad de 200 m³/h, para mejorar el producto en términos de calidad, precio, y servicios más eficientes.

1.3. Objetivos Específicos

1.3.1. Reducir los costos de fabricación (Prioridad 1)

- Reducción de costos de fabricación del 20 % como mínimo en el diseño.
- Optimización de los componentes provenientes de chapas cortadas por láser, que son conformadas y unidas por soldadura.
- Eliminación del acoplamiento flexible; acoplamiento directo.
- Reemplazo de los anillos de apriete por bridas convencionales soldadas en las uniones de tubos.
- Aumento de la longitud máxima del tornillo sin la incorporación de cojinetes intermedios.

1.3.2. Estandarizar componentes

- Minimizar el número de componentes sin perjudicar la funcionalidad. De ser posible utilizar el mismo componente en diferentes tamaños.
- Mantener el rango de capacidad de transporte minimizando el número de tamaños.
- Limitar el número de motorreductores en tipo, potencia y RPM.
- Crear una estructura de producto sencilla de programar y configurar en todos los procesos a fines.

- Creación de la documentación como (Manual de instrucciones, catálogos, hojas técnicas, análisis de riesgos, datos técnicos para ingeniería, etc.) siguiendo los estándares actuales de la empresa.

1.3.3. Mejorar el grado de sanitación y hermeticidad

- Eliminar los espacios muertos tanto en la entrada como en la salida para garantizar el flujo continuo de producto y evitar que se acumule.
- Mismo diámetro del tubo interior del tomillo sin fin así como el del núcleo de los cojinetes para evitar acumulación de producto y garantizar la uniformidad del flujo de producto a transportar.
- Empleo de retenes o juntas en las interfaces eje de potencia carcasa y eje final – carcasa, así como en el núcleo del cojinete intermedio y final.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación productiva y ahorrativa

La tabla 1.4 nos da una visión acerca del caso del negocio, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- El volumen de ventas actuales se ubica entre 7-8 millones de euros anuales, equivalente al 3% del potencial total que tiene el mercado.
- Reducción de costos del 30% (20% en diseño y 10% en la producción).
- Se planea un crecimiento del 6% anual por el aumento de la población mundial.

- Suplantar las compras de los transportadores de tornillo sin fin tubulares a terceros con los nuevos a ser rediseñados.
- Por política de la empresa todos los equipos se tienen que innovar cada 8 años.
- La amortización se debe dar en menos de 3 años.

Tabla 1.4: Caso del negocio

Volumen de ventas proyectados (durante 10 años)	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Unidades del nuevo producto (n)			1000	1150	1300	1450	1600	1750	1900	2050	2200
Cantidad de producto adicional (n)			100	150	300	450	600	750	900	1050	1300
Precio de venta por unidad			5720	5720	5720	5720	5720	5720	5720	5720	5720
Retorno total (en 1000)			5720	6578	7436	8294	9152	10010	10868	11726	12584
Costos de manufacturación por unidad			3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630
Costo de manufacturación total (en 1000)			3630	4174.5	4719	5263.5	5808	6352.5	6897	7441.5	7986
DB1 absoluto (1000) ¹⁾			2090	2403.5	2717	3030.5	3344	3657.5	3971	4284.5	4598
DB1 en % ¹⁾			36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5
Costos del proyecto (en 1000)	150	600	200								
Introducción al mercado (en 1000)			100 ₂₎	50 ₂₎							
Costos totales de I&D	150	600	300	50							
Costos de administración y ventas 25% (en 1000)			1430	1644.5	1859	2073.5	2288	2502.5	2717	2931.5	3146
Flujo de caja libre (en 1000)	-150	-600	360	709	858	957	1056	1155	1254	1353	1452
Flujo de caja acumulativa (en 1000)	-150	-750	-390	319	1177	2134	3190	4345	5599	6952	8404

1.4.2. Justificación académica

Para conseguir los objetivos mencionados se tiene que recalcular, rediseñar, y optimizar cada componente. Para ello contamos con fundamentos físicos de ingeniería y el Know-how de la empresa.

1.5. Alcance

Este proyecto se enfoca básicamente al rediseño de los componentes fundamentales de los transportadores de tornillo sin fin tubulares ya existentes, quedando las bases para la generación de planos y documentación, la configuración, y procesos a fines. Los resultados se presentaran en forma de tablas de acuerdo al diagrama de medios y fines (ver capítulo 3.2.1.)

1.6. Recursos empleados

Este proyecto se basa en la gestión por procesos, por lo que se requiere un equipo proactivo con un líder, capaz de alcanzar las metas propuestas con la calidad exigida en el menor tiempo, minimizando recursos. Todo lo mencionado sin dejar de lado la visión, misión, normas y valores de la empresa.

Los departamentos y personas interesadas son el Patrocinador, Marketing, Jefe de Proyecto, Diseñadores, Ingeniería, Producción, Estandarización, Documentación, Automatización, Logística, Soporte Informático, Recursos Humanos, Capacitación y Respaldo en el Diseño (generación de planos).

Los software utilizados son AutoCAD 2010, Inventor 2010, Ofimática, MS Project, SAP, Rumba y PDM (Base de Datos), Communicator 2010 (video conferencia).

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO Y DEL PROCESO PRODUCTIVO

2.1. Descripción del producto

Los transportadores de tornillo sin fin tubulares en estudio están destinados básicamente al transporte, a la dosificación, carga y descarga de productos harinosos, granulados finos y gruesos. En la industria de productos alimenticios se les ve con frecuencia en fábricas de procesamiento de piensos compuestos, cereales, productos a granel, malta y otros.

Los transportadores de tornillo sin fin (ver figura 2.1) son máquinas que están compuestos de un elemento motriz giratorio (1), un soporte de motor (2), una entrada (3), una carcasa o tubería exterior (4), un tornillo sin fin (5), una salida (6) y elementos de apoyo para el propio tornillo como cojinetes intermedios (7), cojinetes o soportes finales (8). Además cuentan con dispositivos de control y seguridad (9) para asegurar el flujo constante de producto, tubería de transición (10) y accesorios (11).

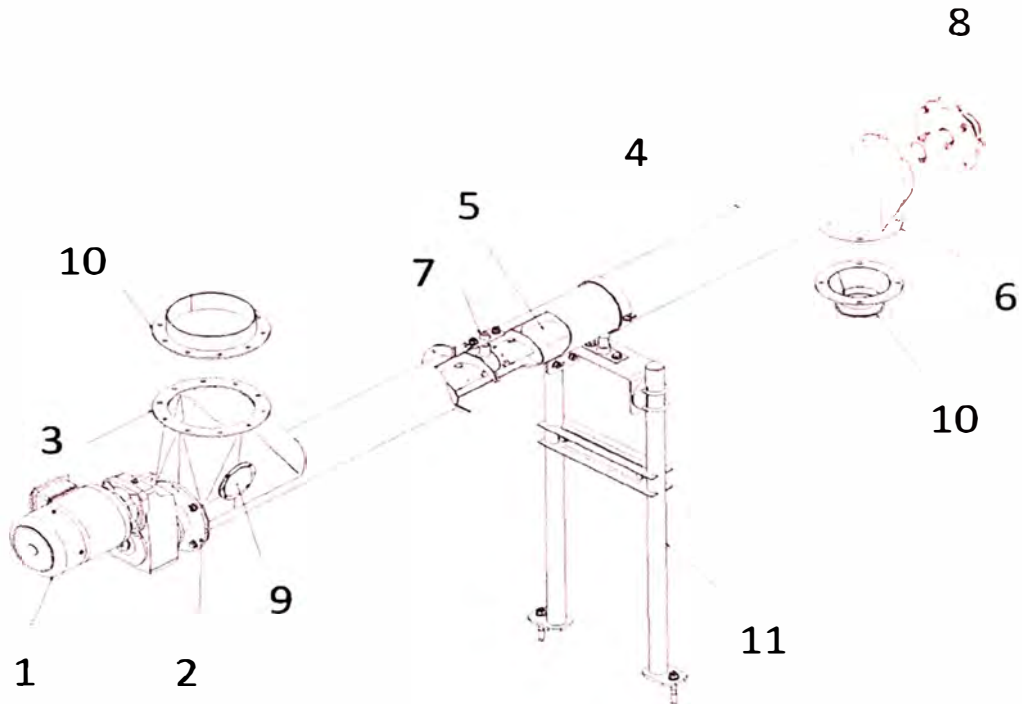


Figura 2.1: Transportador de tornillo sin fin tubular

2.1.1. Campo de aplicación

Como ya se mencionó en la descripción del producto la aplicación de estos transportadores se divide en la dosificación y transporte.

2.1.1.1. Dosificación

En el caso de tener una columna de producto por encima de la entrada, como en la descarga de silos, se requiere una entrada de alta capacidad o tipo artesa (véanse las figuras 2.2 y 2.3) con su respectivo tornillo sin fin progresivo a lo largo de la interface entrada / tubo exterior, garantizando la alimentación uniforme del producto y de esta manera evitando la aglomeración del mismo. En esta aplicación generalmente se dosifica el producto a molinos de martillos y rodillos, elementos de transporte (véase figura 2.4), mezcladores (véase figura 2.5), balanzas a través de una salida

circular tipo silla, y en el caso de llenado de sacos o descarga a camiones a través de una salida axial con o sin compuerta tipo válvula (véase figura 2.6).



Figura 2.2: Entrada de alta capacidad



Figura 2.3: Entrada tipo artesa



Figura 2.4: Descarga a transportador de cadena



Figura 2.5: Descarga a mezclador

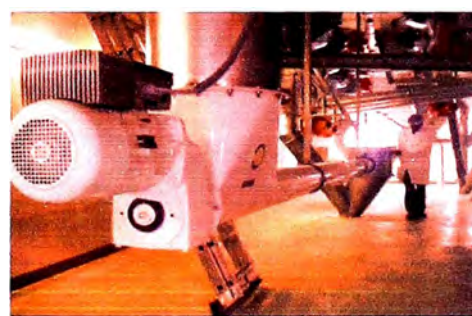


Figura 2.6: Salida axial

2.1.1.2. Transporte

Se suele utilizar una entrada circular o entrada tipo artesa sin la necesidad de un tornillo sin fin progresivo, ya que no se tiene una columna de producto por encima de la entrada. Es muy utilizado en la recirculación de producto (ver figura 2.7).



Figura: 2.7: Recirculación de producto

2.1.2. Dimensiones nominales

A continuación se muestra las dimensiones más importantes de los transportadores de tornillo sin fin tubulares con entrada de alta eficiencia (ver figura 2.8) y entrada tipo artesa (ver figura 2.9).

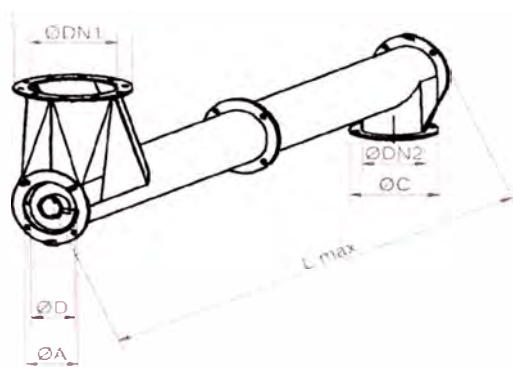


Figura 2.8: Entrada de alta capacidad

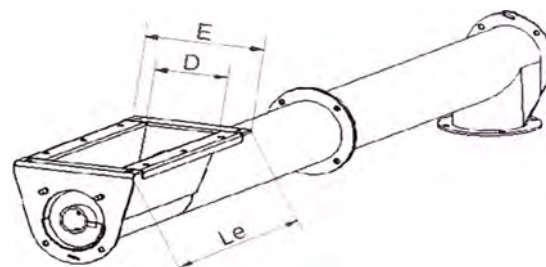


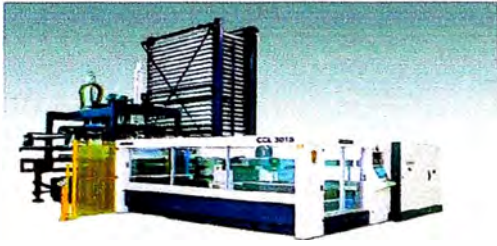
Figura 2.9: Entrada tipo artesa

2.2. Presentación del proceso productivo

Ya que se trata de una máquina conformada por chapas y tubos se adoptará el proceso convencional que consiste en el cortado por láser (hasta un espesor de 20 mm), plegado y rolado (transiciones para la entrada y salida, soporte de motor), unión de piezas mediante soldadura por arco y con pistola a gas (chapas cortadas por láser, chapas plegadas, chapas roladas y tornillos soldables), pintado con barniz en polvo o laca acrílica, ensamblaje, prueba de funcionamiento (rozamiento del tornillo sin fin con la carcasa, conformidad de motorreductores y componentes) , embalaje (componentes ≤ 3 m de longitud) y expedición (mar, tierra o aire).

Los ejes de potencia, cojinetes intermedios y finales, tornillo transportador y otros componentes mecanizados se fabricaran en un taller especializado para unirse luego a la línea de ensamblaje.

A continuación se presenta el flujo del proceso productivo de acuerdo a lo ya mencionado para un mayor entendimiento (ver figura 2.10).



Rolado



Corte por láser



Plegado



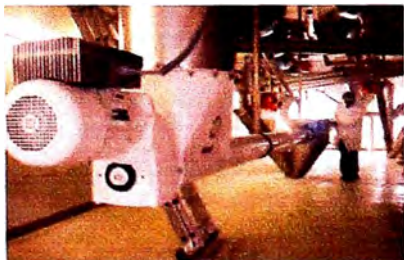
Soldado de tornillos soldables



Soldado de piezas de chapas y tubo



Pintado por laca o barniz



Ensamblaje, prueba de funcionamiento y embalaje



Figura 2.10: Flujo del Proceso Productivo

CAPÍTULO III

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO

3.1. Identificación del problema

A continuación se describirán los problemas más significativos que se han identificado gracias a las estadísticas y reclamaciones a lo largo de los últimos años.

3.1.1. Capacidad de transporte

Se ha sido muy conservador limitando la velocidad de transporte o angular hasta un máximo de entre 2,0–2,4 m/s y 250-280 RPM respectivamente. La figura 3.1 muestra el rango de capacidad de cada uno de los tamaños de transportadores de tornillo sin fin ya existentes.

Se aspira a reducir el número de variantes de 6 a 4 tamaños, aumentando la velocidad de transporte o angular. Con esta premisa se logra disminuir por defecto el número de componentes y por ende una configuración del producto más sencilla, optimizar la estandarización, minimizar la carga de trabajo tanto en la generación de planos así como en la documentación y facilitar el proceso de orden de pedido.

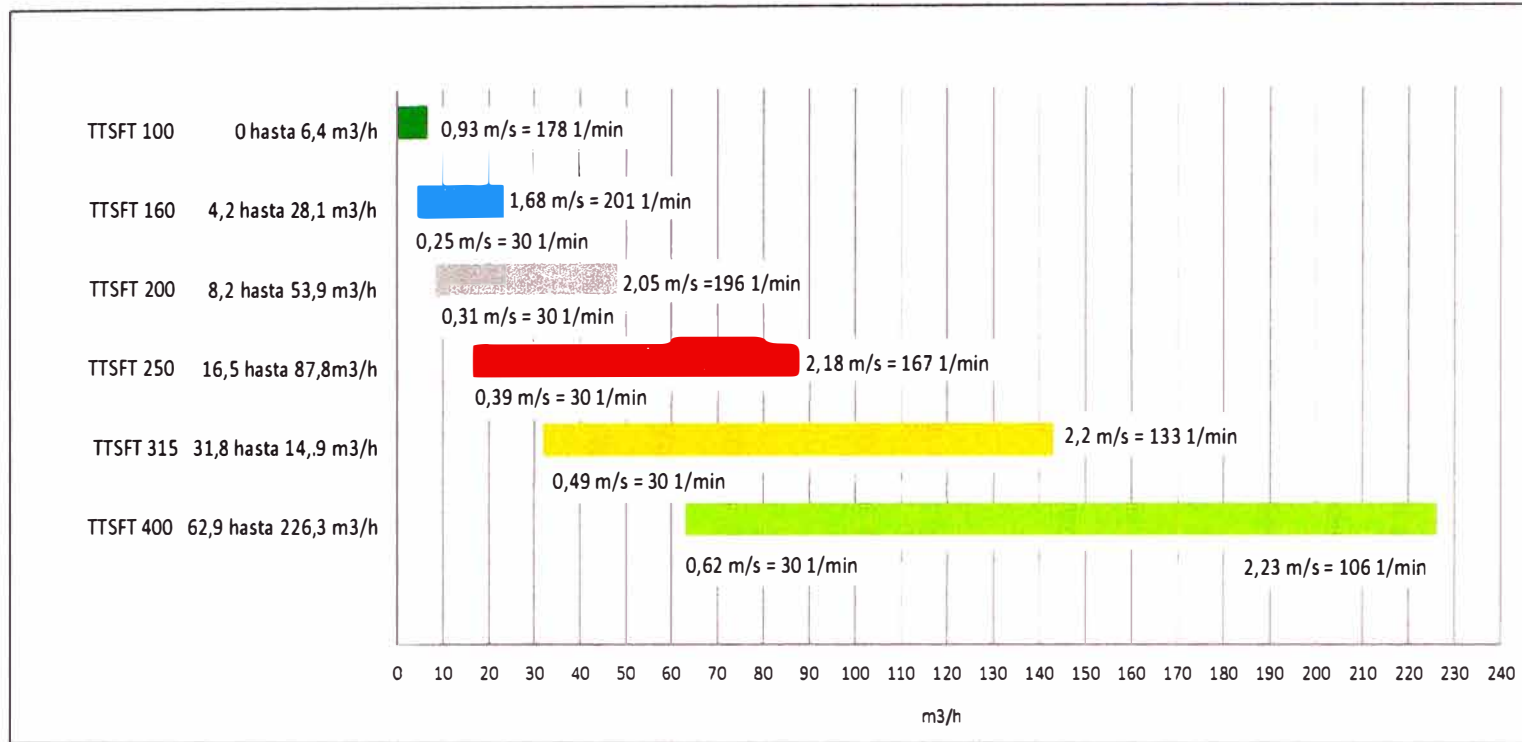


Figura 3.1: Diagrama de capacidad de TTSFT

3.1.2. Soporte de motor y motorreductor

En las figuras 3.2, 3.3 y 3.4 se muestra los tipos de soporte y reductores utilizados en los TTSFT. En el caso de la figura 3.2 se tiene una reducción por cadena que ya no es aceptable en ninguna planta de producción de alimentos por estar expuesta la grasa al ambiente de trabajo. La figura 3.3 corresponde a un motorreductor con brazo para compensar el momento torsor que solo es aplicable a una gama de motores limitados en su potencia. Por ultimo tenemos a un motorreductor (de ejes paralelos o engranajes cónicos) (ver figura 3.4) que transmite potencia al transportador mediante un acoplamiento flexible.

El problema en común de estas tres variantes es la ausencia de una junta (ver figura 3.3) que causa fugas de producto.

Las estadísticas muestran que en los años pasados se vendió un promedio de 600 transportadores con la variante mostrada en la figura 3.4, 20 con la variante mostrada en la figura 3.3 y 80 con la mostrada en la figura 3.2. Esto nos conlleva a tomar como referencia el diseño de un soporte sin acoplamiento flexible que una la carcasa y el motorreductor de ejes paralelos o engranajes cónicos reduciendo de esta manera los costos.

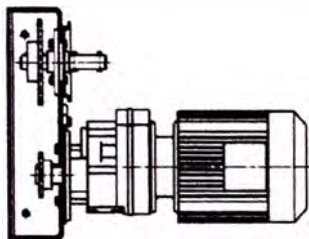


Figura 3.2: Transmisión por cadena

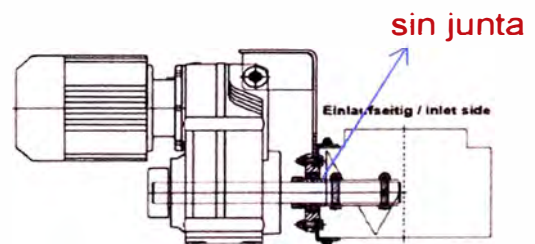


Figura 3.3: Motorreductor con brazo torsor

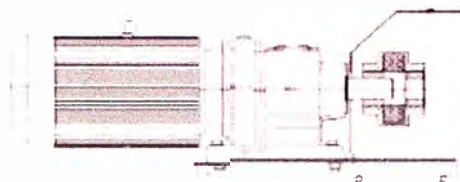


Figura 3.4: Acoplamiento flexible

3.1.3. Carcasa

Las uniones de los tubos exteriores del TTSFT se realizan mediante la utilización de anillos de ajuste que da una mayor flexibilidad al equipo ya que se pueden girar los componentes. Lamentablemente la nueva política de fabricación de transportadores exige reducir el número de uniones innecesarias. Otra desventaja se da en la necesidad de prolongar el tubo, tanto en la salida como la entrada para posicionar estos anillos y con ello generar un espacio muerto perjudicando la sanitación. Todo lo dicho se representa en la figura 3.5. Para poder cumplir con estas exigencias se deberá optar por las uniones bridadas.



Figura 3.5: Unión con anillos de ajuste

3.1.4. Tornillo sin fin

En muchos casos el diámetro exterior de los tubos interiores no coincide con el diámetro del núcleo de los cojinetes intermedios o finales, lo que produce la acumulación de producto en las interfaces. Los tubos interiores del tornillo sin fin fueron seleccionados para una longitud máxima de 3 000 mm limitando la flecha a 5 mm (holgura máxima entre el tornillo y el tubo exterior) como máximo.

Otro aspecto a tener en consideración es de reducir el número de variantes de los tubos interiores, seleccionar aquellos que deán una flecha máxima de 5 mm con una longitud de 6 000 mm

3.1.5. Eliminación de piezas obsoletas

Dentro de las piezas poco utilizadas está el soporte a presión (thrustbearing) empleado para transportadores de tornillo sin fin con un ángulo de inclinación mayor a 30° , la salida para compuerta de cuchilla (slidegate). Entre los elementos de seguridad figura el sensor de nivel de paleta rotativa (probe top part), compuerta de nivel tipo mariposa (baffleflap) y cuchilla (slidegate). Por ultimo las tuberías en T (T piece) y en cruz (crosspeace) así como lo mencionado en todo este capítulo.

Para un mayor entendimiento véase la figura 3.6 que representa un resumen del estado actual del transportador.

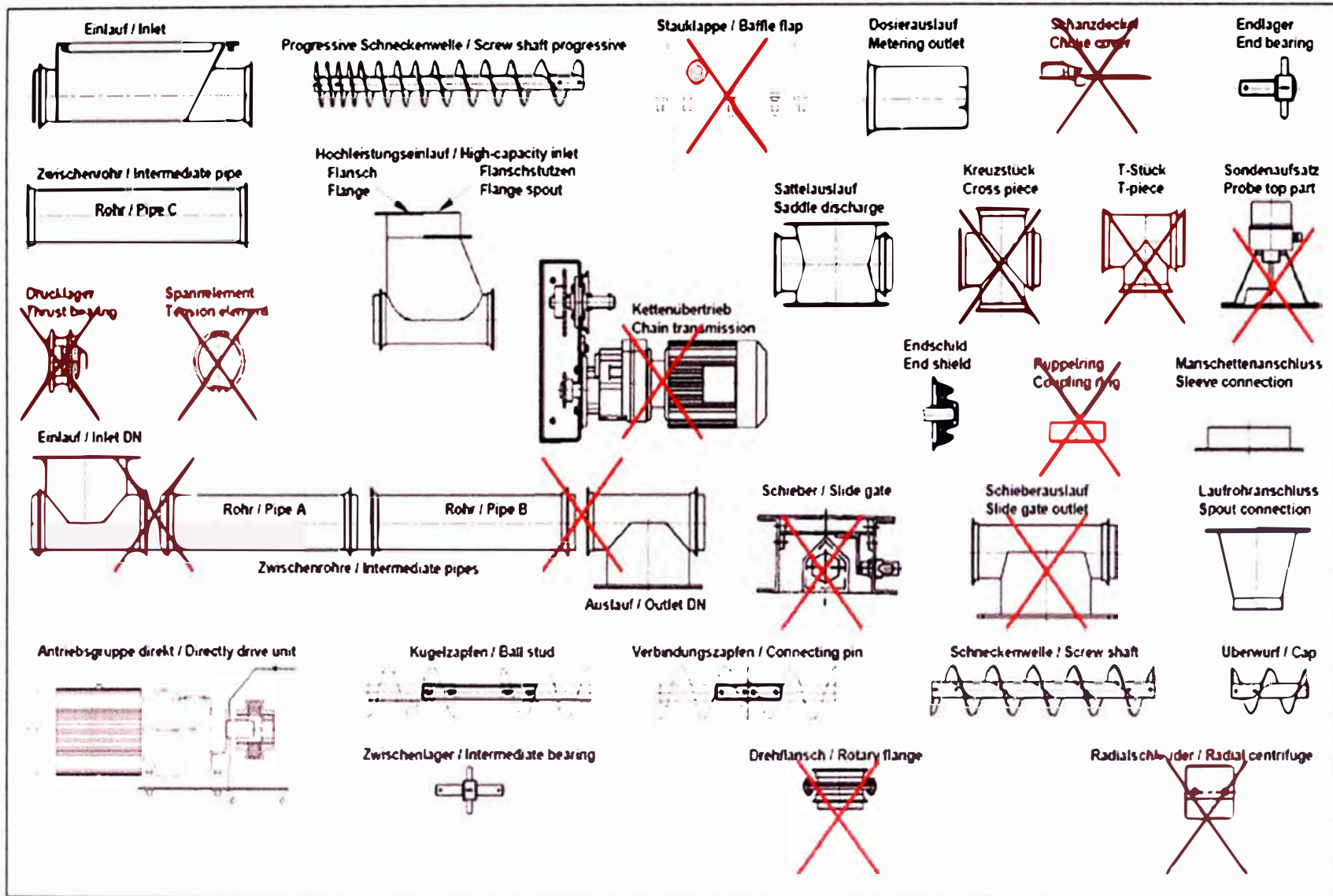


Figura 3.6: Estructura de producto del TTSFT

3.2. Planteamiento de la hipótesis

El planteamiento de la hipótesis de trabajo se realizara de acuerdo al diagrama de medios y fines mostrado en la figura 3.7, que muestra los componentes con sus respectivos entregables para la solución del problema.

