



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Rediseño de la transmisión de una amasadora horizontal
de panificación con capacidad de 600 kg

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Frasset Gadea, Carles

Tutor/a: Feito Sánchez, Norberto

Cotutor/a externo: RIBADA BODALO, IVAN ENRIQUE

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

Grado en Ingeniería Mecánica

Trabajo Fin de Grado

Proyecto de rediseño de la transmisión de una amasadora horizontal de panificación con capacidad de 600 kg

Año académico 2022-2023

Autor:

Carles Frasquet Gadea

Director:

Norberto Feito Sánchez

Agradecimientos

En primer lugar, a mi familia, por transmitirme un apoyo incondicional durante el transcurso de la carrera y haber estado en los momentos difíciles de esta.

Agradecer también a mi tutor, Dr. Norberto Feito Sánchez, por resolverme todas las dudas y problemas que me han surgido a lo largo del desarrollo y por motivarme a hacerlo lo mejor posible.

A mis tutores de la empresa de prácticas D. David Estruch Miñana y D. Ivan Ribada Bódalo por haberme introducido de la mejor forma al mundo laboral y por haberme ayudado a resolver los casos o problemas que surgían en el trabajo.

A Salvador, Vicent y todos mis compañeros de trabajo con los que he compartido buenos momentos y con los que he aprendido sobre otros sectores que no están relacionados con el mío.

A mis amigos por animarme y hacerme más llevaderos los momentos en los que he tenido un descanso, dándome fuerzas para seguir adelante en mis proyectos.

A la empresa Vicky Foods S.L.U, por haberme brindado la oportunidad de poder formar parte de su grupo de trabajo y poder enriquecerme laboralmente junto a un magnífico grupo de personas.

RESUMEN

Este Trabajo Fin de Grado se desarrolla en la empresa (Dulcesa S.L.U de Vicky Foods). El objetivo principal, es realizar un estudio de la transmisión de una máquina amasadora de pan industrial para poder mejorar la vida de sus componentes mecánicos. En este caso, el proyecto se centrará en la parte que más problemática: los rodamientos.

La amasadora de pan de la empresa mencionada presenta un problema de avería o calcinamiento de los rodamientos cada dos años. Dichos componentes se localizan a un lado y a otro de la artesa (recipiente donde está la masa en el momento del amasado), y están en contacto con el eje motriz de la pala de la amasadora. El rodamiento que suele sufrir más es el que está más cercano a la transmisión.

Con la intención de intentar ampliar la vida de estos rodamientos, tras el estudio realizado se llegó a la conclusión de que la mejor opción era cambiar la forma de transmisión primitiva. La transmisión antigua constaba de un circuito formado por un motorreductor que se unía a unas poleas que, mediante una correa pretensada, transmitían al eje la velocidad que sacaba el motor. El nuevo modelo propuesto e implementado es un circuito de transmisión formado por solo un motorreductor.

Palabras clave:

- Amasadora industrial
- Transmisión
- Rodamiento

ABSTRACT

The main objective of this Undergraduate Dissertation is to carry out a study to improve and change the transmission phase of an industrial bread mixer in order to prolong the life of its mechanical components.

Thus, the project will focus on the most problematic part, the bearings, which are on either side of the trough (the container where the dough is at the time of kneading) and which, in turn, are in contact with the drive shaft of the dough mixer blade.

This project arose from a problem that the company Dulcesa S.L.U. of Vicky Foods had, which consisted in the fact that every two years, the bearings of this kneading machine, specifically the one closest to the transmission, broke down or calcined.

So, a department of the company, came up with the idea of trying to extend the life of these bearings, and the best option was to change the primitive form of transmission.

The transmission consisted of a circuit formed by a geared motor that was joined to pulleys so that these, by means of a pre-tensioned belt, transmitted the speed produced by the motor to the shaft. This circuit has been changed for a transmission circuit formed by only one geared motor.

In the progress of this project, different stages will be developed, such as the conceptual design of the plans of all the components present in the new transmission, as well as the dimensional and structural adjustments that had to be made at the site so that this change of transmission format could be carried out.

To address the issue, will first focus on making the calculations and analysis in the primitive transmission, and then, with the same calculation methodology, compare both transmissions.

Key words:

- Industrial mixer
- Transmission
- Bearing
- Life

ÍNDICE GENERAL

PARTE 1 MEMORIA	1
1. Presentación del trabajo	2
1.1 Motivación.....	2
1.2. Objetivo	2
1.3 Alcance.....	3
1.4 Estructura del documento	3
2. Historia de la empresa Vicky Foods.....	4
3. Línea de producción del pan de molde y sus componentes	5
4. Introducción a las amasadoras industriales.....	7
5. Amasadora VERYMIX 600.....	9
5.1 Correa con polea (gates Polly chain carbon 14 GTV-4410-125).....	10
5.2 Rodamientos.....	10
5.3 Motorreductor	11
5.4 Pala.....	12
5.5 Momento posterior al amasado de la máquina VMI.....	13
5. Planteamiento del problema	14
6. Propuesta de solución	14
6.1. Recopilación de datos.....	14
6.2 Fórmulas necesarias para el cálculo de la vida de los rodamientos	15
6.3 Modelización del problema.....	19
6.4 Cálculo de las relaciones de transmisión del proceso.....	21
6.5 Cálculo de la vida del rodamiento con la polea Gates.....	21
6.5 Cálculo de la vida del rodamiento con la nueva trasmisión	25
6.6 Elementos de la nueva configuración.....	28
7. Requerimientos dimensionales	29
7.1 Cálculo del perfil.....	31
8. Conclusiones	34
PARTE 2 PRESUPUESTO.....	38
1. Método presupuestario	39
2. Justificación del coste del proceso de diseño.....	39
2.1 Coste de los equipos.....	40
2.2 Coste del personal.....	40
2.3 Coste de licencias y software	40