Considerando que es factible para el componente N°1 la reducción de variantes de 6 a 4 tamaños cubriendo el mismo rango de flujo de transporte existente y el aumento de la longitud del tornillo sin fin con una flecha no mayor a 5 mm.

Considerando que es factible para el componente N°2 el mejoramiento de la sanitación eliminando los espacios muertos en las carcasas y la optimización en la forma de los componentes.

Considerando que es factible para el componente N°3 el cumplimiento de los criterios de aceptación establecidos por el cálculo de elementos de máquinas.

Por último Considerando que es factible para el componente N°4 la reducción de costos en el diseño del producto de un 20% como mínimo y la ejecución del proyecto sin sobrepasar el presupuesto de 5 00 000 Euros en un máximo de 8 meses.

De lo anterior podemos identificar el problema mediante la siguiente interrogante:

Es factible rediseñar los transportadores de tornillo sin fin tubulares para la industria alimentaria con una capacidad de 200 m³/h?

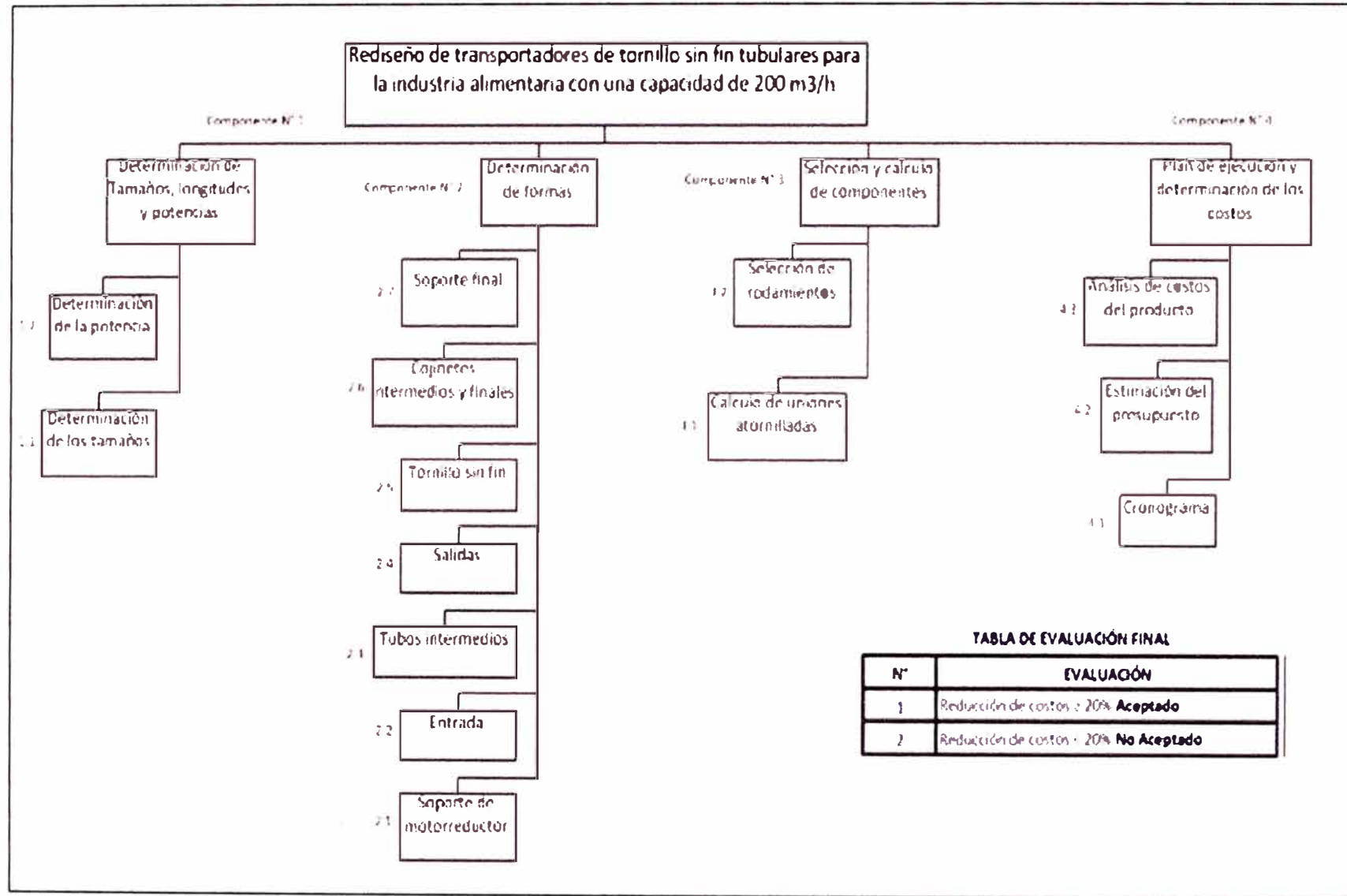


TABLA DE EVALUACIÓN FINAL

N°	EVALUACIÓN
1	Reducción de costos > 20% Aceptado
2	Reducción de costos < 20% No Aceptado

Figura 3.7: Diagrama de medios y fines

CAPÍTULO IV

MARCO TEÓRICO

4.1. Propiedades físicas de los cereales

Los cereales (de *Ceres*, el nombre en latín de la diosa de la agricultura) son gramíneas, herbáceas cuyos granos o semillas están en la base de la alimentación humana o del ganado, generalmente molidos en forma de harina.

Las partes constitutivas del grano de los cereales es la cascara, el pericardio, el tegumento o testa, el endospermo y el embrión (ver figura 4.1) que son productos que se obtienen en la molienda y deben ser transportados.

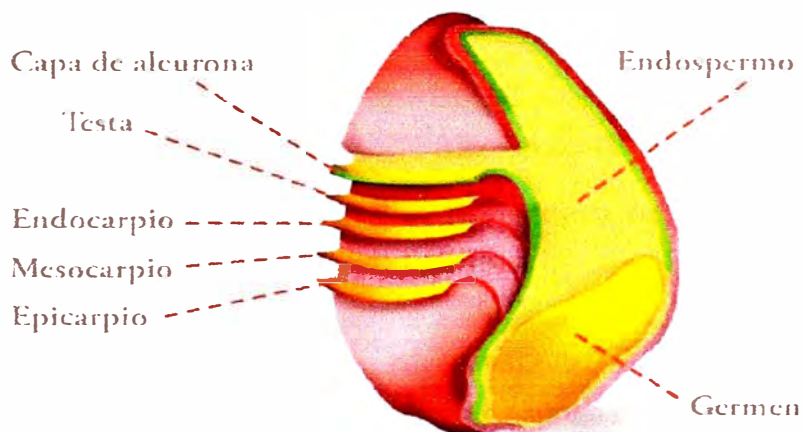


Figura 4.1: Estructura del grano de trigo

Los cereales contienen almidón, que es el componente principal de los alimentos humanos. El germen de la semilla contiene lípidos en proporción variable que permite la extracción de aceite vegetal de ciertos cereales. La semilla está envuelta por una cáscara formada sobre todo por la celulosa, componente fundamental de la fibra dietética. Algunos cereales contienen una proteína, el gluten, indispensable para que se forme el pan.

4.1.1. Coeficiente de fricción dinámico en granos

El coeficiente de fricción o de rozamiento, es una de las propiedades de los granos fundamentales para el diseño de maquinarias agrícolas. El conocimiento de este coeficiente es fundamental para determinar las pérdidas de potencia debido a la fricción en equipos de transporte.

El principio general de fricción dinámico se basa, en que un cuerpo es colocado sobre una superficie plana, este puede ser desplazado únicamente cuando la fuerza de fricción es vencida y está dada por la ecuación 4.1.

$$\mu = \tan \rho_d \quad \text{Ec. 4.1}$$

Dónde:

μ (-) coeficiente de fricción dinámico

ρ_d (grados) ángulo de inclinación de la superficie

4.1.2. Ángulo de reposo

Cuando un producto a granel es vaciado sobre una superficie plana, el producto forma un montículo, similar a un cono invertido. El ángulo formado por la horizontal y el talud es el ángulo de reposo estático y el dinámico es cuando el producto se mantiene siempre en movimiento (ver

figura 4.2). En la tabla 4.1 se muestra el ángulo de reposo para diferentes productos que a la vez estos varían de acuerdo a la granulometría, superficies, humedad y homogeneidad.



Figura 4.2: Ángulo de reposo estático

Tabla 4.1: Ángulo de reposo de granos

Producto	Ángulo de reposo	
	mínimo	máximo
Harina	35°	45°
Azúcar granulado	30°	45°
Cemento	30°	40°
cenizas	35°	40°
Coque	37°	41°
Arena seca	38°	45°

4.1.3. Densidad

La densidad es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen.

En la tabla 4.2 se muestran los productos alimenticios más utilizados con sus respectivas propiedades físicas para el cálculo de la capacidad de transporte y potencia, y en el anexo A-1 se extiende esta tabla. La tabla 4.3 muestra la clase a la que pertenecen los productos en relación al tamaño de las partículas y su resistencia a ser transportado. Por último el factor de

arrastres es una modificación del coeficiente de rozamiento en el tomillo sin fin y está dado por la ecuación 4.2.

Tabla 4.2: Propiedades físicas del producto a transportar

Producto	Densidad	Coeficiente de fricción	Factor de arrastre			Factor de corrección	Clase
			λ				
	t/m ³	μw	1,0 d	0,7 d	0,5 d	np	
Harina tipo 500 después del silo de harina	0,55	0,55	3,77	3,57	3,45	1,00	A
Harina de alimentos para animales	0,50	0,52	3,57	3,37	3,26	1,30	A
Sémola de trigo	0,60	0,55	3,77	3,57	3,45	1,28	B
Salvado de trigo	0,30	0,48	3,29	3,11	3,01	1,39	B
Trigo entero	0,75	0,45	3,09	2,92	2,82	1,28	C

Tabla 4.3: Clase de los productos a transportar

Propiedades y características del producto	Tamaño del grano	Clase	Clase en Cuadro
Fino, productos fluidizados	hasta 0,5 mm	A1	A
Fino, productos que fluyen fácil	hasta 0,5 mm	A2	A
Medio fino, productos que fluyen	0,5-3 mm	B1	B
Medio fino, productos que fluyen con limitaciones	0,5-3 mm	B2	B
Granular, productos de alimentos que fluyen fácil	3-15 mm	C	C
Granulado grueso, productos que fluyen	10-100 mm	D	D
Productos sucesores		E	E
adhesivos, no productos que fluyen		F	F

$$\lambda = \mu w \left[5 + \sqrt{1 + \left(\frac{\pi}{2 - v_z} \right)^2} \right] \quad \text{Ec. 4.2}$$

Dónde:

v_z (-) ratio de la inclinación y diámetro de la rosca

4.2. Cálculo de la capacidad de transporte

El cálculo de la capacidad de transporte está dado por la ecuación 4.3 que depende directamente de las dimensiones del transportador (ver ecuación 4.4), la densidad, el grado de llenado, el paso del tornillo y las revoluciones por minuto.

$$Q = 60 \cdot \delta \cdot A \cdot \varphi \cdot s \cdot n \quad \text{Ec. 4.3}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \quad \text{Ec. 4.4}$$

Dónde:

Q	(t/h)	capacidad de transporte
δ	(t/m ³)	densidad
D	(m)	diámetro interior del tubo exterior
d	(m)	diámetro exterior del tubo interior del tornillo
n	(min ⁻¹)	revoluciones por minuto
A	(m ²)	área efectiva por donde fluye el producto
φ	(-)	grado de llenado (70% transporte y 100% dosificación)
s	(m)	Paso del tornillo (1,0D transporte y 0,7D dosificación)

4.3. Cálculo de la velocidad angular en RPM

4.3.1. Transporte

La velocidad angular en RPM (ver ecuación 4.5) se derivan de la ecuación 4.3.

$$n = \frac{Q}{A \cdot s \cdot \delta \cdot \varphi \cdot 60} \quad \text{Ec. 4.5}$$

Dónde:

Q (t/h) caudal

δ (t/m³) densidad

n_{th} (min⁻¹) revoluciones por minuto necesario

A (m²) área efectiva por donde fluye el producto

φ (-) grado de llenado (70% transporte y 100% dosificación)

s (m) Paso del tornillo (1,0D transporte y 0,7D dosificación)

4.3.2. Dosificación

En el caso de la dosificación las revoluciones por minuto necesarios está dado por la ecuación 4.6 siendo mayores al teórico, debido al factor de corrección de las ecuaciones 4.7, 4.8 y 4.9 que depende de la clase del producto a transportar. Esto se debe al fenómeno de resbalamiento en la zona de la entrada del transportador.

$$n_{th} = \frac{n}{n_c} \quad \text{Ec. 4.6}$$

Dónde:

n_{th} (min⁻¹) revoluciones por minuto necesario

n_c (-) factor de corrección por resbalamiento

Clase A (harina, polvo) $n_c = 0,98 - (n_{th}0,0003)$ Ec. 4.7

Clase B (salvado, sémola) $n_c = 0,98 - (n_{th}0,0003)$ Ec. 4.8

Clase C (trigo, granulados) $n_c = 0,98 - (n_{th}0,0003)$ Ec. 4.9

4.4. Cálculo de la flecha del tornillo sin fin

Se tomara en consideración solo el momento de inercia del tubo interior, más no el de la hélice porque según las pruebas experimentales no aporta mucho con este valor. En el caso de la masa se tomara ambos en consideración. La ecuación 4.10 se obtiene a partir de la resistencia de materiales considerando una distribución de la fuerza de gravedad a los largo del tornillo sin fin. La figura 4.3 muestra el diagrama para el cálculo de la flecha.

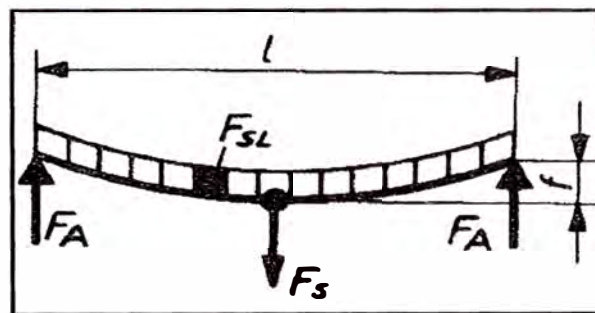


Figura 4.3: Diagrama del cálculo de flecha

$$f = \frac{5 \cdot F_s \cdot L^3}{348 \cdot E \cdot J} \quad \text{Ec. 4.10}$$

$$J = \frac{\pi}{64} \cdot (D_t^4 - d_t^4) \quad \text{Ec. 4.11}$$

$$m_t = \frac{L \cdot \rho \cdot \pi (D_t^2 - d_t^2)}{4} \quad \text{Ec. 4.12}$$

$$m_h = \frac{L \cdot \rho \cdot e_h \cdot \pi (D_h^2 - d_h^2)}{4 \cdot P} \quad \text{Ec. 4.13}$$

$$F_s = (m_t + m_h) \cdot g \quad \text{Ec. 4.14}$$

Dónde:

f (m) flecha

L (m) longitud del tornillo sin fin

E (N/m²) módulo de elasticidad

F_s (N) fuerza de gravedad de la hélice y tubo interior

J	(m ⁴)	momento de inercia
D_t	(m)	diámetro exterior del tubo interior
d_t	(m)	diámetro interior del tubo interior
D_h	(m)	diámetro exterior de la hélice
d_h	(m)	diámetro interior de la hélice
ρ	(Kg/m ³)	densidad
m_t	(Kg)	masa del tubo interior
m_h	(Kg)	masa de la hélice
e_h	(m)	espesor de la hélice
P	(m)	Paso de la hélice
g	(m/s ²)	aceleración de la gravedad

4.5. Cálculo de la potencia consumida

El cálculo de la potencia necesaria por el transportador a plena carga se da mediante la ecuación 4.15 que sería una composición de la potencia necesaria para vencer el desplazamiento del material, potencia requerida por la inclinación y potencia para el accionamiento del tornillo en vacío. Por otro lado el cálculo de la potencia requerida por el motor está dado por la potencia necesaria afectado por el factor de temperatura y eficiencia del propio motor (ver ecuación 4.16).

$$P = \left[\frac{(Q_1 \cdot 1000((5 \cdot E + L) \cdot \lambda + L \cdot \sin \beta) \cdot g)}{3600 \cdot 1000} + (Z \cdot R) + y \right] \cdot np \quad \text{Ec. 4.15}$$

$$P_{motor} = P \cdot n \cdot n_{temp} \quad \text{Ec. 4.16}$$

Dónde:

P	(kW)	potencia teórica al eje
Q_1	(t/h)	capacidad de transporte teórico
λ	(-)	factor de arrastre
L	(m)	longitud total del transportador

α	(-)	inclinación del transportador
g	(m/s ²)	aceleración de la gravedad
E	(m)	longitud de la entrada en caso de dosificación
Z	(-)	numero de cojinetes
R	(-)	resistencia al giro por cojinete intermedio
y	(kW)	potencia de contingencia 0.5kW
n_p	(t/h)	factor de corrección de la potencia (depende del producto)
P_{motor}	(kW)	potencia del motor
n	(-)	eficiencia del motor
n_{temp}	(-)	factor de corrección por temperatura

n_{temp}	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{0,938}$	$\frac{1}{0,875}$	$\frac{1}{0,815}$	$\frac{1}{0,75}$
Temperatura del ambiente	0-40°C	45°C	50°C	55°C	60°C

En el caso de utilizar un variador de frecuencia las pérdidas por temperatura son del 3% por grado kelvin sobre los 40°C.

4.6. Cálculo de las fuerzas axiales y radiales

El empuje axial se define como la resultante axial de las fuerzas aplicadas al tornillo por parte del material. Tiene dos componentes, una es la resultante causada por la resistencia que opone el material a ser transportado; y la otra es la componente del peso del material, en la dirección axial.

Realizando un diagrama de cuerpo libre al tornillo sin fin y a la hélice (ver figura 4.4 y 4.5) se obtienen las ecuaciones 4.17, 4.18, 4.19 y 4.20.

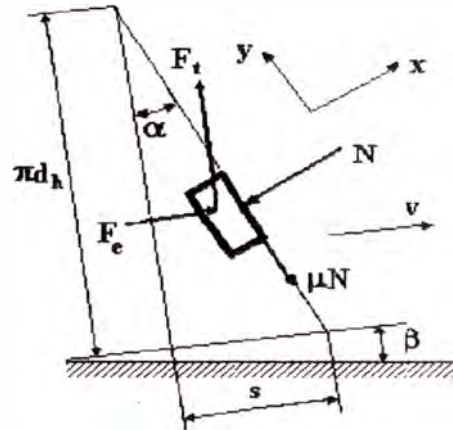
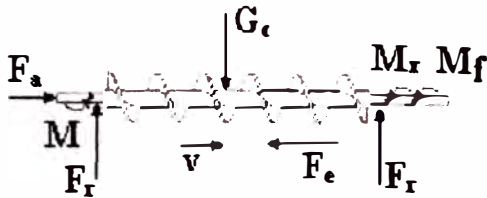


Figura 4.4: Diagrama de cuerpo libre. Figura 4.5: Diagrama de cuerpo libre en la hélice.

$$F_a = F_e + G_c \cdot \sin \beta \quad \text{Ec. 4.17}$$

$$F_x = \frac{G_c \cdot \cos \beta}{2} \quad \text{Ec. 4.18}$$

$$N = F_t \cdot \sin \alpha + F_e \cdot \cos \alpha \quad \text{Ec. 4.19}$$

$$\mu \cdot N = F_t \cdot \cos \alpha - F_e \cdot \sin \alpha \quad \text{Ec. 4.20}$$

Dónde:

G_c	(Kg)	peso del conjunto
F_a	(N)	fuerza axial en el cojinete
F_x	(N)	fuerza radial en el cojinete
F_t	(N)	fuerza externa aplicada a un punto de la hélice
F_e	(N)	fuerza de empuje en la dirección del eje del equipo
N	(N)	fuerza normal que ejerce el material contra la hélice
μN	(N)	fuerza de fricción al moverse
M_r	(N*m)	momento resistivo del material
M_f	(N*m)	momento de fricción en los cojinetes
M	(N*m)	momento externo
v	(m/s)	velocidad de transporte

μ	(-)	coeficiente de fricción dinámico
α	(grados)	ángulo de inclinación de la hélice
β	(grados)	ángulo de inclinación del equipo

Combinando las ecuaciones 4.1, 4.17, 4.18, 4.19 y 4.20 se obtiene la ecuación 4.21.

$$F_t = (F_a - G_c \cdot \sin \beta) \cdot \tan(\alpha + \rho_d) \quad \text{Ec. 4.21}$$

La fuerza F_t aplicada en un punto de la hélice es la fuerza que produce un momento igual al momento resistivo del material M_r . El punto de aplicación de F_t se halla a una distancia r_t similar a la que se encuentra el centro de gravedad del material sobre la canal, medido desde el eje de rotación de la hélice. Dicha distancia varía en función del coeficiente de llenado φ , recomendado (0,15; 0,3 y 0,45) el cual depende exclusivamente del tipo de material transportado. En la medida que el coeficiente de llenado aumente la distancia r_t disminuirá. El procedimiento para hallar r_t es puramente matemático y la expresión hallada depende del coeficiente de llenado y del diámetro de la hélice. Para un rango de diámetros de hélice de 100 a 800mm, los valores promedio hallados de r_t son:

Para $\varphi = 0,15$ implica $r_t = 0,4$

Para $\varphi = 0,30$ implica $r_t = 0,3$

Para $\varphi = 0,45$ implica $r_t = 0,24$

Haciendo un análisis energético, si la fuerza F_t se multiplica por la distancia entre el eje motor y su lugar de ubicación; y por la velocidad angular del eje, dará una potencia igual a la potencia calculada en el capítulo 4.4 (ver ecuación 4.15)

$$\left[\frac{(Q_1 \cdot 1000((5 \cdot E + L) \cdot \lambda + L \cdot \sin \beta) \cdot g)}{3600 \cdot 1000} + (Z \cdot R) + y \right] \cdot np = F_t \cdot 0,4 \cdot d_h \cdot \frac{\pi \cdot n}{30} \quad \text{Ec. 4.22}$$

Combinando las ecuaciones 4-22 y 4-21, se obtiene la F_a fuerza axial ejercida en los apoyos (ver ecuación 4-23).

$$F_a = \frac{\left[\frac{(Q_1 \cdot 1000((5 \cdot E + L) \cdot \lambda + L \cdot \sin \beta) \cdot g)}{3600 \cdot 1000} + (Z \cdot R) + y \right] \cdot np}{0,4 \cdot d_h \cdot \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot \tan(\alpha + \rho_d)} + G_c \cdot \sin \beta \quad \text{Ec. 4.23}$$

4.7. Selección de rodamientos

Antes de proceder a presentar la metodología para la selección del tipo y tamaño del rodamiento necesario en una instalación se expone una serie de normas generales para su selección.

- Para pequeños montajes, normalmente se emplean rodamientos de bolas.
- Para soporte de grandes dimensiones y fuertemente cargados, deben emplearse rodamientos de rodillos.
- Los rodamientos rígidos de bolas son apropiados para velocidades elevadas de giro y, aunque son radiales, soportan empujes axiales relativamente importantes.
- Los rodamientos de bolas de contacto angular, los de rodillo a rotula y rodillos cónicos son propios para esfuerzos radiales y, al mismo tiempo, pueden soportar importantes empujes axiales.
- Los rodamientos de rodillos cilíndricos no soportan esfuerzos axiales, solamente pueden soportar grandes esfuerzos radiales.
- Los rodamientos axiales de bolas solo soportan esfuerzos axiales.
- Los rodamientos axiales de rodillo a rotula pueden soportar cargas importantes axiales y radiales.

El cálculo de las dimensiones de un rodamiento según la forma de trabajo puede hacerse para cargas dinámicas y estáticas. De acuerdo al problema a solucionar se verá solo el cálculo para cargas dinámicas (ver ecuación 4.24).

$$C = \frac{f_L}{f_n \cdot f_t} \cdot F \quad \text{Ec. 4.24}$$

Dónde:

C	(Kp)	capacidad de carga dinámica ofrecida en catalogo
f_L	(-)	coeficiente de esfuerzos dinámicos
f_n	(-)	coeficiente de velocidad dependiendo del tipo de rodamiento
f_t	(-)	coeficiente de temperatura de servicio
F	(Kp)	carga dinámica equivalente

El cálculo de la carga dinámica equivalente está dado por la ecuación 4.25.

$$F = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad \text{Ec 4 25}$$

Dónde:

F_r	(Kp)	carga radial
F_a	(Kp)	carga axial
X	(Kp)	coeficiente radial del rodamiento
Y	(Kp)	coeficiente axial del rodamiento

Los valores de X e Y se encuentran en los catálogos de los fabricantes para valores de F_a/C_0 y F_a/F_r . Donde C_0 es la capacidad de carga estática.

Un cálculo muy importante es la vida útil de los rodamientos expresada en la ecuación 4.26.

$$L = \left(\frac{C}{F}\right)^P$$

Ec. 4.26

Dónde:

- L (10^6 min^{-1}) duración nominal expresada en millones revoluciones
 C (Kp) capacidad de carga dinámica
 F (Kp) carga equivalente sobre el rodamiento
 P (-) 3 en rodamientos de bolas y $10/3$ en rodamientos de rodillos

Para el cálculo se debe tomar en consideración las limitaciones de las dimensionales del problema, el tipo de aceite, montaje y tipo de carcasa.

4.8. Cálculo de uniones atornilladas

4.8.1. Cálculo de las fuerzas cortantes

Generalmente la fuerza cortante es la resultante de las fuerzas en los eje ejes x e y partiendo del centro de gravedad de la unión atornillada. El momento es una magnitud que puede ser generada por fuerzas excéntricas, peso del componente y/o torque de un motor. La figura 4.6 muestra el comportamiento de las fuerzas generadas por un momento y las ecuaciones 4.27, 4.28, 4.29 y 4.30 el cálculo de ellas mismas.

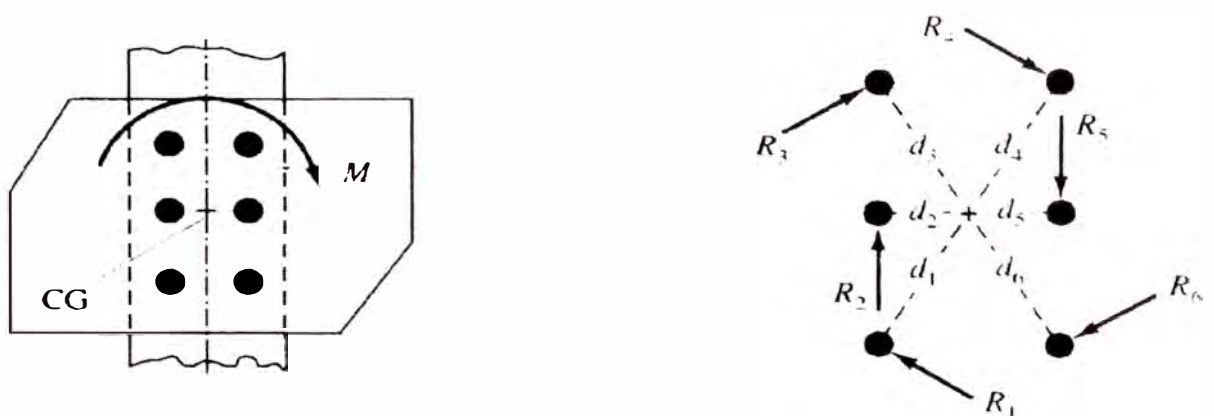


Figura 4.6: Esfuerzo de corte por una acción excéntrica

$$R_v = \frac{P}{\sum N} \quad \text{Ec. 4.27}$$

$$R_x = \frac{M \cdot y}{\sum x^2 + \sum y^2} \quad \text{Ec. 4.28}$$

$$R_y = \frac{M \cdot x}{\sum x^2 + \sum y^2} \quad \text{Ec. 4.29}$$

$$R = \sqrt{(R_y + R_v)^2 + R_x^2} \quad \text{Ec. 4.30}$$

4.8.2. Cálculo de esfuerzos de tracción por una acción de momento

El cálculo de la fuerza de tracción de un elemento está dado por la ecuación 4.31 y 4.32. La figura 4.7 muestra el diagrama para un mejor entendimiento.

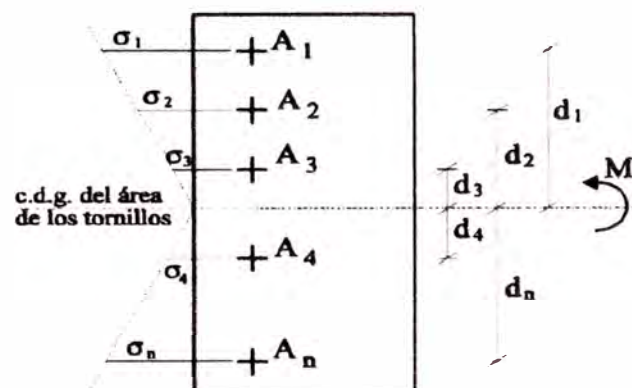


Figura 4.7: Esfuerzo de tracción por una acción de momento

$$F_m^* = \frac{M^* \cdot d_m \cdot A_m}{I} \quad \text{Ec. 4.31}$$

$$I = \sum A_m \cdot d_m^2 \quad \text{Ec. 4.32}$$

4.8.3 Criterios de aceptación para esfuerzos combinados.

Tomaremos los criterios de la norma EC3. La ecuación 4.33 pertenece al criterio de aceptación por corte, la ecuación 4.34 al de tracción y la ecuación 4.35 al de tracción y corte combinado.

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \quad \text{Ec. 4.33}$$

$$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd} = \frac{K_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \quad \text{Ec. 4.34}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1 \quad \text{Ec. 4.35}$$

Dónde:

A_s	(mm ²)	área resistente al tornillo
α_v	(-)	0,6 para grados 4.6, 5.6 y 8.8 y 0.5 para 4.8, 5.8, 6.8 y 10.9
f_{ub}	(mm ²)	resistencia a tracción del tornillo depende del grado
γ_{M2}	(-)	coeficiente parcial de seguridad del material
K_2	(-)	0,9 al no tratarse de tornillos de cabeza avellanada
$F_{v,Rd}$	(N)	resistencia al corte máximo
$F_{v,Ed}$	(N)	esfuerzo de corte aplicado
$F_{t,Rd}$	(N)	resistencia a la tracción máxima
$F_{t,Ed}$	(N)	esfuerzo de tracción aplicado

CAPÍTULO V

DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

5.1. Determinación de tamaños, potencia y longitudes máximas del tornillo sin fin

5.1.1. Determinación de los tamaños

Consideraciones:

- ✓ Para la determinación de los tamaños se tomará en consideración los espacios entre el tornillo sin fin y el tubo exterior de acuerdo a la tabla 5.1.
- ✓ En base a las estadísticas (ver tabla 5.2) se seleccionarán tubos interiores que alcancen las longitudes mostradas, con una flecha menor a la luz entre el tornillo sin fin y el tubo exterior.
- ✓ Se realizará un previo cálculo de la flecha de los transportadores ya existentes para comparar valores (ver tabla 5.3).
- ✓ Se elevarán la velocidad angular y de transporte hasta un máximo de 350 RPM o 3,5 m/s, partiendo de un mínimo de 30 RPM.
- ✓ El cálculo de la flecha se hará en base a la ecuación 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12.

- ✓ El cálculo de la capacidad de flujo se hará en base a la ecuación 4.2 y 4.3 que pertenece al cálculo para transporte con un factor de llenado φ del 70 % y pasos s 1.0 D.
- ✓ El ángulo de inclinación se limitara hasta los 30°, sin disminución de capacidad de flujo.
- ✓ Se tratará de reducir el número de variantes a 4 tamaños, cubriendo el rango de los transportadores actuales (~220 m³/h).
- ✓ Se seleccionará solo los tubos exteriores ISO (mm).

En base a lo enunciado se iteró combinaciones de las posibles variantes de tubos exteriores ISO y tubos interiores, obteniendo 4 tamaños de transportador TTSFTN 080, TTSFTN 125, TTSFTN 200 y TTSFTN 300 con 3 variantes de tubos interiores (ver tabla 5.4), que alcanzaron las longitudes deseadas con una flecha no mayor a lo especificado.

El TTSFTN 080 reemplazara al TTSFT 100, el TTSFTN 125 al TTSFT 160, el TTSFTN 200 al TTSFT 200 y 250 y el TTSFTN 300 al TTSFT 300 y 400.

Con estos datos se procedió a elaborar el gráfico de la capacidad de transporte para los tamaños seleccionados (ver figura 5.1).

Tabla 5.1: Espacio entre el tornillo sin fin y el tubo exterior "Gap"

TTSFT	100	160	200	250	315	400
Gap	5	5	5	5	4.5	7

Tabla 5.2: Longitudes más demandadas por tamaño de transportador

Longitud vs Tamaño	TTSFT 100 unidades	TTSFT 160 unidades	TTSFT 200 unidades	TTSFT 250 unidades	TTSFT 315 unidades	TTSFT 400 unidades	TTSFT 400 unidades
	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2008
< 1m	20	7	3	0	0	0	0
1-2m	24	94	65	90	1	0	1
2-3m	14	23	38	54	14	0	13
3 - 4m	3	36	10	43	5	0	5
4-5m	2	12	13	24	3	0	5
5-6m	2	11	5	20	1	0	4
> 6m	0	8	4	26	2	3	10
Total	65	191	138	257	26	3	38
	90%	84%	84%	82%	89%		50%

Tabla 5.3: Cálculo de la flecha en los TTSFT

	Tubo interior					Hélice				flecha m
	longitud L	Diámetro exterior Dt	Diámetro interior dt	Peso	Momento de Inercia J	Diámetro exterior Dh	Diámetro interior dh	espesor eh	Peso	
	m	m	m	kg	m ⁴	m	m	m	kg	
TTSFT 100	2	0,0337	0,0237	7,1	4,783E-08	0,100	0,0337	0,003	4,7	0,0012
TTSFT 160	3	0,0483	0,0383	16,0	1,615E-07	0,160	0,0483	0,0035	13,4	0,0030
TTSFT 200	3	0,0483	0,0383	16,0	1,615E-07	0,200	0,0483	0,0036	17,9	0,0035
TTSFT 250	3	0,0630	0,0477	31,3	5,191E-07	0,250	0,0630	0,0036	22,3	0,0017
TTSFT 315	3	0,0761	0,0561	48,9	1,160E-06	0,315	0,0761	0,0046	36,1	0,0012
TTSFT 400	3	0,1016	0,0816	67,8	3,054E-06	0,400	0,1016	0,0061	60,3	0,0007

Tabla 5.4: Cálculo de la flecha y dimensiones para los TTSFTN

	Tubo interior					Hélice				Tubo exterior		flecha m
	longitud L	Diámetro exterior Dt	Diámetro interior dt	Peso	Momento de Inercia J	Diámetro exterior Dh	Diámetro interior dh	espesor eh	Peso	Diámetro exterior D	Diámetro interior d	
	m	m	m	kg	m ⁴	m	m	m	kg	m	m	
TTSFTN 080	3	0,0334	0,0243	9,7	4,397E-08	0,080	0,0334	0,003	5,2	0,095	0,090	0,0056
TTSFTN 125	4	0,0603	0,0492	29,9	3,609E-07	0,125	0,0603	0,003	10,1	0,140	0,135	0,0043
TTSFTN 200	4	0,0603	0,0492	29,9	3,609E-07	0,200	0,0603	0,003	19,2	0,216	0,211	0,0053
TTSFTN 300	5	0,1016	0,0901	67,8	1,993E-06	0,300	0,1016	0,003	35,1	0,320	0,314	0,0039

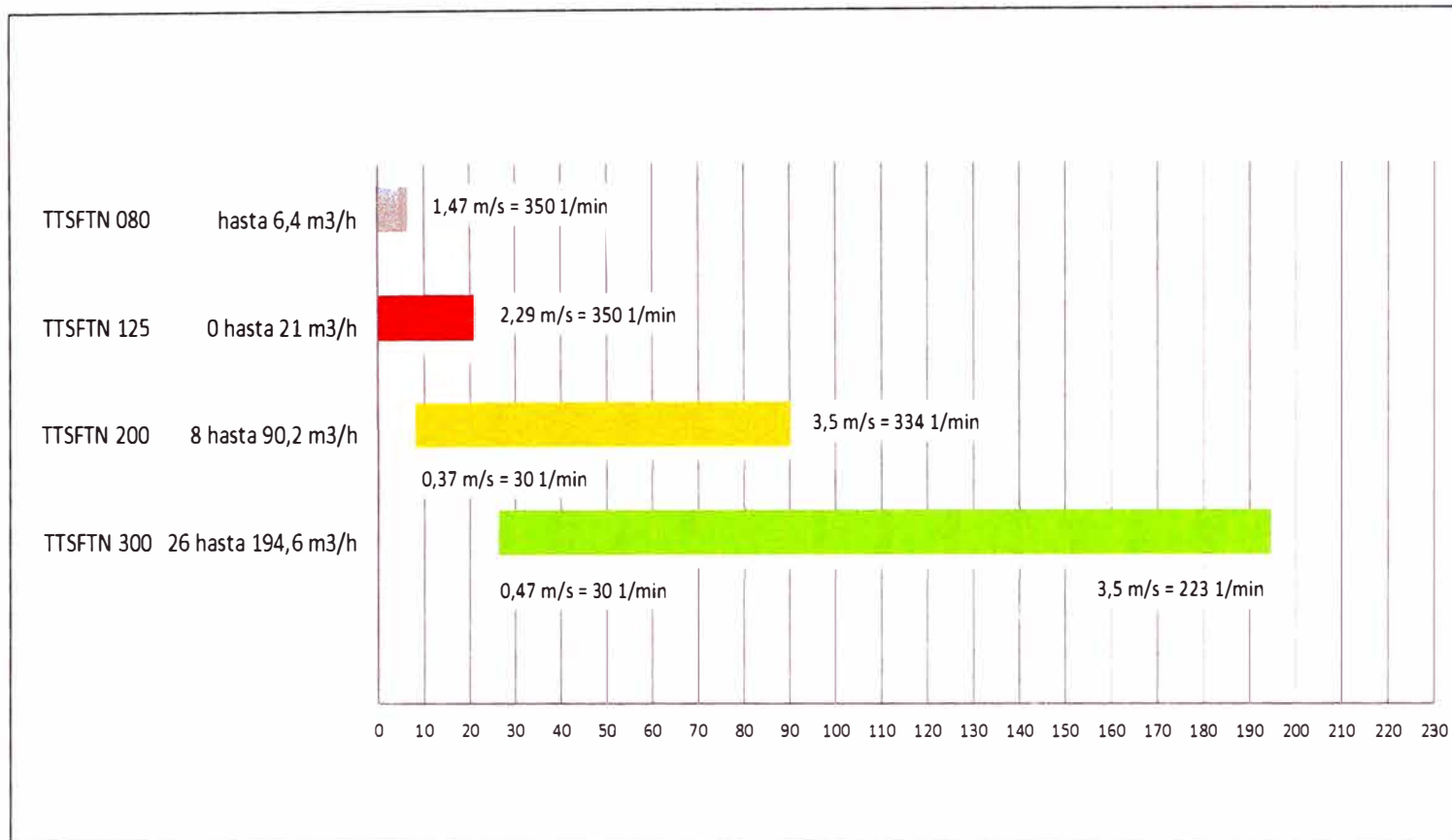


Figura 5.1: Diagrama de capacidad de flujo TTSFTN

5.1.2. Determinación de la potencia

5.1.2.1. Cálculo de la potencia máxima

Consideraciones:

- ✓ La dosificación requiere mayor potencia que el transporte, debido a la fricción del producto que se origina en la entrada de alta capacidad o tipo artesa.
- ✓ Se tomará una longitud máxima de 3 000 mm para el TTSFTN 080 y 12 000 mm para los demás tamaños.
- ✓ Se tomará también en cuenta solo los productos alimenticios con mayor demanda en el mercado (ver tabla 4.2).
- ✓ Se elevará la velocidad angular o de transporte, hasta un máximo de 3,5 m/s o 350 RPM partiendo de un mínimo de 30 RPM.
- ✓ La longitud de la entrada (ver capítulo 5.2.2) será para el TTSFTN 080 de 0,50 m (entrada de alta capacidad), para el TTSFTN 125 de 0,90 m (entrada tipo artesa) y para el TTSFTN 200/300 de 1,8 m (entrada tipo artesa).

La tabla 5.5 muestra el cálculo de la potencia máxima para los diferentes tamaños de transportador de acuerdo a las ecuaciones 4.5, 4.6 y 4.15.

Tabla 5.5: Cálculo de la potencia máxima

Tamaño	Producto	Longitud m	Longitud de entrada m	Capacidad t/h	Densidad t/m ³	Factor de corrección np	Factor de arrastres λ	Volumen/h m ³ /h	Potencia KW	RPM 1/min	Velocidad tangencial m/s
TTSFTN 080	Harina tipo 500 después del silo de harina	3,0	0,50	3,1	0,55	1	3,77	5,64	0,68	350,3	1,5
	Harina de alimentos para animales	3,0	0,50	2,82	0,50	1,3	3,57	5,64	0,88	350,5	1,5
	Sémola de trigo	3,0	0,50	3,09	0,60	1,28	3,77	5,15	0,87	351,3	1,5
	Salvado de trigo	3,0	0,50	1,15	0,30	1,39	3,29	3,83	0,87	250,2	1,0
	Trigo entero	3,0	0,50	3,05	0,75	1,28	3,09	4,07	0,87	351,3	1,5
TTSFTN 125	Harina tipo 500 después del silo de harina	12,0	0,90	10,36	0,55	1	3,77	18,84	3,10	349,8	2,3
	Harina de alimentos para animales	12,0	0,90	9,43	0,50	1,3	3,57	18,86	4,03	350,2	2,3
	Sémola de trigo	12,0	0,90	10,32	0,60	1,28	3,77	17,20	3,97	350,4	2,3
	Salvado de trigo	12,0	0,90	3,85	0,30	1,39	3,29	12,83	3,60	250,3	1,6
	Trigo entero	12,0	0,90	10,18	0,75	1,28	3,09	13,57	3,97	350,2	2,3
TTSFTN 200	Harina tipo 500 después del silo de harina	12,0	1,80	44	0,55	1	3,77	80,00	10,99	333,0	3,5
	Harina de alimentos para animales	12,0	1,80	40	0,50	1,3	3,57	80,00	14,28	333,0	3,5
	Sémola de trigo	12,0	1,80	44	0,60	1,28	3,77	73,33	14,10	334,1	3,5
	Salvado de trigo	12,0	1,80	22	0,30	1,39	3,29	73,33	15,31	334,1	3,5
	Trigo entero	12,0	1,80	43	0,75	1,28	3,09	57,33	13,96	330,3	3,5
TTSFTN 300	Harina tipo 500 después del silo de harina	12,0	1,80	98	0,55	1	3,77	178,18	22,62	222,1	3,5
	Harina de alimentos para animales	12,0	1,80	89	0,50	1,3	3,57	178,00	29,38	221,9	3,5
	Sémola de trigo	12,0	1,80	101	0,60	1,28	3,77	168,33	29,40	225,8	3,5
	Salvado de trigo	12,0	1,80	50	0,30	1,39	3,29	166,67	31,61	223,4	3,5
	Trigo entero	12,0	1,80	98	0,75	1,28	3,09	130,67	28,90	221,6	3,5

5.1.2.2. Cálculo de la potencia mínima

Consideraciones:

- ✓ El cálculo de la potencia mínima corresponde al cálculo por transporte.
- ✓ La longitud mínima se fijará de acuerdo a la tabla 5.2.
- ✓ Se tomará en cuenta solo los productos alimenticios con mayor demanda en el mercado (ver tabla 4.2).
- ✓ La potencia mínima se limitara a 0,75 kW y las RPM a 30 1/min o a la capacidad máxima de flujo del tamaño predecesor.

La tabla 5.7 muestra la potencia mínima de los diferentes tamaños de acuerdo a las ecuaciones 4.3 y 4.15., siendo estas hipotéticas ya que no coinciden con las obtenidas de las estadísticas.

En el caso del TTSFTN 080 se tomara una potencia máxima de 1,5 kW ya que suele ser utilizado en el llenado de sacos **start / stop**, y se necesita tomar contingencias en la potencia. En el caso de las potencias minimas que fueron obtenidas a partir de consideraciones hipotéticas, se prefiere tomar las obtenidas de las estadísticas para minimizar la cantidad de planos. La tabla 5.6 muestra el resumen de las potencias máximas y mínimas en relación al tamaño del transportador.

Tabla 5.6: Potencia mínimas y máximas

Tamaño	Potencia mínima kW	Potencia máxima kW
TTSFTN 080	0,75	1,5
TTSFTN 125	0,75	4
TTSFTN 200	1,5	11
TTSFTN 300	4	22

Tabla 5.7: Cálculo de la potencia mínima

Tamaño	Producto	Longitud	Capacidad	Densidad	Factor de corrección	Factor de arrastres	Volumen/h	Potencia	RPM	Velocidad tangencial
		m	t/h	t/m ³	np	λ	m ³ /h	kW	1/min	m/s
TTSFTN080	Harina tipo 500 después del silo de harina	1,0	0,3	0,55	1	3,77	0,55	0,50	30,1	0,1
	Harina de alimentos para animales	1,0	0,27	0,50	1,3	3,77	0,54	0,65	29,8	0,1
	Sémola de trigo	1,0	0,33	0,60	1,28	3,77	0,55	0,64	30,3	0,1
	Salvado de trigo	1,0	0,165	0,30	1,39	3,77	0,55	0,70	30,3	0,1
TTSFTN125	Harina tipo 500 después del silo de harina	1,0	3,52	0,55	1	3,77	6,40	0,53	106,0	0,7
	Harina de alimentos para animales	1,0	3,2	0,50	1,3	3,77	6,40	0,69	106,0	0,7
	Sémola de trigo	1,0	3,845	0,60	1,28	3,77	6,41	0,68	106,1	0,7
	Salvado de trigo	1,0	1,92	0,30	1,39	3,77	6,40	0,74	106,0	0,7
TTSFTN200	Harina tipo 500 después del silo de harina	2,0	11,6	0,55	1	3,77	21,09	0,72	78,2	0,8
	Harina de alimentos para animales	2,0	10,5	0,50	1,3	3,77	21,00	0,93	77,9	0,8
	Sémola de trigo	2,0	12	0,60	1,28	3,77	20,00	0,90	74,2	0,8
	Salvado de trigo	2,0	6	0,30	1,39	3,77	20,00	0,98	74,2	0,8
TTSFTN300	Harina tipo 500 después del silo de harina	3,0	49,5	0,55	1	3,77	90,00	1,89	103,1	1,6
	Harina de alimentos para animales	3,0	45	0,50	1,3		90,00	2,45	103,1	1,6
	Sémola de trigo	3,0	54	0,60	1,28		90,00	2,42	103,1	1,6
	Salvado de trigo	3,0	27	0,30	1,39		90,00	2,62	103,1	1,6

5.2. Determinación de la forma de los componentes

5.2.1. Soporte del motorreductor

Consideraciones:

- ✓ De acuerdo a la preferencia visto en el capítulo 3.1.2 se optará por el accionamiento directo sin acoplamiento flexible de los motorreductores de ejes paralelos y engranajes cónicos con brida B14, eje hueco y chaveta de los fabricantes SEW y Nord previa consulta y análisis de fuerzas radiales y axiales admisibles.
- ✓ La forma del soporte debe ser tal que una la carcasa y el motorreductor mediante bridas.
- ✓ En la interface eje de potencia y carcasa se construirá una cavidad para alojar una junta que impida la fuga del producto (ver figura 5.4).
- ✓ Se deberá contar con una apertura para revisar posibles fugas en caso falle la junta.
- ✓ Las dimensiones de los diámetros estarán en base a las bridas mostradas en los catálogos de motorreductores y los tamaños del tubo exterior
- ✓ El dimensionamiento del eje de potencia se hará en base a los datos de los motorreductores con eje hueco y canal chavetero y las dimensiones del tubo del tornillo sin fin.

Las figuras 5.2, 5.3 y 5.4 muestran el resultado de las consideraciones ya mencionadas.

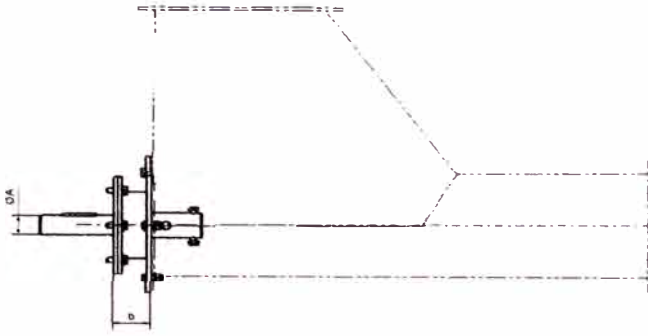


Figura 5.2: Vista lateral del soporte

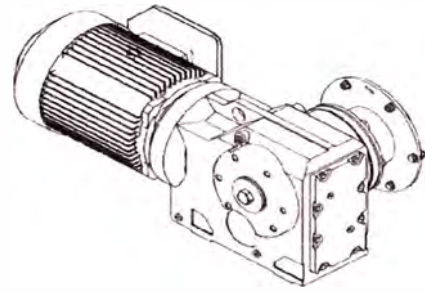


Figura 5.3: Vista isométrica del soporte

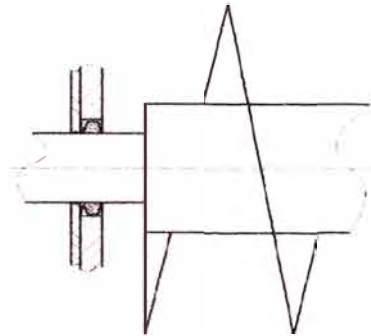


Figura 5.4: cavidad para la junta

5.2.2. Entrada

5.2.2.1. Entrada de alta eficiencia

Consideraciones:

- ✓ En casi el 90% de las aplicaciones, el transportador con entrada de alta eficiencia está conectado a un vibrador que forma parte de un silo.
- ✓ El área de la entrada de producto (en amarillo) deberá ser menor o igual al área de la interface tubo exterior-entrada (en verde) garantizando un flujo uniforme (ver figura 5.5).
- ✓ El ángulo de la entrada será de 55° (ver figura 5.6) de acuerdo al ángulo de reposo dinámico del producto.
- ✓ Mejoramiento de la sanitación eliminando espacios muertos.

- ✓ La unión entre la entrada y el soporte del motorreductor se hará en base a tornillos y/o pemos soldables.
- ✓ Dos variantes, una con ventanillas para el empleo de un sensor capacitivo, filtro y/o mirilla (ver figura 5.7).

La tabla 5.8 se muestra los diferentes diámetros de entrada para cada tamaño.

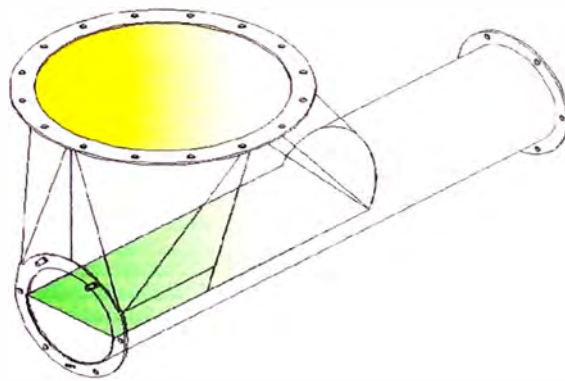


Figura 5.5: Área de entrada e interface tubo exterior / entrada

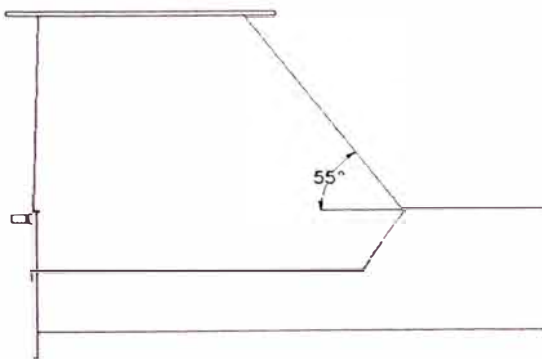


Figura 5.6: Ángulo de la entrada

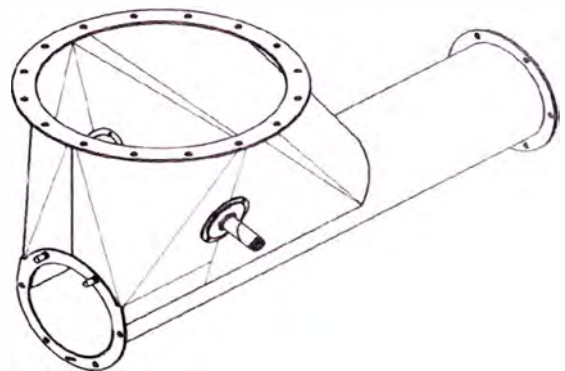


Figura 5.7: Entrada con mirilla/ filtro o sensor

Tabla 5.8: Diámetros de entrada de alta eficiencia por tamaño

Tamaño	Diámetro interior de la entrada de alta capacidad						
	Ø 200	Ø 300	Ø 450	Ø 500	Ø 600	Ø 750	Ø 900
TTSFTN 080	✓	✓					
TTSFTN 125	✓	✓					
TTSFTN 200		✓	✓	✓			
TTSFTN 300				✓	✓	✓	✓

5.2.2.2. Entrada tipo artesa

Consideraciones:

- ✓ Mejoramiento de la sanitación eliminando espacios muertos.
- ✓ La unión entre la entrada y el soporte del motorreductor se hará en base a tornillos y/o pemos soldables.
- ✓ Las dimensiones de entrada se conservaran con las del transportador a rediseñar.

La figura 5.8 muestra el diseño optimizado de la entrada tipo artesa y la tabla 5.9 las longitudes de la entrada por tamaño.

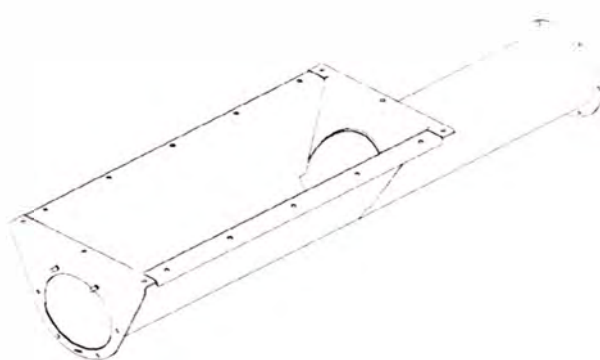


Figura 5.8: Entrada tipo artesa

Tabla 5.9: Longitud de la entrada tipo artesa por tamaño

Tamaño	Longitud de la entrada tipo artesa						
	L 400	L 600	L 900	L 1200	L 1500	L 1800	L 2100
TTSFTN 080							
TTSFTN 125	✓	✓	✓				
TTSFTN 200		✓	✓	✓	✓	✓	
TTSFTN 300		✓	✓	✓	✓	✓	✓

5.2.2.3. Entrada circular

Consideraciones:

- ✓ Mejoramiento de la sanitación eliminando espacios muertos.
- ✓ La unión entre la entrada y el soporte del motorreductor se hará en base a tornillos y/o pernos soldables.
- ✓ El diámetro de la entrada será igual o mayor al de los tubos de transporte existentes y capacidad de flujo a transportar (ver Cuadro 5.10)

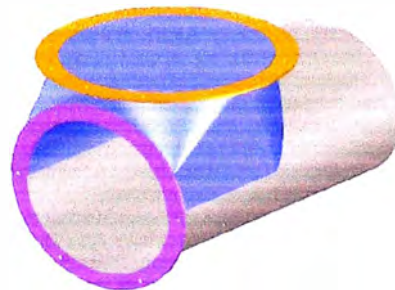
La figura 5.9 muestra la forma optimizada de la entrada circular y la tabla 5.11 los diámetros seleccionados.

Tabla 5.10: Tubos de transporte existentes

Diámetro interior	Tubos de transporte								
	∅ 100	∅ 120	∅ 140	∅ 200	∅ 250	∅ 300	∅ 350	∅ 400	∅ 500
Capacidad (m ³ /h)	7	2	40	84	141	214	304	407	657

Tabla 5.11: Diámetros seleccionado de la entrada circular

Tamaño	Diámetro interior de la entrada normal			
	∅ 100	∅ 140	∅ 200	∅ 300
TTSFTN 080	✓			
TTSFTN 125		✓		
TTSFTN 200			✓	
TTSFTN 300				✓

**Figura 5.9: Entrada circular**

5.2.3. Tubos intermedios

Consideraciones:

- ✓ Uniones bridadas empleando la misma configuración de tornillos del soporte del motorreductor.
- ✓ Acondicionados para suspender los cojinetes intermedios y/o finales.
- ✓ Longitudes de 1 m, 2 m y 3 m para estandarización.

La figura 5.10 muestra el tubo exterior con las consideraciones ya mencionadas.

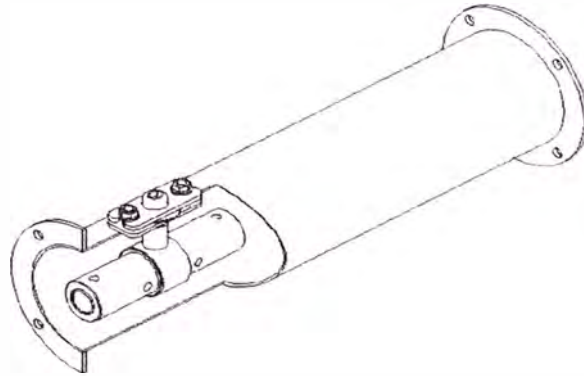


Figura 5.10: Tubo exterior para cojinete intermedio

5.2.4. Salida

5.2.4.1. Salida circular

La salida circular viene a ser la misma que la entrada circular.

5.2.4.2. Salida dosificadora

No es más que el tubo exterior acondicionado para instalar un cojinete final, donde el producto fluye axialmente (ver figura 5.11).

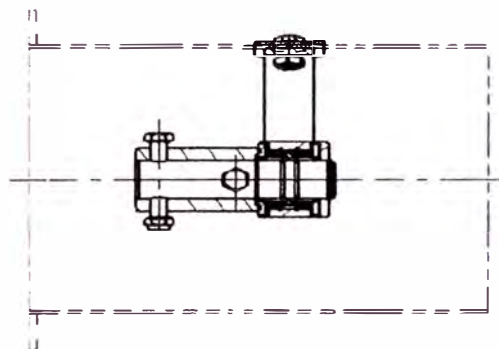


Figura 5.11: Salida dosificadora

5.2.4.3. Salida tipo silla

Consideraciones:

- ✓ El diámetro de la salida tipo silla será la misma que las ya existentes (ver tabla 5.12).
- ✓ Se tendrá dos variantes, una de ellas para montaje en situ que se conectara mediante una conexión flexible (ver figura 5.13) y la otra se conectara mediante bridas.
- ✓ La unión entre la salida tipo silla y el soporte final se hará en base a tornillos y/o pernos soldables similar al de la entrada, ya que se prevé la conexión del motorreductor tanto en la entrada como en la salida.
- ✓ Se debe proveer una tapa con un sensor de fin de carrera, en caso el producto no fluya más y genere roturas por atascamientos (ver figura 5.12)
- ✓ Mejoramiento de la sanitación eliminando espacios muertos.

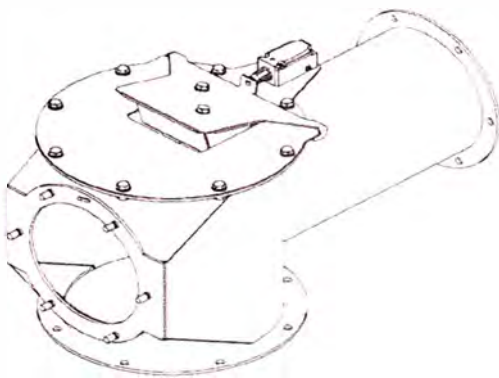


Figura 5.12: Salida tipo silla

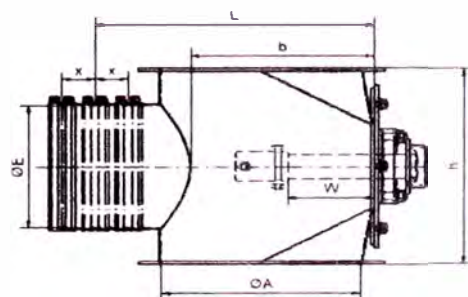


Figura 5.13: Salida tipo silla para instalación en situ

Tabla 5.12: Diámetros de la salida tipo silla

Tamaño	Ø A
TTSFTN 125	200
TTSFTN 200	300
TTSFTN 300	400

5.2.5. Diseño del tornillo sin fin

Consideraciones:

- ✓ En el caso de transporte solo se empleara el paso 1,0 D.
- ✓ En el caso de dosificación se requiere un tornillo sin fin progresivo que esta dado según la figura 5.14. Esta figura muestra los pasos 0,3D, 0,5D, 0,7D y 1,0D y sus respectivas longitudes, para que el producto sea descargado uniformemente a lo largo de la entrada.
- ✓ La longitud L se da geoméricamente por el diámetro de la entrada ØA, el ángulo de 55° y la igualdad de áreas vista en el capítulo 5.2.2.1.
- ✓ Las ecuaciones 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4 muestran la relación entre L, el diámetro y el número de vueltas de la hélice.
- ✓ La unión entre el tomillo sin fin y los ejes de transmisión se hará en base a pernos.
- ✓ En el caso de una salida circular o tipo silla, la longitud de la hélice será como un mínimo la longitud del tornillo menos el diámetro de la salida.
- ✓ En el caso la longitud del tomillo sea mayor a 3 m y menor a la longitud máxima sin cojinete intermedio (ver tabla 5.4) se empleara un eje intermedio.

- ✓ La dosificación se da tanto en la entrada dosificadora como en la entrada tipo artesa y los pasos y longitudes serán similar a lo expuesto (ver figura 5.14).
- ✓ La longitud L_5 será como mínimo una vuelta y dará como consecuencia la longitud mínima del transportador.

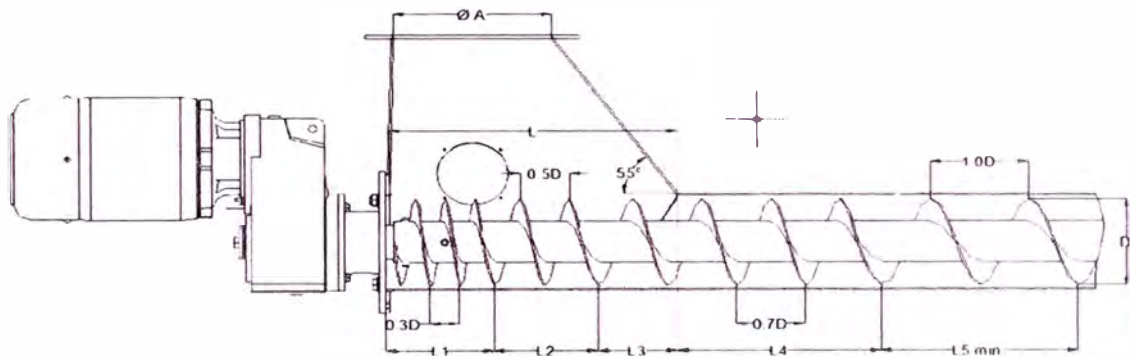


Figura 5.14: Dimensiones del tornillo sin fin progresivo

$$L_3 = 1,5 \cdot 0,7 \cdot D \quad \text{Ec. 5.1}$$

$$L_1 = L_2 = \left(\frac{L - L_3}{2} \right) \quad \text{Ec. 5.2}$$

$$L_4 = 5 \cdot 0,7 \cdot D \quad \text{Ec. 5.3}$$

$$L_{5 \text{ min.}} = 1,0D \quad \text{Ec. 5.4}$$

5.2.6. Cojinetes intermedios y finales

Consideraciones:

- ✓ Se requiere un cojinete que sea hermético para evitar la salida de la grasa del rodamiento y contamine al producto transportado.
- ✓ Dos variantes, una regulable y otra fija.
- ✓ El diámetro del núcleo debe ser igual al del tubo interior del tornillo, y la sujeción debe tener la menor área de resistencia al producto.
- ✓ La unión con el tornillo sin fin se realizara mediante pernos.

La figura 5.15 y 5.16 muestra el diseño optimizado de los cojinetes intermedios mientras que la figura 5.17 y 5.18 el del cojinete final.

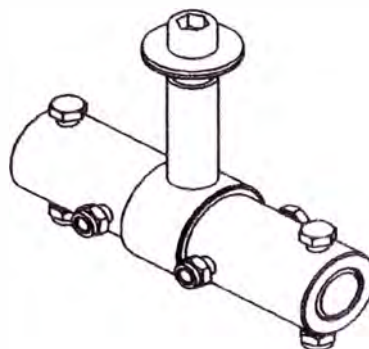
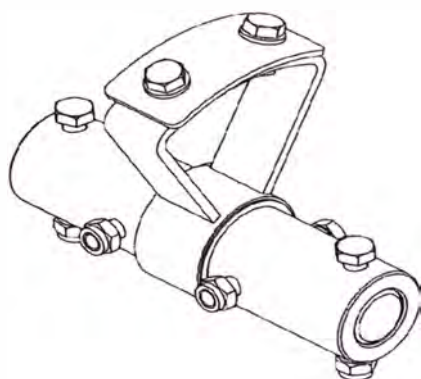


Figura 5.15: Cojinete intermedio fijo Figura 5.16: Cojinete intermedio regulable

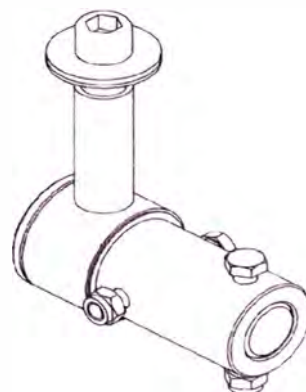
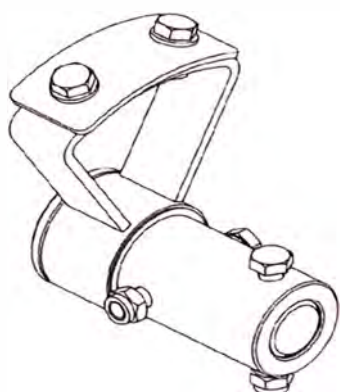


Figura 5.17: Cojinete final fijo

Figura 5.18: Cojinete final regulable

5.2.7. Soporte final

Consideraciones:

- ✓ Se empleará chumaceras de pared con un rodamiento rígido de bolas.
- ✓ La unión entre el soporte final y la carcasa debe tener la misma configuración que la del soporte del motorreductor.
- ✓ En la interface eje final y carcasa se construirá una cavidad para alojar una junta que impida la fuga de producto (ver figura 5.4).
- ✓ Se empleará una chapa entre la junta y la chumacera de pared que contara con una apertura para fugas, en caso falle la junta o la chumacera.
- ✓ Una variante con un eje final variable para la salida tipo silla de montaje en situ.
- ✓ Para la unión del eje final con el tornillo sin fin se empleara pernos.

La figura 5.19 y 5.20 muestra los soportes finales.

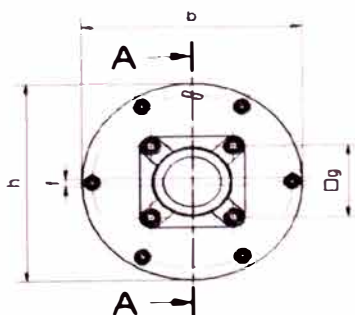


Figura 5.19: Soporte final

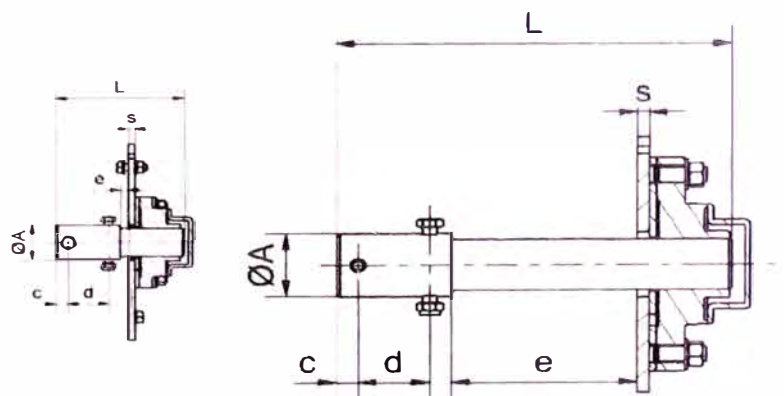


Figura 5.20: Soporte final variable

5.3. Selección y cálculo de componentes

5.3.1. Cálculo de las uniones atornilladas

La unión atornillada crítica se da entre la carcasa (entrada y/o salida) y el soporte del motorreductor. El diagrama de cuerpo libre se muestra en la figura 5.21 donde P_m es la fuerza ejercida por el peso del motorreductor, T_m el torque generado por el motorreductor y F_a la fuerza axial ejercida por el producto hacia el tornillo sin fin.

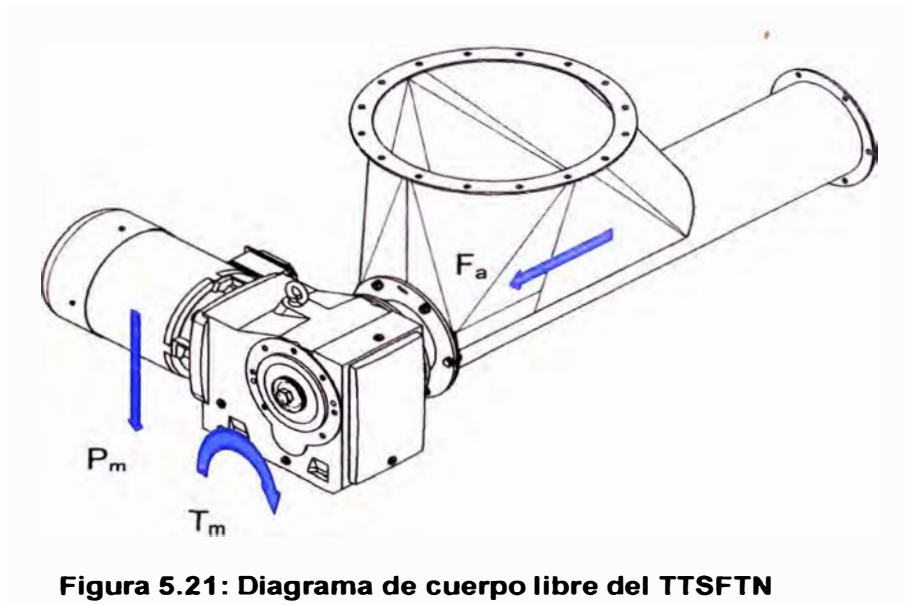


Figura 5.21: Diagrama de cuerpo libre del TTSFTN

Para el cálculo se tomará como centro de gravedad el centro geométrico del motor eléctrico de los motorreductores de engranajes cónicos Nord (ver figura 5.22), ya que son más pesados que los SEW. En la tabla 5.13 se dan las potencias, pesos y ubicaciones del centro de gravedad considerando un ancho de 100 mm para el soporte.

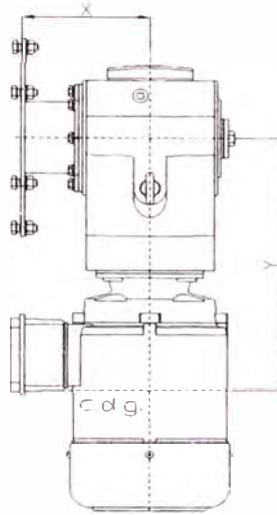


Figura 5.22: Centro de gravedad

Tabla 5.13: Valores y datos de los motorreductores

Tamaño	Motorreductor de engranajes cónicos Nord				
	Peso	Potencia	RPM	X	Y
	Kg	kW	1/min	mm	mm
TTSFTN 080	45	1.5	30	170	320
TTSFTN125	88	4	30	200	380
TTSFTN 200	262	11	30	245	550
TTSFTN 300	472	22	30	270	650

La figura 5.23 muestra las fuerzas de corte producida por T_m más la acción del momento del peso de los motorreductores en el plano $x - y$.

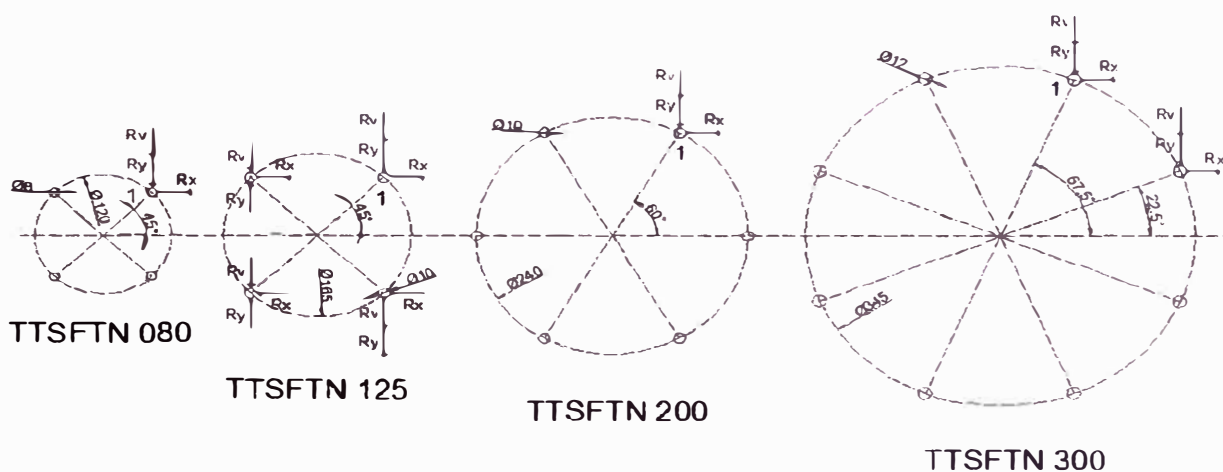


Figura 5.23: Análisis de fuerzas cortantes

La tabla 5.14 muestra el cálculo de la fuerza axial F_a utilizando las potencias y numero de revoluciones de la tabla 5.6.

La tabla 5.15 y 5.16 muestra el cálculo de la fuerza tracción y de corte del tornillo 1 mostrado en la figura 5.23 a partir de la tabla 5.14.

La tabla 5.17 muestra los criterios de aceptación de la EC3 con $\alpha_v = 0,6$ y $K_2 = 0,9$.

Tabla 5.14: Cálculo de F_a

Tamaño	μ	$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{1}{\pi}\right)$	$\rho_d = \tan^{-1} \mu$	$F_a = \frac{P_{motor}}{0.4 \cdot d_h \cdot \frac{\pi \cdot n_{motor}}{30} \cdot \tan(\alpha + \rho_d)}$
	para harina	grados	grados	N
TTSFTN 080	0,55	17,7°	28,8°	1214,5
TTSFTN125	0,55	17,7°	28,8°	2072,7
TTSFTN 200	0,55	17,7°	28,8°	3733,1
TTSFTN 300	0,55	17,7°	28,8°	7455,0

Tabla 5.15: Cálculo de la fuerza de tracción

Tamaño	$T_{motor} = \frac{P_{motor} \cdot 30}{\pi \cdot n_{motor}}$	$M_{peso} = P_{motor} \cdot Y$	$\sum x^2$	$\sum y^2$	y	x	$M_{peso\ traccion} = P_{motor} \cdot X$	$F_m = \frac{M_{peso\ traccion} \cdot y}{\sum y^2}$
	N.m	N.m	m ²	m ²	m	m	N.m	N
TTSFTN 080	477,5	141,3	0,0072	0,0072	0,0424	0,0424	75,0	442,3
TTSFTN 125	1273,2	328,0	0,0136	0,0136	0,0583	0,0583	172,7	739,9
TTSFTN 200	3501,4	1413,6	0,0432	0,0432	0,1039	0,0600	629,7	1514,8
TTSFTN 300	7002,8	3009,7	0,1190	0,1190	0,1594	0,0660	1250,2	1674,6

Tabla 5.16: Cálculo de la fuerza de corte

Tamaño	$R_y = \frac{(T_{motor} + M_{peso\ motor}) \cdot x}{\sum x^2 + \sum y^2}$	$R_x = \frac{(T_{motor} + M_{peso\ motor}) \cdot y}{\sum x^2 + \sum y^2}$	$R_v = \frac{P_{motor}}{n^\circ\ pernos}$	$R = \sqrt{(R_y + R_v)^2 + R_x^2}$
	N	N	N	N
TTSFTN 080	1823,1	1823,1	110,4	2657,4
TTSFTN 125	3431,2	3431,2	215,8	5007,3
TTSFTN 200	3413,2	5911,9	428,4	7050,4
TTSFTN 300	2776,6	6705,9	578,8	7498,5

Tabla 5.17: Criterios de aceptación EC3 para corte, tracción y ambos combinados

Tamaño	$d_{tornillo}$	A_s	f_{ub} grado 5.6	γ_{M2}	$F_{v,Ed} = R$	$F_{t,Ed} = F_a + F_m$	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$	$F_{t,Rd} = \frac{K_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1$
	mm	mm ²	N/mm ²		N	N	N	N	
TTSFTN 080	8	33,31	500	1,25	2657,4	1656,8	7994,4	11991,6	0,431<1
TTSFTN 125	10	57,99	500	1,25	5007,3	2812,6	13917,6	20876,4	0,456<1
TTSFTN 200	10	57,99	500	1,25	7050,4	5247,9	13917,6	20876,4	0,686<1
TTSFTN 300	12	84,27	500	1,25	7498,5	9129,6	20224,8	30337,2	0,585<1

5.3.2. Selección de rodamientos para los cojinetes y soportes finales

Consideraciones:

- ✓ Se tomará las fuerzas axiales calculadas en el capítulo 5.3.1 (ver tabla 5.14) y la carga radial será el peso del tornillo y producto distribuidos de acuerdo al número de cojinetes intermedios.
- ✓ Se utilizará dos cojinetes intermedios para el TTSFTN 125, TTSFTN 200 y TTSFTN 300 para una longitud de 12 000 mm.

La tabla 5.18 contiene los rodamientos seleccionado en base a las limitaciones geométricas del transportador.

La tabla 5.19 muestra las fuerzas y factores (ver Anexo A-4) para el cálculo de la vida útil del rodamiento (ver tabla 5.20).

Los números en rojo muestran las horas de la vida útil, siendo la recomendada de 20 000 horas. Para superar este tiempo se utilizara dos rodamientos iguales en cada cojinete alargando la vida útil (ver tabla 5.21).

Tabla 5.18: Selección de rodamientos

Tamaño	RPM máx.	Cojinete intermedio					Cojinete final			
		D	d	Tipo	C dinámica	C estático	d	Tipo	C dinámica	C estática
		mm	mm	rodamiento de bolas	N	N	mm	Chumacera de pared	N	N
TTSFTN 080	350	-	-	-	-	-	25	UCF 205	14000	7880
TTSFTN 125	350	47	30	61906-2RZ	7280	4550	40	UCF 208	29600	18200
TTSFTN200	334	47	30	61906-2RZ	7280	4550	40	UCF 208	29600	18200
TTSFTN 300	223	85	60	61912-2RZ	16500	14300	60	UCF 212	52500	32800

Tabla 5.19: Cálculo de factores para el cálculo de la vida útil del rodamiento

Tamaño	Longitud mm	Fa N	Fr N	Cojinete intermedio	Soporte final	e=Fa/Fr
				Fa/C estático	Fa/C estático	
				TTSFTN 080	3000	
TTSFTN 125	12000	518,2	263,0	0,114	0,028	2,0
TTSFTN 200	12000	933,3	737,1	0,205	0,051	1,3
TTSFTN 300	12000	1863,8	1591,5	0,130	0,057	1,2

Tabla 5.20: Cálculo de la vida útil del rodamiento

Tamaño	Cojinete intermedio					Cojinete final				
	X	Y	F	L	T=L/60*n	X	Y	F	L	T=L/60*n
				10^6 revoluciones	horas				10^6 revoluciones	horas
TTSFTN 080	-	-	-	-		0,56	1,6	1006,9	2688,3	128015
TTSFTN 125	0,56	1,4	872,7	580,4	27639	0,56	2	1183,6	15639,1	744719
TTSFTN 200	0,56	1,3	1626,0	89,7	4478	0,56	1,8	2092,7	2829,9	141211
TTSFTN 300	0,56	1,4	3500,5	104,7	7827	0,56	1,8	4246,0	1890,3	141282

Tabla 5.21: Vida útil con dos rodamientos en cada cojinete

Tamaño	Cojinete intermedio				
	X	Y	F	L	$T=L/60*n$
			N	10 ⁶ revoluciones	horas
TTSFTN 080	-	-	-	-	-
TTSFTN 125	0,56	1,7	589,1	1887	89875
TTSFTN 200	0,56	1,5	993,7	393	19621
TTSFTN 300	0,56	1,6	2080,8	499	37263

5.4. Costos del producto y plan de ejecución del proyecto

5.4.1. Cronograma del proyecto

Consideraciones:

- ✓ El cronograma del proyecto (ver figura 5.24) muestra los tiempos del proceso Diseño y Desarrollo.
- ✓ Antes de empezar la creación de planos se crearan plantillas (ver Anexo B) para un mejor control.
- ✓ Debido a la limitación de tiempo de 8 meses y del presupuesto por la gerencia, se decidió que gran parte de la creación y almacenamiento de planos en la base de datos se ejecute desde la India.
- ✓ Todas las tareas a excepción de la creación de planos se realizaran en Europa
- ✓ La tabla 5.22 y 5.23 muestra los tiempos para la creación de dibujos tanto en acero normal como en acero inoxidable (ver Anexo C para el listado de componentes).

Tabla 5.22: Creación de planos en acero normal

Componentes	Número de grupos	Horas por grupos	Horas totales por grupo	Lugar de ejecución
Soporte de motor	73	4	292	Europa
Carcasa L<=3000	154	4	616	India
Tubo de entrada	31	3	93	India
Tubo intermedio	18	2	36	India
tubo de salida	42	3	126	India
Tornillo sin fin progresivo	53	3	159	India
Tornillo sin fin paso 1.0D	10	2	20	India
Cojinete intermedio	6	8	48	Europa
Eje de unión	2	2	4	Europa
Cojinete final	6	6	36	Europa
Soporte final	7	4	28	Europa
Elementos de fijación y suspensión	4	5	20	Europa
Estrella desaglomeradora	3	3	9	Europa
Tubo de conexión para anillo de ajuste	12	3	36	Europa
Tubo de conexión tipo manga	6	2	12	Europa
Válvula de salida	3	16	48	Europa
	Total 430		Total 1583	

La tabla 5.23: Creación de planos en acero inoxidable

Componentes	Número de grupos	Horas por grupos	Horas totales por grupo	Lugar de ejecución
Soporte de motor	73	3	219	India
Carcasa L<=3000	154	3	462	India
Tubo de entrada	31	3	93	India
Tubo intermedio	18	2	36	India
tubo de salida	42	3	126	India
Tornillo sin fin progresivo	53	3	159	India
Tornillo sin fin paso 1.0D	10	2	20	India
Cojinete intermedio	6	3	18	India
Eje de unión	2	1	2	India
Cojinete final	6	3	18	India
Soporte final	7	3	21	India
Elementos de fijación y suspensión	4	3	12	India
Estrella desaglomeradora	3	3	9	India
Tubo de conexión para anillo de ajuste	12	2	24	India
Tubo de conexión tipo manga	6	2	12	India
Válvula de salida	3	4	12	India
	Total 430		Total 1243	

Cronograma del Rediseño de Transportadores de Tornillo sin fin tubulares para la Industria alimentaria con una Capacidad de 200m³/h

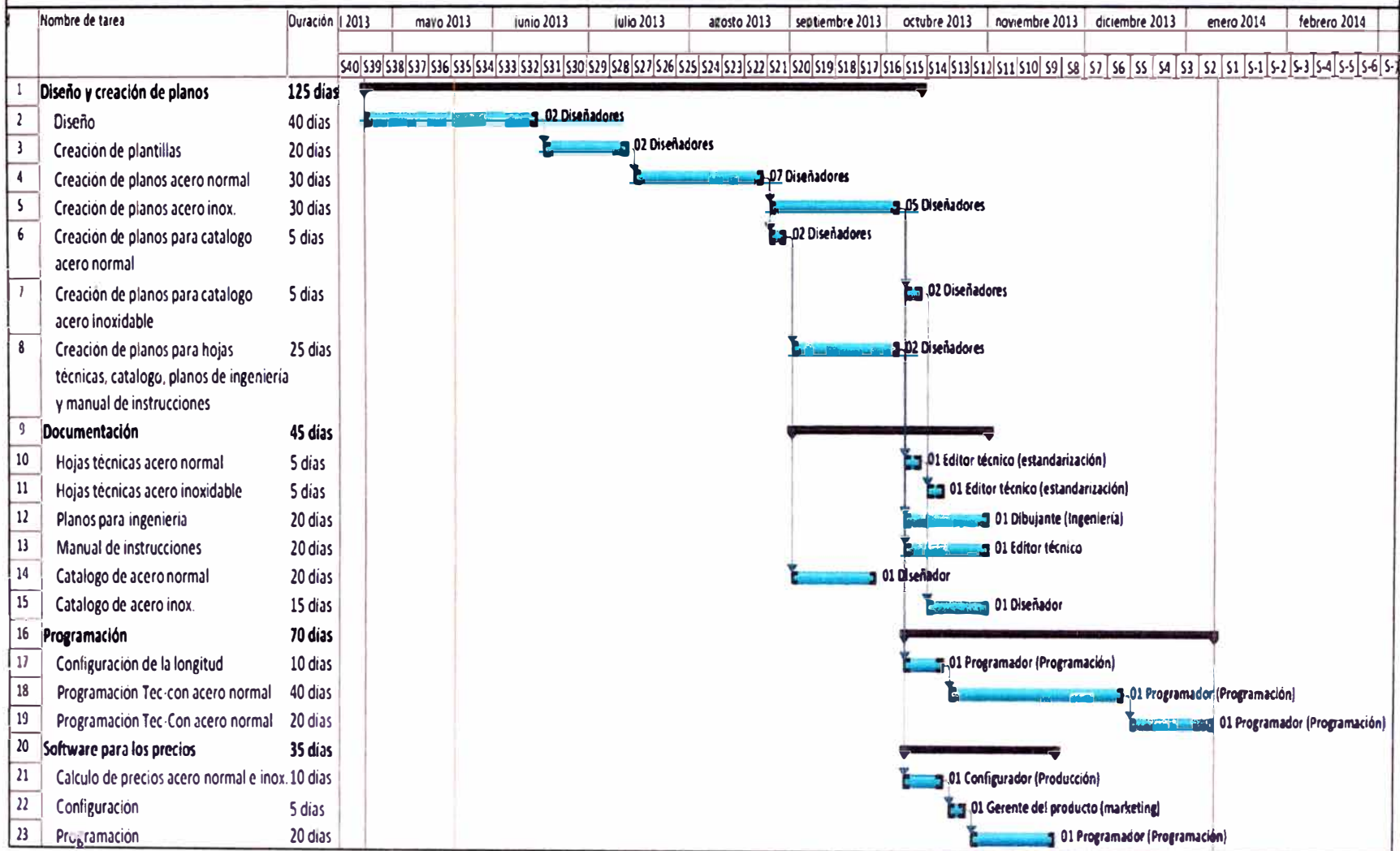


Figura 5.24: Cronograma del proyecto

5.4.2. Estimación del presupuesto del proyecto

A partir del cronograma (ver figura 5.23) se procederá a estimar el presupuesto del proyecto.

Tabla 5.24: Estimación del presupuesto del proyecto

Nombre de actividades	Duración	n° de recursos	Precio/h	Precio total	Total
	días	personas	Euros	Euros	Euros
Jefe de Proyecto	160	1	100	128000	128000
Diseño y creación de planos					
Diseño	40	2	90	57600	252000
Creación de plantillas	20	2	90	28800	
Creación de dibujos acero normal en India	30	5	30	36000	
Creación de dibujos acero normal en Suiza	30	2	90	43200	
Creación de dibujos acero inoxidable	30	5	30	36000	
Creación de dibujos para catalogo acero normal	5	2	90	7200	
Creación de dibujos para catalogo acero inoxidable	5	2	90	7200	
Creación de dibujos para hojas técnicas, catalogo, planos de ingeniería y manual de instrucciones	25	2	90	36000	
Documentación					
Hojas técnicas acero normal	5	1	70	2800	53600
Hojas técnicas acero inoxidable	5	1	70	2800	
Planos para ingeniería	20	1	70	11200	
Manual de instrucciones	20	1	90	14400	
Catálogo de acero normal	20	1	80	12800	
Catálogo de acero inoxidable	15	1	80	9600	
Software para configuración del producto					
Configuración de la longitud	10	1	100	8000	56000
Programación Tec-con acero normal	40	1	100	32000	
Programación Tec-Con acero normal	20	1	100	16000	
Software para configurar precios					
Calculo de precios acero normal e inoxidable	10	1	80	6400	27200
Configuración	5	1	120	4800	
Programación	20	1	100	16000	
					516800

5.4.3. Análisis de costos de fabricación del producto por tamaños

Consideraciones:

- ✓ Los precios de los motorreductores no varían por tener las mismas características de potencia y RPM.
- ✓ El precio del soporte del motorreductor varia muy notoriamente ya que solo se trata de un componente bridado con un eje y una junta (sin acoplamiento)
- ✓ Mediante la optimización de las carcasas se ha reducido los costos de fabricación (menos cordones de soldadura, sin anillos de fijación y para $L < 3\ 000$ mm sin conexiones bridadas).
- ✓ Para las longitudes más vendidas (ver tabla 5-2) se reemplazará el cojinete intermedio mediante un eje de unión.
- ✓ El costo del tornillo sin fin no varía significativamente ya que el costo del tubo interior se compensa con el de la hélice al sustituir una hélice TTSFT más grande con una TTSFTN más pequeña.
- ✓ Se tomará en consideración la reducción de costos por un más fácil montaje.

Tabla 5.25: Reducción de costos TTSFT 100 vs TTSFTN 080

Componentes	TTSFT 100 L=2000mm		TTSFTN 080 L=2000mm		Reducción
	Cantidad	Costos en euros	Cantidad	Costos en euros	%
Motorreductor 1.1kW	1	378	1	378	15%
Soporte del motorreductor	1	110	1	50	
Tornillo sin fin L= 2300	1	125	1	125	
Soporte final	1	65	1	30	
Entrada de alta eficiencia	1	250	1	392	
Tubo intermedio L=1455	1	80	1		
Salida circular	1	118	1		
Anillos de fijación	2	25	0		
		Total 1151		Total 975	

Tabla 5.26: Reducción de costos TTSFT 160 vs TTSFTN 125

Componentes	TTSFT 160 L=2000mm		TTSFTN 125 L=2000mm		Reducción	
	Cantidad	Costos en euros	Cantidad	Costos en euros	%	
Motorreductor 1.5kW	1	355	1	355	18.6%	
Soporte del motorreductor	1	148	1	58		
Tornillo sin fin L= 2300	1	175	1	175		
Soporte final	1	82	1	43		
Entrada de alta eficiencia	1	278	1	429		
Tubo intermedio L=1455	1	109	1			
Salida circular	1	129	1			
Anillos de fijación	2	26	0			
		Total 1302		Total 1060		

Tabla 5.27: Reducción de costos TTSFT 160 vs TTSFTN 125

Componentes	TTSFT 160 L=3500mm		TTSFTN 125 L=3500mm		Reducción
	Cantidad	Costos en euros	Cantidad	Costos en euros	%
Motorreductor 1.5kW	1	355	1	355	24.5%
Soporte del motorreductor	1	148	1	58	
Tornillo sin fin L= 2090	1	175	1	175	
Tornillo sin fin L= 1500	1	153	1	153	
Cojinete intermedio	1	149	0	10	
Soporte final	1	82	1	43	
Entrada de alta eficiencia	1	278	1	495	
Tubo intermedio L=1630	1	109	1		
Tubo intermedio L=1500	1	103	1		
Salida circular	1	129	1		
Anillos de fijación	2	26	0		
		Total 1707		Total 1289	

Tabla 5.28: Reducción de costos TTSFT 200 vs TTSFTN 200

Componentes	TTSFT 200 L=2000mm		TTSFTN 200 L=2000mm		Reducción
	Cantidad	Costos en euros	Cantidad	Costos en euros	%
Motorreductor 1.5kW	1	355	1	355	20.4%
Soporte del motorreductor	1	175	1	78	
Tornillo sin fin L= 2140	1	185	1	185	
Soporte final	1	90	1	56	
Entrada de alta eficiencia	1	290	1	451	
Tubo intermedio L=1455	1	118	1		
Salida circular	1	169	1		
Anillos de fijación	2	31	0		
		Total 1413		Total 1125	

Tabla 5-29: Reducción de costos TTSFT 250 vs TTSFTN 200

Componentes	TTSFT 250 L=2000mm		TTSFTN 200 L=2000mm		Reducción
	Cantidad	Costos en euros	Cantidad	Costos en euros	%
Motorreductor 1.5kW	1	424	1	424	19.8%
Soporte del motorreductor	1	182	1	78	
Tornillo sin fin L= 2140	1	220	1	220	
Soporte final	1	100	1	56	
Entrada de alta eficiencia	1	310	1	491	
Tubo intermedio L=1455	1	131	1		
Salida circular	1	181	1		
Anillos de fijación	2	34	0		
		Total 1581		Total 1269	

Tabla 5.30: Reducción de costos TTSFT 250 vs TTSFTN 200

Componentes	TTSFT 250 L=3500mm		TTSFTN 200 L=3500mm		Reducción
	Cantidad	Costos en euros	Cantidad	Costos en euros	%
Motorreductor 2.2kW	1	428	1	428	25.4%
Soporte del motorreductor	1	182	1	85	
Tornillo sin fin L= 2150	1	220	1	220	
Tornillo sin fin L= 1500	1	174	1	174	
Cojinete intermedio	1	179	0	13	
Soporte final	1	101	1	56	
Entrada de alta eficiencia	1	310	1	567	
Tubo intermedio L=1475	1	131	1		
Tubo intermedio L=1500	1	127	1		
Salida circular	1	181	1		
Anillos de fijación	2	34	0		
		Total 2067		Total 1543	

CONCLUSIONES

Después de haber culminado el desarrollo del trabajo se llega a las siguientes conclusiones:

1. Con el rediseño realizado se ha logrado la reducción de costos de fabricación (ver capítulo 5.4.3.), en algunos casos la reducción de costos supera el 20% y en otros casos menos. En general, se ha alcanzado los objetivos planteados en el estudio.
2. La mayor reducción de costos se alcanzó en los tamaños TTSFTN 200 y 300.
3. Se pudo reducir una gran parte los espacios muertos, tanto en la entrada como en la salida, mejorando la sanitación.
4. Se mejoró la hermeticidad del equipo mediante el uso de juntas, rodamientos y chumaceras selladas.
5. Se cumple con el plan de ejecución del proyecto previsto por la gerencia tanto en tiempo (8 meses) así como en presupuesto (6 00'000 euros).

RECOMENDACIONES

Para garantizar el éxito del proyecto se hace mención a las siguientes recomendaciones:

1. Debido al aumento de la velocidad de transporte y/o velocidad angular se recomienda monitorear el desgaste en los tubos para productos abrasivos.
2. Determinar la velocidad angular máxima para aquellos productos que generen una atmosfera de polvo explosiva como la tapioca.
3. Se recomienda la fabricación de prototipos para dar un seguimiento exhaustivo al comportamiento del soporte sin acoplamiento flexible, la junta y cojinetes.
4. Ya que el transportador TTSFTN 080 será empleado en el llenado de sacos, se debe someter a una prueba start / stop por un tiempo prolongado.
5. No soldar ningún componente y/o estructura de apoyo a la carcasa, ya que el eje de potencia podría acumular esfuerzos debido a la desalineación provocada por la soldadura.
6. Después de pasar las pruebas de aceptación de los prototipos se debe fabricar series de prueba para optimizar todos los procesos involucrados en la venta de estos transportadores.

REFERENCIAS

[1] **Alva Dávila, Fortunato** "Diseño de elementos de máquinas", edición 2004.

[2] **Julio Ernesto Ospina Machado** "Características físico mecánicas y análisis de calidad de granos", edición 2005.

[3] **Nord** "Catálogo de motorreductores interactivo de internet".

[4] **SEW** "Catálogo de motorreductores interactivo de internet".

[5] **SKF** "Catálogo de rodamientos y retenes interactivo de internet".

[6] **UNE 58-207-89** "Transportadores de tornillo sin fin", aprobado 1989.

[7] **UNE 58-244-88** "Aparatos de manutención continua para productos a granel. Transportadores de tornillo sin fin. Reglas para el diseño de los accionamientos", aprobado 1989.

ANEXOS

ANEXOS A:

**Cuadros y propiedades de
componentes y productos**

Producto a granel		Densidad		Coeficiente de fricción	Factor de arrastre			Clase
		(t/m ³)	Norma		λ			
				μw	1,0d	0,7d	0,5d	
Trigo	grano duro (durum)	0,75-0,85	0,78	0,28	1,92	1,82	1,76	C
	grano duro, acondicionado, estancado	0,72-0,78	0,75	0,45	3,09	2,92	2,82	C
	grano suave (aestivum)	0,70-0,82	0,75	0,30	2,06	1,95	1,88	C
	grano suave, acondicionado, estancado	0,68-0,75	0,70	0,45	3,09	2,92	2,82	C
	Acondicionado con 5% de humedad	0,64-0,75	0,70	0,75	5,15	4,87	4,70	C
	Harina biscuit, recién molido	0,30-0,45	0,35	0,36	2,47	2,34	2,26	A
	Sémola fina	0,61-0,76	0,69	0,61	4,19	3,96	3,83	B
	Sémola	0,67-0,72	0,70	0,55	3,77	3,57	3,45	B
	Germen (tiene aceite)	0,37-0,47	0,42	0,55	3,77	3,57	3,45	B
	Salvado	0,18-0,38	0,30	0,48	3,29	3,11	3,01	B
	Pellets de salvado	0,55-0,66	0,60	0,50	3,43	3,24	3,14	C
	Harina blanca recién molida	0,35-0,45	0,40	0,60	4,12	3,89	3,76	A
	Harina alto contenido de cenizas recién molida	0,30-0,45	0,35	0,58	3,98	3,76	3,64	A
	Harina tipo 500 después del silo de harina	0,44-0,63	0,55	0,55	3,77	3,57	3,45	A
	Harina fina recién molida	0,40-0,50	0,45	0,38	2,61	2,46	2,38	A
	Harina de baja calidad	0,32-0,45	0,39	0,60	4,12	3,89	3,76	A
	Productos residual de la molienda (limpieza)	0,20-0,35	0,25	0,48	3,29	3,11	3,01	B/C
	Productos residual de la molienda (pre limpieza)	0,15-0,20	0,18	0,48	3,29	3,11	3,01	B/C
	grano partido	0,22-0,28	0,25	0,54	3,71	3,50	3,39	B
	Maiz	Granos	0,70-0,82	0,75	0,41	2,81	2,66	2,57
Casquijo o graba		0,67-0,77	0,72	0,51	3,50	3,31	3,20	B
Germen		0,39-0,59	0,42	0,55	3,77	3,57	3,45	B
Harina		0,53-0,88	0,55	0,45	3,29	3,11	3,01	B
Salvado		0,34-0,51	0,43	0,42	2,88	2,72	2,63	B
Centeno	Granos	0,66-0,76	0,70	0,30	2,06	1,95	1,88	C
	Harina	0,400,70	0,45	0,63	4,32	4,09	3,95	A
	Granos partidos	0,50-0,69	0,56	0,45	3,09	2,92	2,82	A
	Harina de baja calidad	0,30-0,36	0,33	0,53	3,64	3,44	3,32	A
Avena	Granos con cascara	0,40-0,65	0,55	0,40	2,74	2,59	2,51	C
	Copos de avena	0,45-0,55	0,50	0,30	2,06	1,95	1,88	C
	Harina	0,40-0,68	0,50	0,48	3,29	3,11	3,01	A
	Cascara recién molida	0,40-0,50	0,48	0,34	2,33	2,21	2,13	B
	Cascara	0,15-0,20	0,18	0,34	2,33	2,21	2,13	C
	Harina de baja calidad	0,22-0,40	0,31	0,54	3,71	3,50	3,39	A

Producto a granel	Densidad	Densidad		Coeficiente de fricción μ_w	Factor de arrastre λ			Clase
		(t/m ³)	Norma		1,0d	0,7d	0,5d	
Trigo sarraceno	Granos	0,55-0,68	0,60	0,50	3,43	3,24	3,14	C
	Harina	0,40-0,60	0,50	0,40	2,74	2,59	2,55	A
Cebada	Granos	0,55-0,65	0,60	0,60	2,47	2,34	2,26	C
	Harina	0,39-0,65	0,52	0,41	2,81	2,66	2,57	A
	Harina de baja calidad	0,41-0,62	0,52	0,47	3,23	3,05	2,95	A
	Salvado	0,31-0,50	0,41	0,42	2,88	2,72	2,63	B
Espelta	Granos con cascara	0,40-0,45	0,43	0,40	2,74	2,59	2,51	C
	Semilla o núcleo endospermo	0,72-0,82	0,75	0,30	2,06	1,95	1,88	C
Soja	Frejoles	0,55-0,68	0,62	0,42	2,88	2,72	2,63	C
	Cascara	0,35-0,71	0,53	0,62	4,75	4,02	3,89	B
	Copos de Soja	0,31-0,36	0,33	0,53	3,64	3,44	3,32	C
	granos partidos	0,47-0,73	0,60	0,51	3,50	3,31	3,20	B
	Harina	0,23-0,44	0,34	0,60	4,12	3,89	3,76	A
Pienso	Harina	0,36-0,64	0,50	0,52	3,57	3,37	3,26	A
	Pellets	0,64-0,75	0,65	0,35	2,40	2,27	2,20	C
	Migajas (pellets rotos)	0,64-0,75	0,67	0,35	2,40	2,27	2,20	C
Arroz	recién cosechado	0,55-0,65	0,60	0,45	3,09	2,92	2,82	C
	Integral	0,70-0,80	0,75	0,45	3,09	2,92	2,82	C
	Blanco	0,75-0,85	0,80	0,45	3,09	2,92	2,82	C
	Pulido	0,34-0,52	0,43	0,61	4,19	3,96	3,83	A
	Cascara	0,10-0,15	0,12	0,45	3,09	2,92	2,82	B
	Casquijo	0,62-0,85	0,73	0,50	3,43	3,24	3,14	B
	Harina	0,45-0,66	0,56	0,71	4,87	4,61	4,45	A
Malta	Grano	0,50-0,55	0,52	0,45	3,09	2,92	2,82	C
	casquijo, acondicionado	0,45-0,48	0,47	0,34	2,33	2,21	2,13	B
	casquijo, no acondicionado	0,30-0,33	0,31	0,45	3,09	2,92	2,82	B
Azúcar	Cristalina	0,85-0,92	0,88	0,52	3,57	3,37	3,26	B
	en polvo	0,49-0,80	0,65	0,49	3,36	3,18	3,07	A
	Sorbitol	0,74-0,92	0,83	0,51	3,50	3,31	3,20	B
Tapioca	Harina	0,49-0,66	0,57	0,51	3,50	3,31	3,20	A
	Pellets con contenido de harina <60%	0,59-0,72	0,55	0,48	3,29	3,11	3,01	B/C
	Pellets sin contenido de harina	0,60-0,64	0,62	0,50	3,43	3,24	3,14	C

Anexo A-1: Propiedades físicas de diversos cereales

Clase	Intervalo de tamaños (inclusive) (mm)	Resistencia límite mínima a la tracción S_p (MPa)	Resistencia de fluencia mínima a la tracción S_f (MPa)	Resistencia última mínima a la tracción S_u (MPa)	Características del acero
4.6	M5-M36	225	240	400	Medio o bajo carbono
4.8	M1.6-M16	310	340	420	Medio o bajo carbono
5.8	M5-M24	380	420	520	Medio o bajo carbono
8.8	M16-M36	600	660	830	Medio o bajo carbono. templado y revenido
9.8	M1.6-M16	650	720	900	Medio o bajo carbono. templado y revenido
10.9	M5-M36	830	940	1040	Martensítico de bajo carbono. templado y revenido
12.9	M1.6-M36	970	1100	1220	De aleación. templado y revenido

Anexo A-2: Esfuerzo permisibles para tornillos

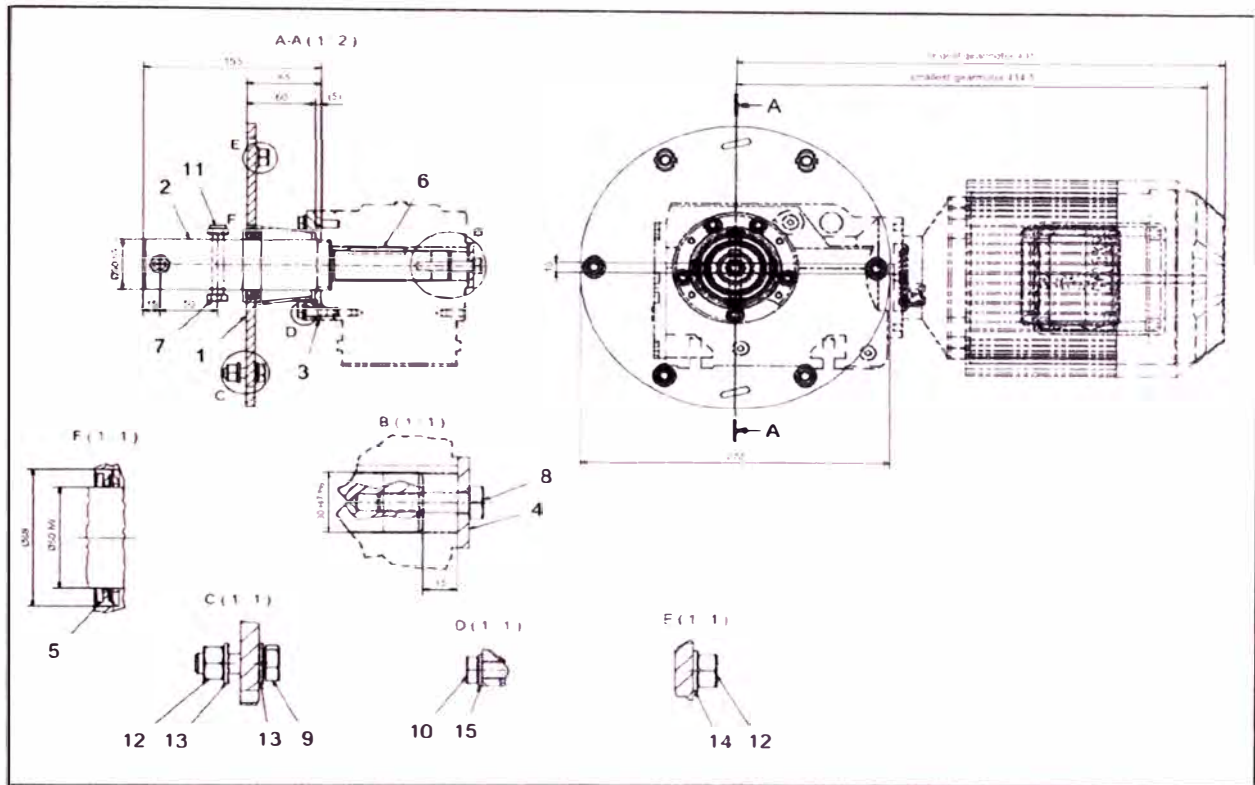
Diámetro mayor (nominal) d (mm)	ROSCA BASTA			ROSCA FINA		
	Paso p (mm)	Diámetro menor d_r (mm)	Área de esfuerzo a tracción A_t (mm ²)	Paso p (mm)	Diámetro menor d_r (mm)	Área de esfuerzo a tracción A_t (mm ²)
3.0	0.50	2.39	5.03			
3.5	0.60	2.76	6.78			
4.0	0.70	3.14	8.78			
5.0	0.80	4.02	14.18			
6.0	1.00	4.77	20.12			
7.0	1.00	5.77	28.86			
8.0	1.25	6.47	36.61	1.00	6.77	39.17
10.0	1.50	8.16	57.99	1.25	8.47	61.20
12.0	1.75	9.85	84.27	1.25	10.47	92.07
14.0	2.00	11.55	115.4	1.50	12.16	124.55
16.0	2.00	13.55	156.7	1.50	14.16	167.25
18.0	2.50	14.93	192.5	1.50	16.16	216.23
20.0	2.50	16.93	244.8	1.50	18.16	271.50
22.0	2.50	18.93	303.4	1.50	20.16	333.50
24.0	3.00	20.32	352.5	2.00	21.55	384.42
27.0	3.00	23.32	459.4	2.00	24.55	495.74
30.0	3.50	25.71	560.6	2.00	27.55	621.20
33.0	3.50	28.71	693.6	2.00	30.55	760.80
36.0	4.00	31.09	816.7	3.00	32.32	864.94
39.0	4.00	34.09	975.8	3.00	35.32	1028.4

Anexo A-3: Área de esfuerzo a tracción de tornillos

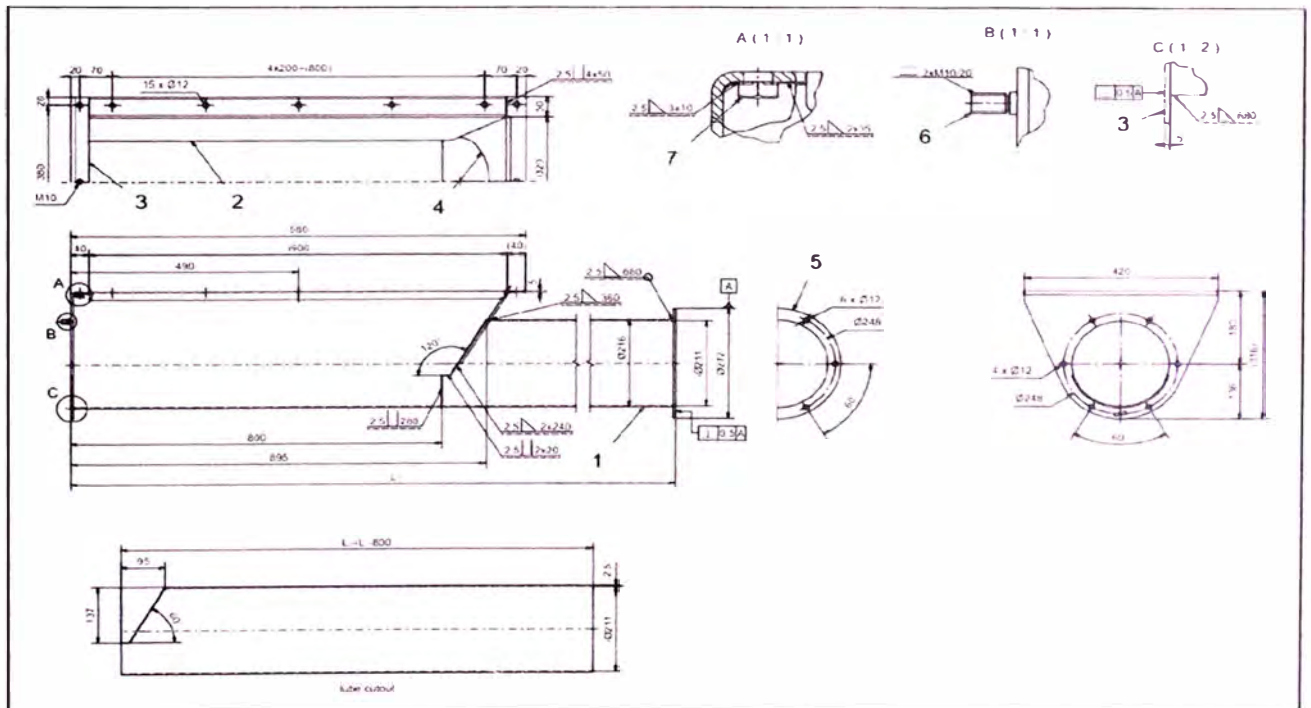
Rodamientos de bolas					
Tipos de rodamientos	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$ $\frac{F_a}{F_r} > e$				e
	X	Y	X	Y	
Rodamientos rígidos de bolas Series EL, R, 160,60, 62, 63, 64, $\frac{F_a}{C_o} = 0'025$ $= 0'04$ $= 0'07$ $= 0'13$ $= 0'25$ $= 0'5$					
				2	0'22
				1'8	0'24
				1'6	0'27
	1	0	0'56	1'4	0'31
				1'2	0'37
				1	0'44

Anexo A-4: cálculo de X e Y para rodamientos de bolas.

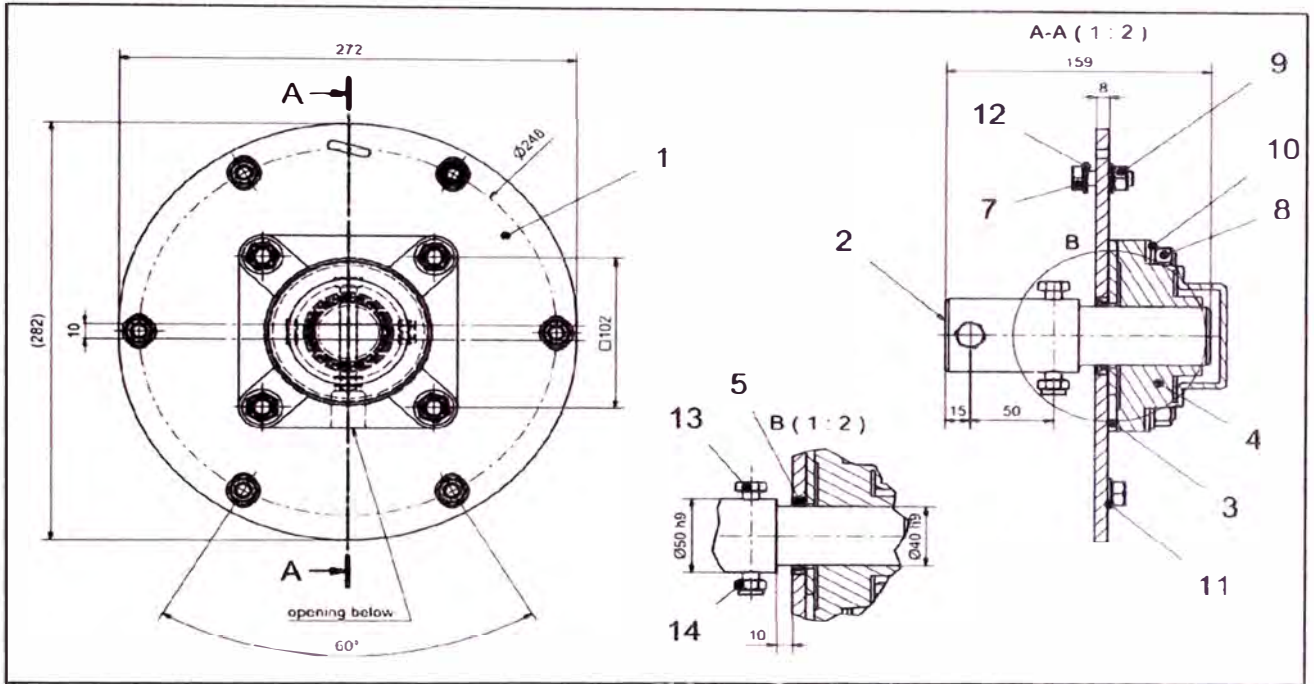
ANEXO B:
Planos



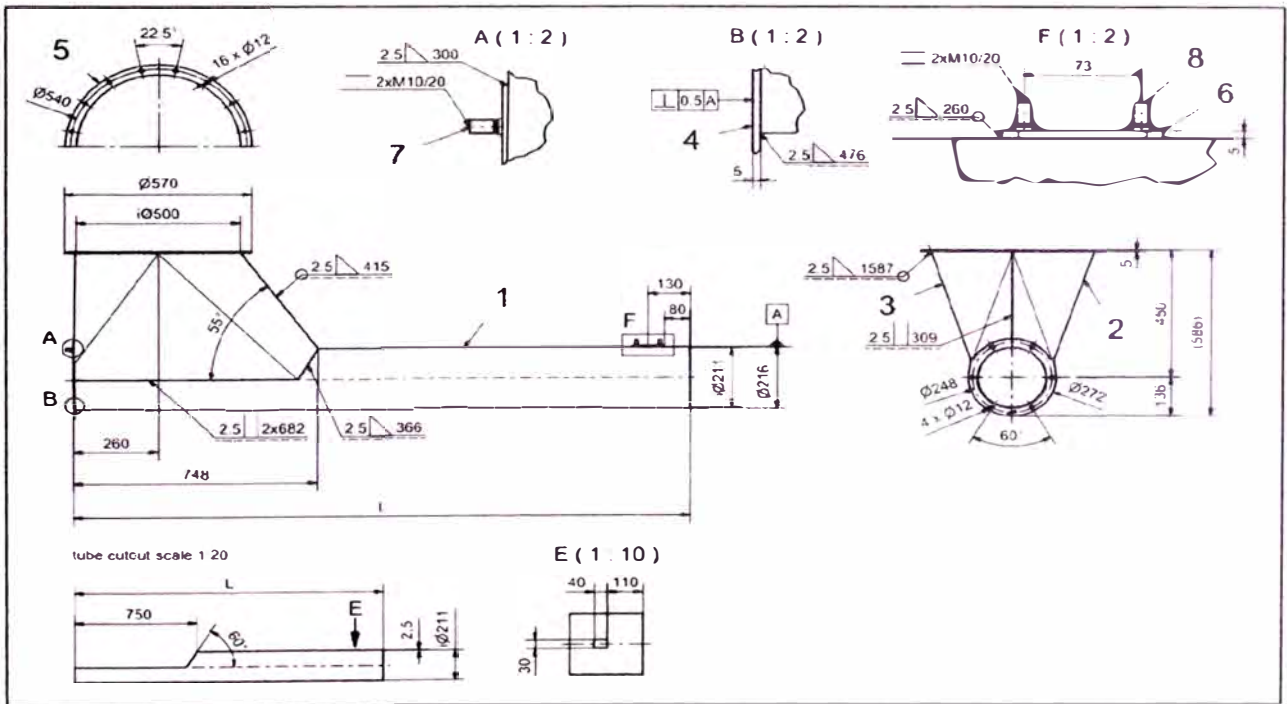
Anexo B-1: Soporte de motorreductor (TTSFTN 200, KAZ37)



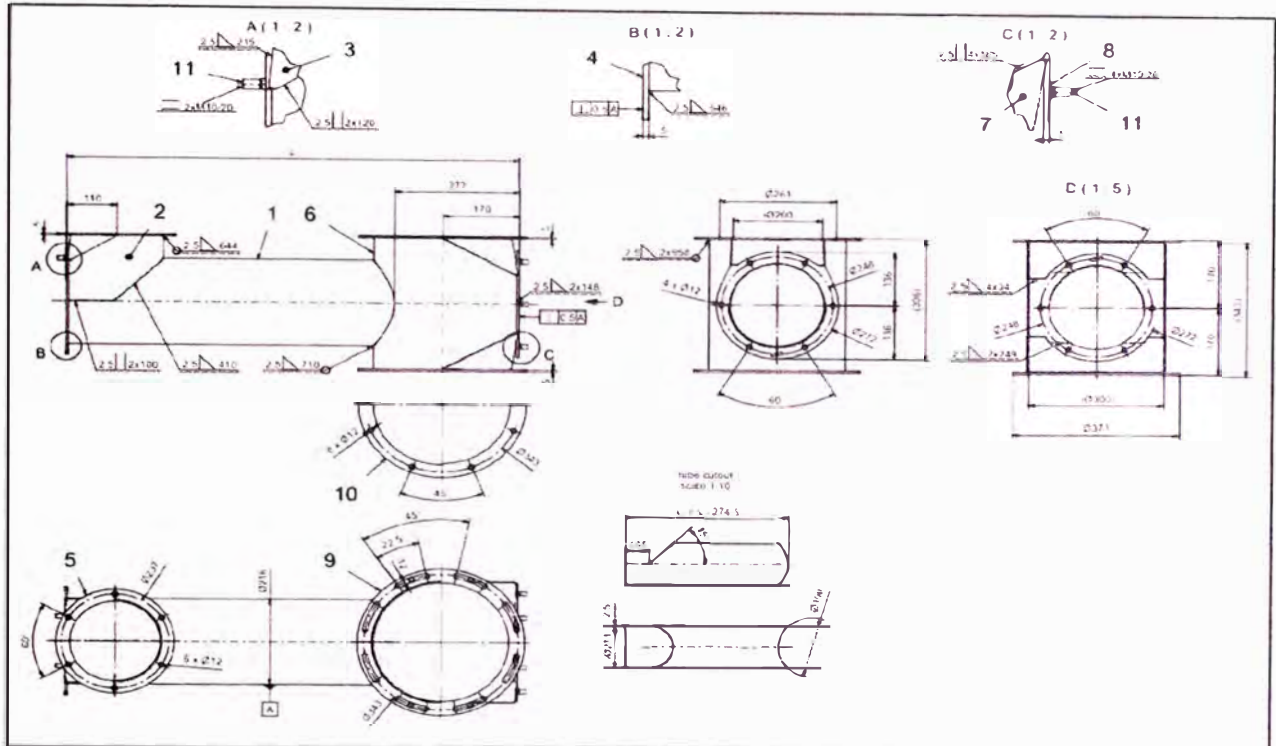
Anexo B-2: Entrada tipo artesa (TTSFTN 200, L=900)



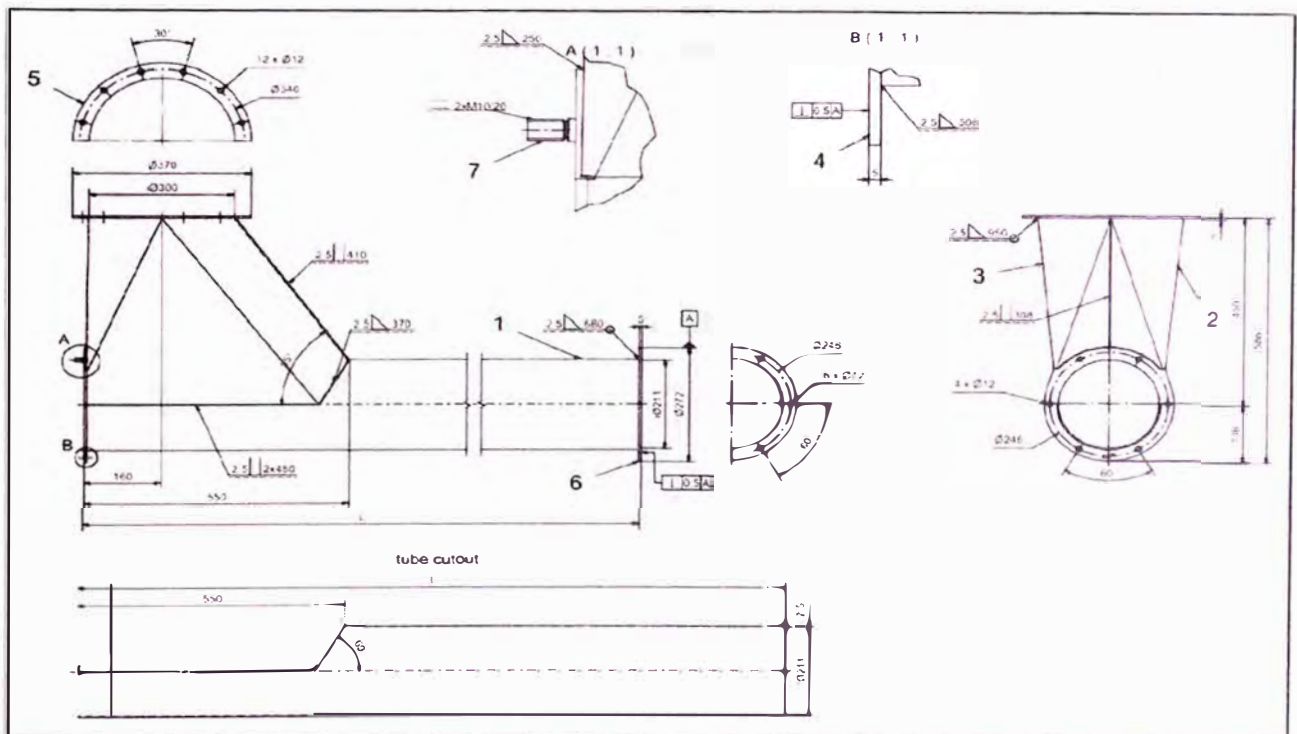
Anexo B-3: Soporte final (TTSFTN 200)



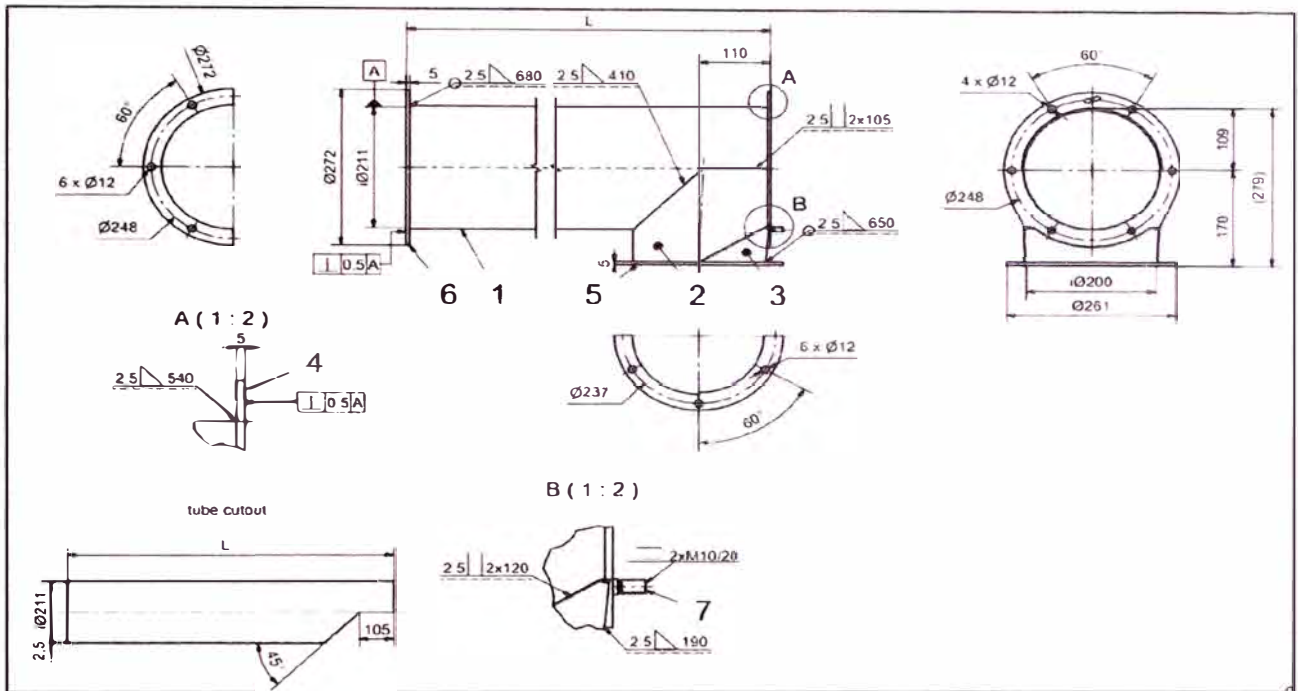
Anexo B-4: Carcasa entra de alta capacidad / salida dosificadora (TTSFTN 200, Ø 500)



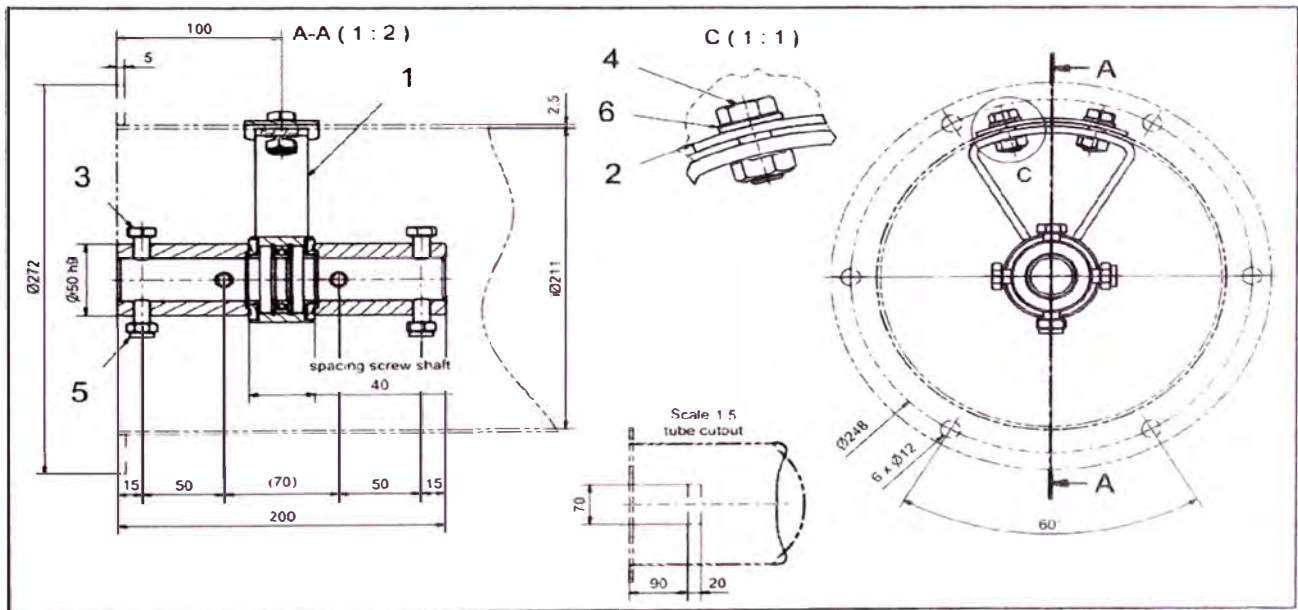
Anexo B-5: Carcasa entra circular / salida tipo silla (TTSFTN 200, Ø 200 / Ø 300)



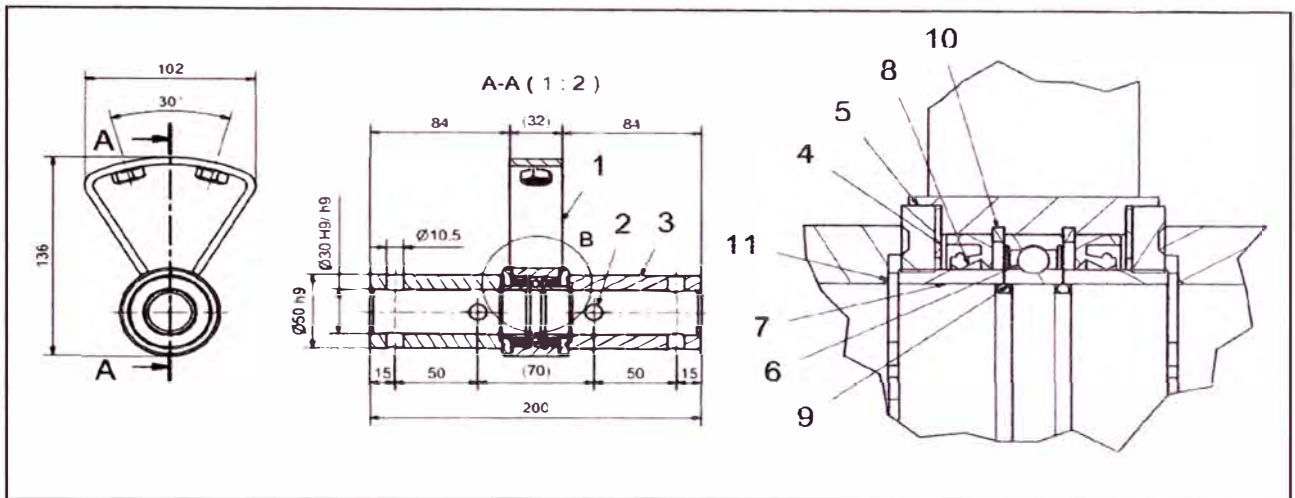
Anexo B-6: Entrada alta capacidad (TTSFTN 200, Ø 300)



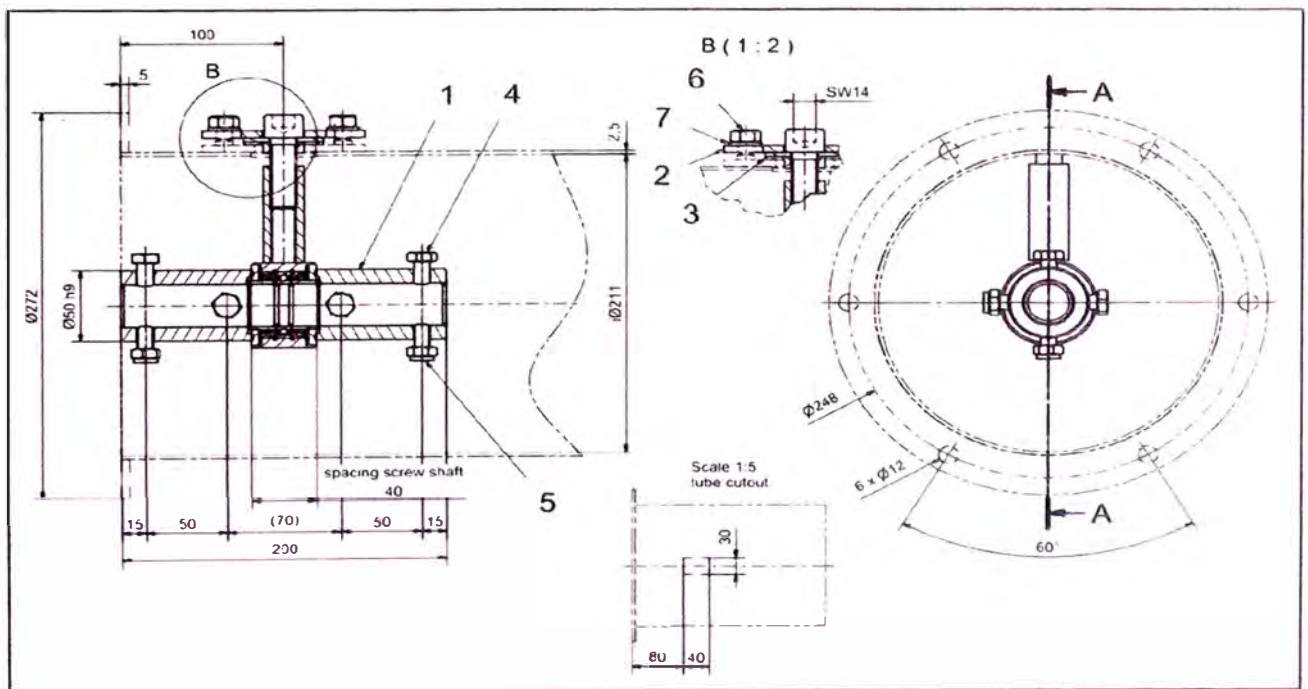
Anexo B-7: Salida circular (TTSFTN 200, Ø 200)



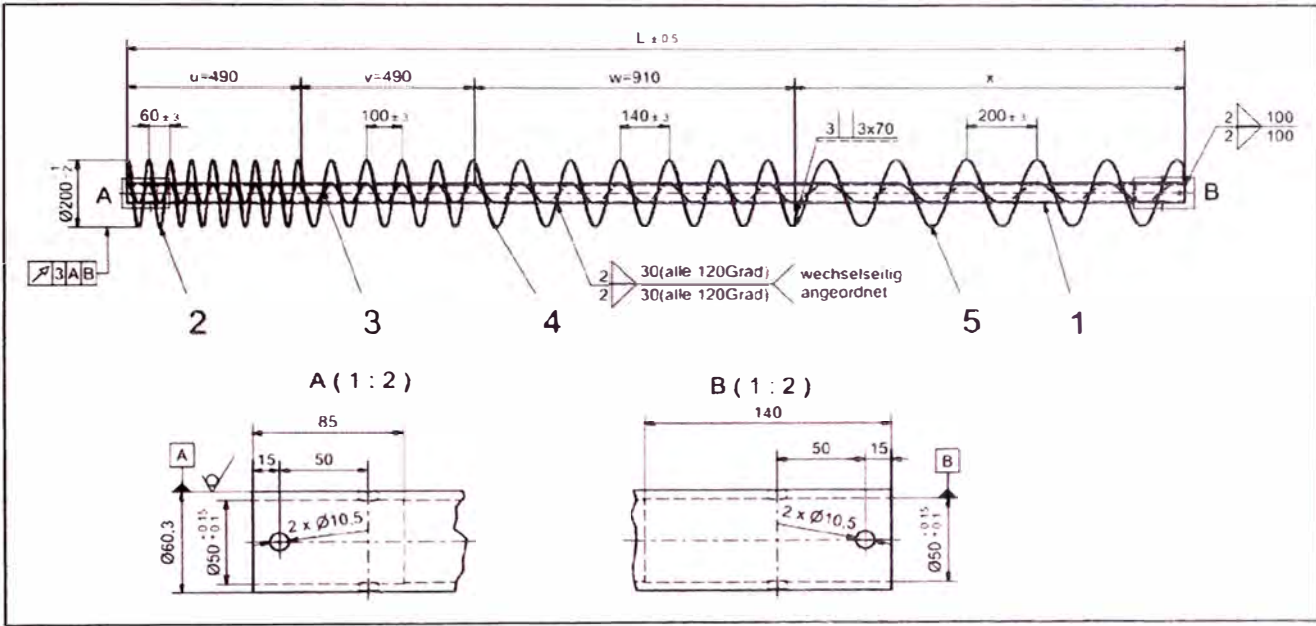
Anexo B-8: Cojinete intermedio fijo (TTSFTN 200)



Anexo B-9: Núcleo del cojinete intermedio fijo (TTSFTN200)



Anexo B-10: Cojinete intermedio regulable (TTSFTN 200)



Anexo B-11: Tornillo sin fin progresivo (TTSFTN 200)

ANEXO C:
Hojas Técnicas

ANEXO C-1: SOPORTE DE MOTOR

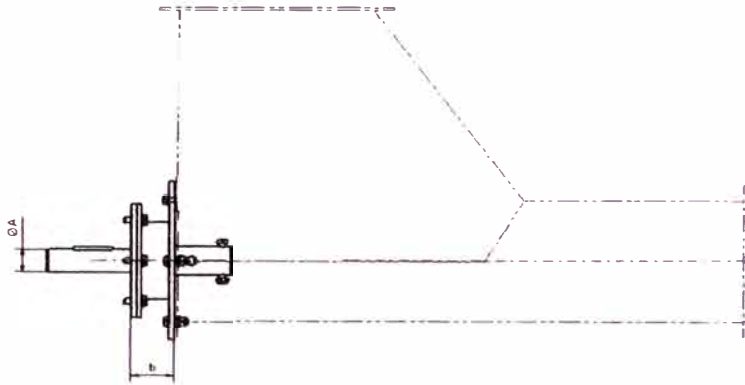


Ilustración 1: Soporte de motor



Ilustración 2: Motor reductor de ejes paralelos

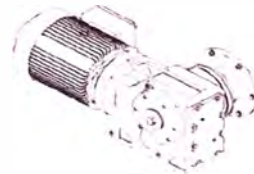


Ilustración 3: Motor reductor de ejes cónicos

Tamaño	Fabricante	Tipo	Tamaño del motor reductor	A	b	Numero de dibujo
TTSFTN 080	Nord	Motor reductor de ejes paralelos	SK1282 AZBH			
			SK2282 AZBH			
			SK3282 AZBH			
		Motor reductor de ejes cónicos	SK92372 AZBH			
	SK9016.1 AZBH					
	SEW	Motor reductor de ejes paralelos	FAZ27			
FAZ37 FAZ47						
	Motor reductor de ejes cónicos	KAZ37				
		KAZ47				

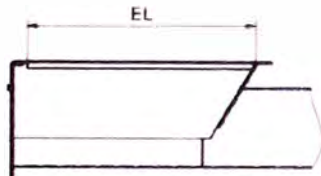
Tamaño	Fabricante	Tipo	Tamaño del motor reductor	A	b	Numero de dibujo
TTSFTN 125	Nord	Motor reductor de ejes paralelos	SK1282 AZBH			
			SK2282 AZBH			
			SK3282 AZBH			
			SK4282 AZBH			
		Motor reductor de ejes cónicos	SK92372 AZBH			
			SK9016.1 AZBH			
			SK92672 AZBH			
			SK9022.1 AZBH			
	SEW	Motor reductor de ejes paralelos	FAZ27			
			FAZ37			
FAZ47						
FAZ57						
FAZ67						
FAZ77						
Motor reductor de ejes cónicos	KAZ37					
	KAZ47					
	KAZ57					
	KAZ67					

Tamaño	Fabricante	Tipo	Tamaño del motor reductor	A	b	Numero de dibujo
TTSFTN 200	Nord	Motor reductor de ejes paralelos	SK1282 AZBH			
			SK2282 AZBH			
			SK3282 AZBH			
			SK4282 AZBH			
			SK5282 AZBH			
		Motor reductor de ejes cónicos	SK92372 AZBH			
	SK9016.1 AZBH					
	SK92672 AZBH					
	SK9022.1 AZBH					
	SK9032.1 AZBH					
	SK92772 AZBH					
	SEW	Motor reductor de ejes paralelos	FAZ27			
FAZ37						
FAZ47						
FAZ57						
FAZ67						
FAZ77						
Motor reductor de ejes cónicos		FAZ87				
		KAZ37				
		KAZ47				
		KAZ57				
		KAZ67				
		KAZ77				
KAZ87						

Tamaño	Fabricante	Tipo	Tamaño del motor reductor	A	b	Numero de dibujo
TTSFTN 300	Nord	Motor reductor de ejes paralelos	SK2282 AZBH			
			SK4282 AZBH			
			SK5282 AZBH			
			SK6282 AZBH			
		Motor reductor de ejes cónicos	SK92672 AZBH			
			SK9032.1 AZBH			
	SK92772 AZBH					
	SK9042.1 AZBH					
	SEW	Motor reductor de ejes paralelos	FAZ57			
			FAZ67			
			FAZ77			
			FAZ87			
FAZ97						
Motor reductor de ejes cónicos		KAZ57				
KAZ67						
KAZ77						
KAZ87						
KAZ97						

**ANEXO C-2:
CARCASA L ≤ 300**

Entrada tipo
artesa *

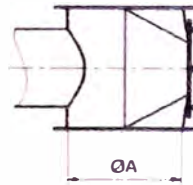
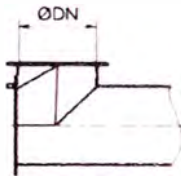


Tapa con sensor*



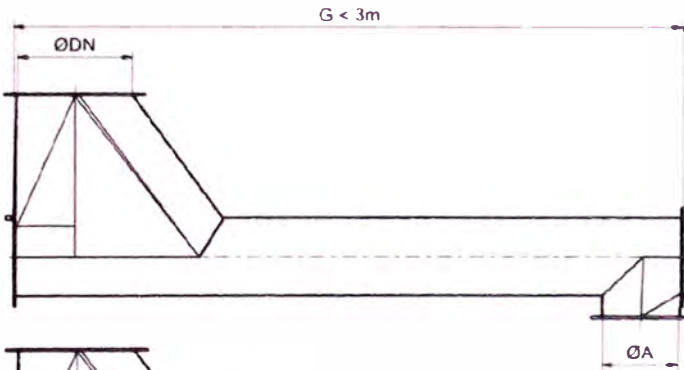
Tapa

Entrada circular



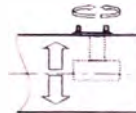
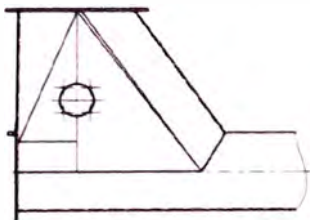
Salida tipo silla

Entrada de alta
eficiencia
sin aperturas laterales



Salida circular

Entrada de alta
eficiencia
con aperturas laterales



Salida dosificadora
Para cojinete final



Salida dosificadora
Para cojinete final fijo*

Filtro



Salida dosificadora
solo para MNSH-080
solo con torbellino

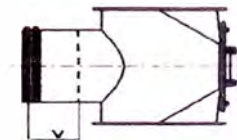
Mirilla de



Soporte de
sonda



Salida tipo silla
regulable *
X = 100



Sonda capacitiva



10...30/55VDC: UNE -26350-001
20...250VAC/DC: UNE -26350-002

Tamaño	Tipo de entrada	ØDN	Tipo de salida	ØA	Código de plano
TTSFTN-080	Entrada circular	100	Salida circular	100	
			Salida tipo silla	140	
	Entrada de alta eficiencia sin aperturas laterales	200	Salida circular	100	
			Salida dosificadora sin cojinete final	90	
			Salida tipo silla	140	
	Entrada de alta eficiencia con aperturas laterales	200	Salida circular	100	
			Salida dosificadora sin cojinete final	90	
			Salida tipo silla	140	
	Entrada de alta eficiencia sin aperturas laterales	300	Salida circular	100	
			Salida dosificadora sin cojinete final	90	
			Salida tipo silla	140	
	Entrada de alta eficiencia con aperturas laterales	300	Salida circular	100	
Salida dosificadora sin cojinete final			90		
Salida tipo silla			140		

Tipo	Tipo de entrada	ØDN	EL	Tipo de salida	ØA	Código de plano
TTSFTN-125	Entrada circular	140		Salida circular	140	
				Salida tipo silla	200	
				Salida tipo silla regulable		
	Entrada de alta eficiencia sin aperturas laterales	200		Salida circular	140	
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	135	
				Salida dosificadora para cojinete final fijo		
				Salida dosificadora sin cojinete final		
				Salida tipo silla	200	
	Entrada de alta eficiencia con aperturas laterales	200		Salida circular	140	
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	135	
				Salida dosificadora para cojinete final fijo		
				Salida dosificadora sin cojinete final		
				Salida tipo silla	200	
	Entrada de alta eficiencia sin aperturas laterales	300		Salida circular	140	
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	135	
				Salida dosificadora para cojinete final fijo		
				Salida dosificadora sin cojinete final		
				Salida tipo silla	200	
	Entrada de alta eficiencia con aperturas laterales	300		Salida circular	140	
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	135	
Salida dosificadora para cojinete final fijo						
Salida dosificadora sin cojinete final						
Salida tipo silla				200		

Tipo	Tipo de entrada	ØDN	EL	Tipo de salida	ØA	Código de plano
TTSFTN-125	Entrada tipo artesa		400	Salida circular	140	
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	135	
				Salida dosificadora para cojinete final fijo		
				Salida dosificadora sin cojinete final		
				Salida tipo silla	200	
	Entrada tipo artesa		600	Salida circular	140	
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	135	
				Salida dosificadora para cojinete final fijo		
				Salida dosificadora sin cojinete final		
				Salida tipo silla	200	
	Entrada tipo artesa		900	Salida circular	140	
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	135	
				Salida dosificadora para cojinete final fijo		
				Salida dosificadora sin cojinete final		
				Salida tipo silla	200	

Tipo	Tipo de entrada	ØDN	EL	Tipo de salida	ØA	Código de plano
TTSFTN-200	Salida circular	200		Salida circular	200	
				Salida tipo silla	300	
				Salida tipo silla regulable		
	Entrada de alta eficiencia sin aperturas laterales	300		Salida circular	200	
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	211	
				Salida dosificadora para cojinete final fijo		
				Salida dosificadora sin cojinete final		
				Salida tipo silla	300	
	Entrada de alta eficiencia con aperturas laterales	300		Salida circular	200	
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	211	
				Salida dosificadora para cojinete final fijo		
				Salida dosificadora sin cojinete final		
				Salida tipo silla	300	
	Entrada de alta eficiencia sin aperturas laterales	450		Salida circular	200	
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	211	
				Salida dosificadora para cojinete final fijo		
				Salida dosificadora sin cojinete final		
				Salida tipo silla	300	
	Entrada de alta eficiencia con aperturas laterales	450		Salida circular	200	
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	211	
Salida dosificadora para cojinete final fijo						
Salida dosificadora sin cojinete final						
Salida tipo silla				300		

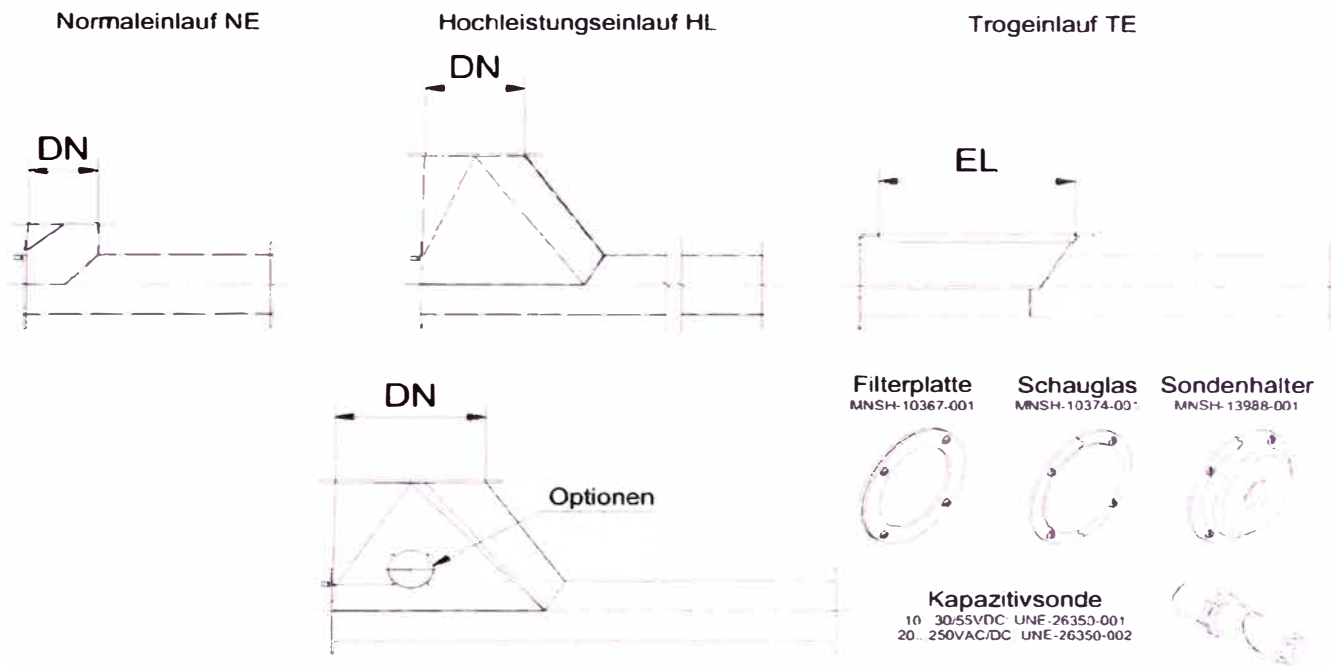
Tipo	Tipo de entrada	ØDN	EL	Tipo de salida	ØA	Código de plano	
TTSFTN-200	Entrada de alta eficiencia sin aperturas laterales	500		Salida circular	200		
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	211		
				Salida dosificadora para cojinete final fijo			
				Salida dosificadora sin cojinete final			
				Salida tipo silla	300		
	Entrada de alta eficiencia con aperturas laterales	500			Salida circular	200	
					Salida dosificadora para cojinete final regulable	211	
					Salida dosificadora para cojinete final fijo		
					Salida dosificadora sin cojinete final		
					Salida tipo silla	300	
	Entrada tipo artesa		600		Salida circular	200	
					Salida dosificadora para cojinete final regulable	211	
					Salida dosificadora para cojinete final fijo		
					Salida dosificadora sin cojinete final		
	Salida tipo silla	300					
	Entrada tipo artesa		900		Salida circular	200	
					Salida dosificadora para cojinete final regulable	211	
					Salida dosificadora para cojinete final fijo		
					Salida dosificadora sin cojinete final		
	Salida tipo silla	300					
	Entrada tipo artesa		1200		Salida circular	200	
					Salida dosificadora para cojinete final regulable	211	
					Salida dosificadora para cojinete final fijo		
					Salida dosificadora sin cojinete final		
Salida tipo silla	300						
Entrada tipo artesa		1500		Salida circular	200		
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	211		
				Salida dosificadora para cojinete final fijo			
				Salida dosificadora sin cojinete final			
Salida tipo silla	300						
Entrada tipo artesa		1800		Salida dosificadora para cojinete final regulable	211		
				Salida dosificadora para cojinete final fijo	300		
				Salida dosificadora sin cojinete final			

Tipo	Tipo de entrada	ØDN	EL	Tipo de salida	ØA	Código de plano	
TTSFTN-300	Entrada circular	300		Salida circular	300		
				Salida tipo silla	400		
				Salida tipo silla regulable			
	Entrada de alta eficiencia sin aperturas laterales	500		Salida circular	300		
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	314		
				Salida dosificadora para cojinete final fijo			
				Salida dosificadora sin cojinete final			
	Entrada de alta eficiencia con aperturas laterales	500		Salida tipo silla	400		
				Salida circular	300		
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	314		
				Salida dosificadora para cojinete final fijo			
	Entrada de alta eficiencia sin aperturas laterales	600		Salida dosificadora sin cojinete final	314		
				Salida tipo silla		400	
				Salida circular		300	
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	314		
	Salida dosificadora para cojinete final fijo						
	Entrada de alta eficiencia con aperturas laterales	600		Salida dosificadora sin cojinete final	314		
				Salida tipo silla		400	
				Salida circular		300	
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	314		
	Salida dosificadora para cojinete final fijo						
	Entrada de alta eficiencia sin aperturas laterales	750		Salida dosificadora sin cojinete final	314		
				Salida tipo silla		400	
				Salida circular		300	
Salida dosificadora para cojinete final regulable				314			
Salida dosificadora para cojinete final fijo							
Entrada de alta eficiencia con aperturas laterales	750		Salida dosificadora sin cojinete final	314			
			Salida tipo silla		400		
			Salida circular		300		
			Salida dosificadora para cojinete final regulable	314			
Salida dosificadora para cojinete final fijo							

Tipo	Tipo de entrada	ØDN	EL	Tipo de salida	ØA	Código de plano
TTSFTN-300	Entrada tipo artesa		600	Salida circular	300	
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	314	
				Salida dosificadora para cojinete final fijo		
				Salida dosificadora sin cojinete final		
				Salida tipo silla	400	
	Entrada tipo artesa		900	Salida circular	300	
				Salida dosificadora para cojinete final regulable	314	
				Salida dosificadora para cojinete final fijo		
				Salida dosificadora sin cojinete final		
				Salida tipo silla	400	
	Entrada tipo artesa		1200	Salida dosificadora para cojinete final regulable	314	
				Salida dosificadora para cojinete final fijo		
				Salida dosificadora sin cojinete final		

ANEXO C-3: TUBO DE ENTRADA

Tubo de entradas con conexiones bridadas



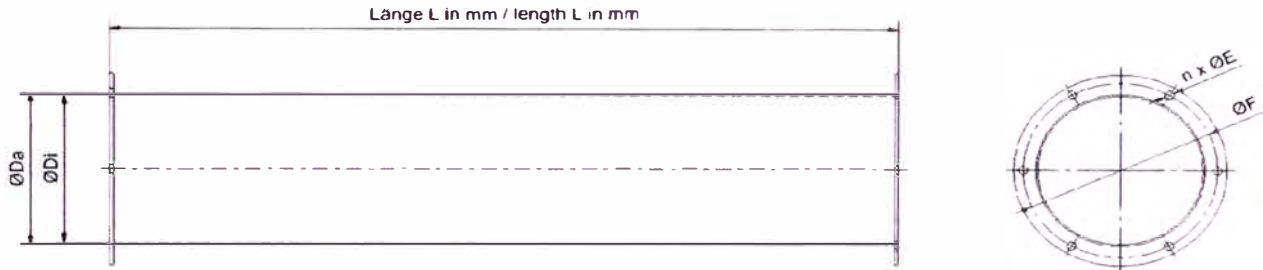
Tamaño	Tipo de entrada	ØDN	EL	Código de plano
TTSFTN-125	Entrada circular	140		
	Entrada de alta eficiencia <i>sin aperturas laterales</i>	200		
	Entrada de alta eficiencia <i>con aperturas laterales</i>	200		
	Entrada de alta eficiencia <i>sin aperturas laterales</i>	300		
	Entrada de alta eficiencia <i>con aperturas laterales</i>	300		
	Entrada tipo artesa		400	
	Entrada tipo artesa		600	
	Entrada tipo artesa		900	

Tamaño	Tipo de entrada	ØDN	EL	Código de plano
TTSFTN-200	Entrada circular	200		
	Entrada de alta eficiencia <small>sin aperturas laterales</small>	300		
	Entrada de alta eficiencia <small>con aperturas laterales</small>	300		
	Entrada de alta eficiencia <small>sin aperturas laterales</small>	450		
	Entrada de alta eficiencia <small>con aperturas laterales</small>	450		
	Entrada de alta eficiencia <small>sin aperturas laterales</small>	500		
	Entrada de alta eficiencia <small>con aperturas laterales</small>	500		
	Entrada tipo artesa		600	
	Entrada tipo artesa		900	
	Entrada tipo artesa		1200	
	Entrada tipo artesa		1500	
	Entrada tipo artesa		1800	

Tamaño	Tipo de entrada	ØDN	EL	Código de plano
TTSFTN-300	Entrada circular	300		
	Entrada de alta eficiencia <small>sin aperturas laterales</small>	500		
	Entrada de alta eficiencia <small>con aperturas laterales</small>	500		
	Entrada de alta eficiencia <small>sin aperturas laterales</small>	600		
	Entrada de alta eficiencia <small>con aperturas laterales</small>	600		
	Entrada de alta eficiencia <small>sin aperturas laterales</small>	750		
	Entrada de alta eficiencia <small>con aperturas laterales</small>	750		
	Entrada tipo artesa		600	
	Entrada tipo artesa		900	
	Entrada tipo artesa		1200	
	Entrada tipo artesa		1500	

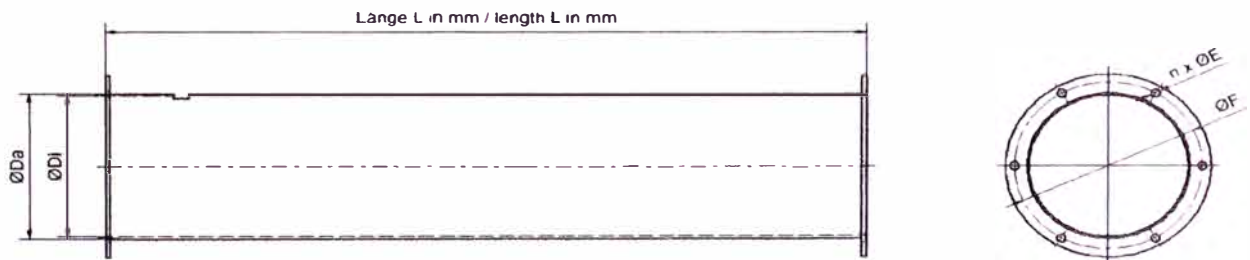
ANEXOS C-4:

TUBO INTERMEDIO



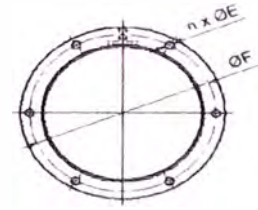
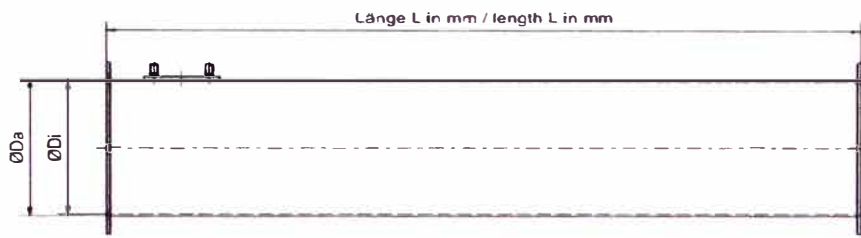
Tamaño	L	$\varnothing Da$	$\varnothing Di$	n	$\varnothing E$	$\varnothing F$	Código de plano
TTSFTN-125	1000	140	135	4	12	172	
	2000						
TTSFTN-200	1000	216	211	6	12	248	
	2000						
TTSFTN-300	1000	320	314	8	14.5	357	
	2000						

Para cojinete intermedio fijo



Tamaño	L	$\varnothing Da$	$\varnothing Di$	n	$\varnothing E$	$\varnothing F$	Código de plano
TTSFTN-125	2000	140	135	4	12	172	
	3000						
TTSFTN-200	2000	216	211	6	12	248	
	3000						
TTSFTN-300	2000	320	314	8	14.5	357	
	3000						

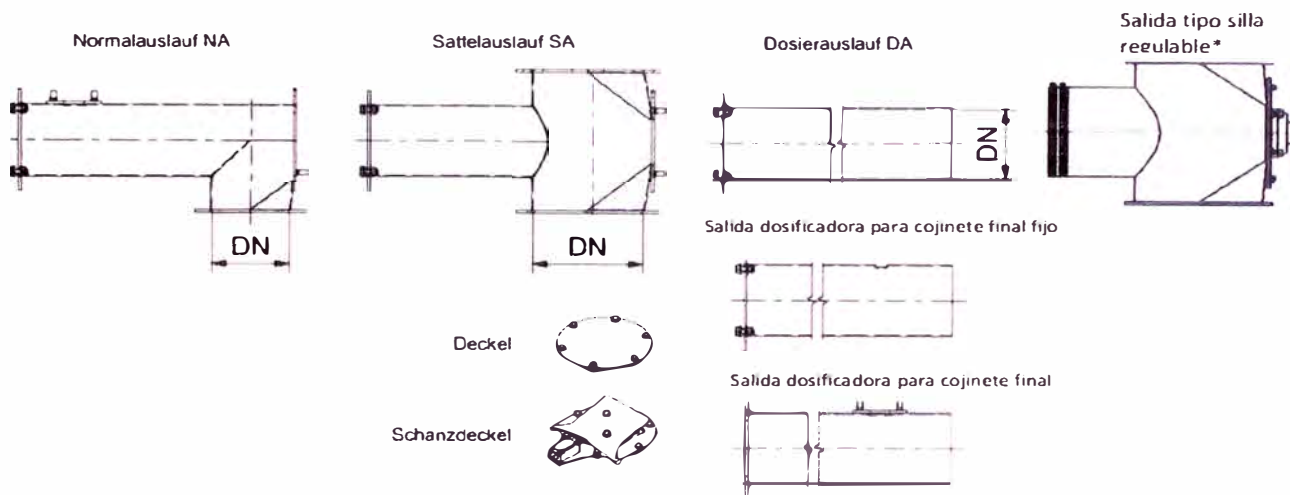
Para cojinete intermedio regulable



Tamaño	L	ØDa	ØDi	n	ØE	ØF	Código de plano
TTSFTN-125	2000	140	135	4	12	172	
	3000						
TTSFTN-200	2000	216	211	6	12	248	
	3000						
TTSFTN-300	2000	320	314	8	14.5	357	
	3000						

ANEXOS C-5: TUBO DE SALIDA

Tubo de salida con conexiones bridadas



Tamaño	Tipo de salida	Ø D	para cojinete	para cojinete	para cojinete final	para cojinete final	Código de plano
			intermedio regulable	intermedio fijo	regulable	fijo	
TTSFTN-125	Salida circular	140	✓				
				✓			
	Salida dosificadora	135	✓				
				✓			
			✓		✓		
				✓		✓	
						✓	
	Salida tipo silla	200	✓				
				✓			
	Salida tipo silla regulable*	200					

*utilizar en combinación con salida dosificadora

Tamaño	Tipo de salida	ØDN	para cojinete intermedio regulable	para cojinete intermedio fijo	para cojinete final regulable	para cojinete final fijo	Código de plano	
TTSFTN-200	Salida circular	200	↙	↙				
	Salida dosificadora	211	↙	↙				
			↙	↙				
			↙	↙	↙			
				↙	↙	↙		
						↙	↙	
							↙	
	Salida tipo silla	300	↙	↙				
	Salida tipo silla regulable*	300						

Tamaño	Tipo de salida	ØDN	para cojinete intermedio regulable	para cojinete intermedio fijo	para cojinete final regulable	para cojinete final fijo	Código de plano	
TTSFTN-300	Salida circular	300	↙	↙				
	Salida dosificadora	314	↙	↙				
			↙	↙				
			↙	↙	↙			
				↙	↙	↙		
						↙	↙	
							↙	
	Salida tipo silla	400	↙	↙				
	Salida tipo silla regulable*	400						

* utilizar en combinación con salida dosificadora.

ANEXOS C-6:

TORNILLO SIN FIN PROGRESIVO

Tornillo sin fin progresivo para salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable

Tornillo sin fin progresivo para salida dosificadora y tubo de conexión



amaño	Tipo de entrada	Tipo de salida	Código de placa
TTSFTN-080	Entrada de alta eficiencia DN 200	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable Salida dosificadora, tubo de conexión	
	Entrada de alta eficiencia DN 300	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable Salida dosificadora, tubo de conexión	

TTSFTN -125	Entrada de alta eficiencia DN 200	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable	
		Salida dosificadora, tubo de conexión	
	Entrada de alta eficiencia DN 300	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable	
		Salida dosificadora, tubo de conexión	
	Entrada tipo artesa L=400	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable	
		Salida dosificadora, tubo de conexión	
	Entrada tipo artesa L=600	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable	
		Salida dosificadora, tubo de conexión	
	Entrada tipo artesa L=900	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable	
		Salida dosificadora, tubo de conexión	

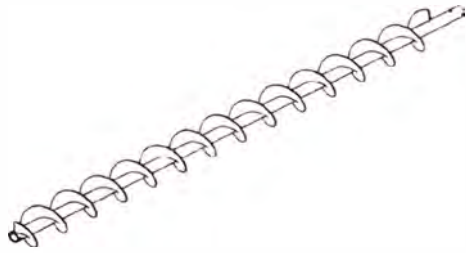
Tamaño	Tipo de entrada	Tipo de salida	Código de plano
TTSFTN -200	Entrada de alta eficiencia DN 300	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable	
		Salida dosificadora, tubo de conexión	
	Entrada de alta eficiencia DN 450	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable	
		Salida dosificadora, tubo de conexión	
	Entrada de alta eficiencia DN 500	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable	
		Salida dosificadora, tubo de conexión	
	Entrada tipo artesa L=600	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable	
		Salida dosificadora, tubo de conexión	
Entrada tipo artesa L=900	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable		
	Salida dosificadora, tubo de conexión		
Entrada tipo artesa L=1200	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable		
	Salida dosificadora, tubo de conexión		
Entrada tipo artesa L=1500	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable		
	Salida dosificadora, tubo de conexión		
Entrada tipo artesa L=1800	Salida dosificadora, tubo de conexión		
TTSFTN -300	Entrada de alta eficiencia DN 500	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable	
		Salida dosificadora, tubo de conexión	
	Entrada de alta eficiencia DN 600	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable	
		Salida dosificadora, tubo de conexión	
	Entrada de alta eficiencia DN 750	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable	
		Salida dosificadora, tubo de conexión	
	Entrada tipo artesa L=600	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable	
Salida dosificadora, tubo de conexión			
Entrada tipo artesa L=900	Salida circular, salida tipo silla, salida tipo silla regulable		
	Salida dosificadora, tubo de conexión		
Entrada tipo artesa L=1200	Salida dosificadora, tubo de conexión		
Entrada tipo artesa L=1500	Salida dosificadora, tubo de conexión		

ANEXO C-7:

TORNILLO SIN FIN PASO 1.0D

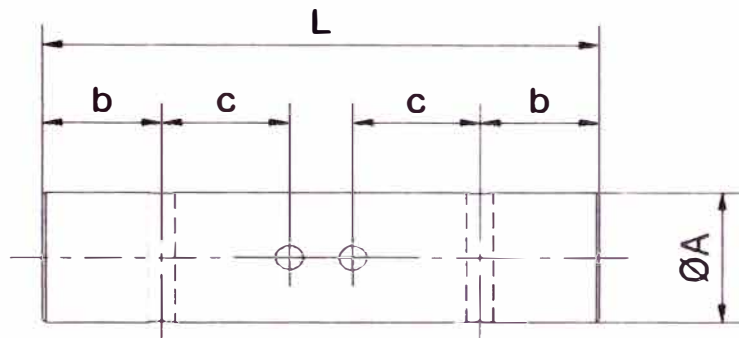
para Salida circular, salida tipo silla y salida tipo silla regulable

Para salida dosificadora y tubo de conexión



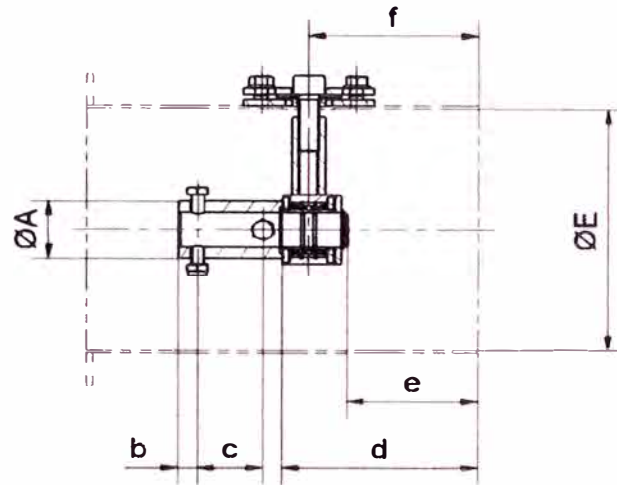
	Tornillo sin fin para					Código de Planos
	Salida circular	Salida tipo silla	Salida tipo silla regulable	Salida	Tubo de	
TTSFTN-080	✓	✓	✓			
				✓	✓	
TTSFTN -125	✓	✓	✓			
	✓	✓	✓	✓	✓	
TTSFTN -200	✓	✓	✓			
	✓	✓	✓	✓	✓	
TTSFTN -300	✓	✓	✓			
				✓	✓	

Eje de conexión



Tamaño	A	b	c	L	Código de plano
TTSFTN-125					
TTSFTN-200					
TTSFTN-300					

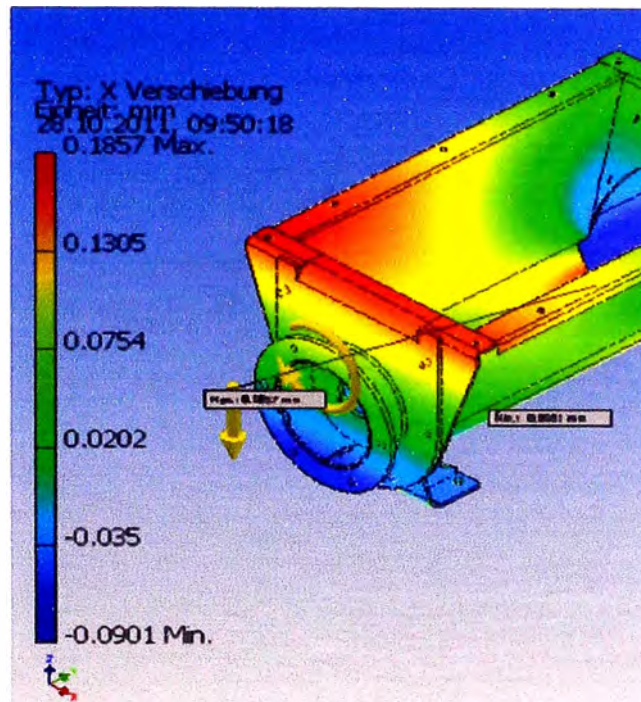
Cojinete final regulable



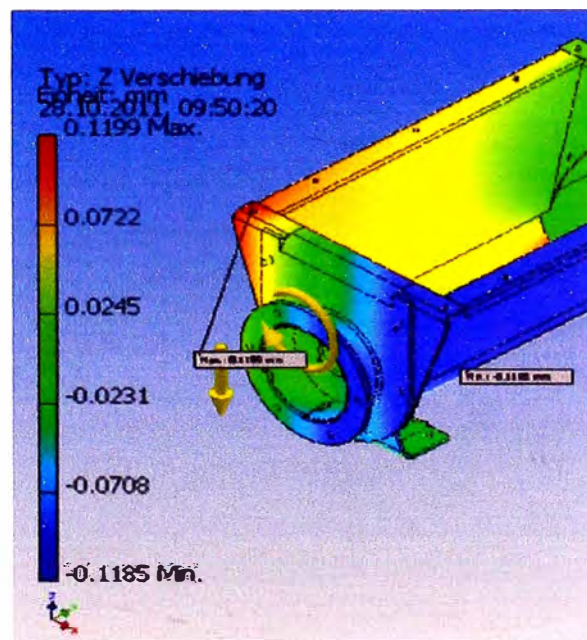
Tamaño	E	A	b	c	d	e	f	Código de plano
TTSFTN-125	135							
TTSFTN-200	211							
TTSFTN-300	314							

ANEXO D:

Análisis por elemento finito del soporte del motorreductor



Anexo D-1: Cálculo de las deformaciones en X (TTSFTN 200, 11kW)



Anexo D-2: Cálculo de las deformaciones en Z (TTSFTN 200, 11kW)