2.4 Resumen del coste del desarrollo.....	41
3. Justificación del coste de montaje.....	41
3.1 Coste del motorreductor <i>NORD</i>	42
3.2 Coste equipo auxiliar de instalación	42
3.3 Coste de mano de obra	42
3.4 Coste total del montaje	43
4. Resumen del presupuesto	43
1. Condiciones para el diseño del proyecto.....	45
1.1 Especificaciones informáticas.....	45
1.2 Condiciones de los programas informáticos utilizados.....	45
2. Condiciones del puesto de trabajo	46
2.1 Condiciones aplicables	46
PLANOS.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1 Coeficiente de fiabilidad	17
Tabla. 2 Catálogo de NTN-SNR [13].	19
Tabla. 4 Coste de los equipos.....	40
Tabla. 5 Coste del personal.....	40
Tabla. 6 Coste de Licencias	41
Tabla. 7 Coste total del desarrollo.....	41
Tabla. 8 Coste Motorreductor NORD.	42
Tabla. 9 Coste del equipo auxiliar.	42
Tabla. 10 Coste de la mano de obra.....	42
Tabla. 11 Coste Total Montaje.....	43
Tabla. 12 Presupuesto Total del Proyecto.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Transmisión con correa dentada que se someterá a estudio [1].	2
Figura 2. Primer obrador del negocio [1].	4
Figura 3. Factoría de Gandía Dulcesa S.L.U.	5
Figura 4. Logo del grupo Vicky Foods [1].	5
Figura 5. Ejemplo de amasadora industrial [3].	8
Figura 6. Ejemplo de amasadora y sus partes [4].	9
Figura 7. Esquematación tridimensional de la amasadora VMI.[5]	9
Figura 8. Ejemplo de correaq [6].	10
Figura 9. Rodamientos de rodillos esféricos dobles [8].	11
Figura 10. Motorreductor Sin fin - Corona [9].	12
Figura 11. Motorreductor Corona - Corona [10]	12
Figura 12. Pala de la amasadora	13
Figura 13. Motor de volcado de la masa a la artesa distribuidora.	13
Figura 14. Catálogo de Total Energies [12].	15
Figura 15. Gráfica para la obtención de a_{iso} .	16
Figura 16. Croquis del eje y sus apoyos	19
Figura 17. Medidas del eje	19
Figura 18. Esquema de apoyos	20
Figura 19. Reacciones sobre el eje	20
Figura 20. Distancia del inicio de la viga al apoyo A.	20
Figura 21. Distancia del inicio de la viga al apoyo	20
Figura 22. Localización de las reacciones de los rodamientos	22
Figura 23. Esquema del Balance de fuerzas y reacciones en el EJE X-Z:	22
Figura 24. Resultado de a_{iso} en el primer cálculo	25
Figura 25. Balance de fuerzas en el eje X-Y	26
Figura 26. Balance de fuerzas verticales en X-Z:	26
Figura 27. Obtención de a_{iso} para el segundo cálculo.	27
Figura 28. Datos del nuevo motorreductor de la empresa NORD	28
Figura 29. Datos del acople elástico de la empresa REXNORD[14]	29
Figura 30. Plano de localización de las máquinas	30
Figura 31. Apoyos y refuerzos que se encuentran actualmente en el forjado.	31
Figura 32. Esquema de la distribución de los pilares de la planta baja	31
Figura 33. Catálogo de perfiles HEB, HEA [15]	33
Figura 34. Plano del obrador, visualizando donde estarán los futuros pilares	33
Figura 35. Disposición de los elementos estructurales de refuerzo	34

PARTE 1

MEMORIA

1. Presentación del trabajo

1.1 Motivación

El presente Trabajo de Fin de Grado se engloba en una empresa del sector alimentario especializada en panadería, comida preparada y bollería industrial. Esta empresa no solo produce para abastecer a su propia marca, sino que, también es capaz de elaborar productos para satisfacer la demanda de productos derivados de la pastelería y panadería bajo el nombre de otras marcas reconocidas del sector alimentario español.

Para que todo esto funcione de la forma más eficiente posible, la empresa tiene un entramado con todo tipo de máquinas que da lugar a las distintas líneas de producción de los distintos productos. Sin embargo, como es de esperar, estas máquinas necesitan al cabo de cierto tiempo un mantenimiento específico. Este mantenimiento de las máquinas y sus futuros fallos por problemas mecánicos serán el objetivo del departamento en el que se ha trabajado durante el período de prácticas y, por tanto, de este TFG.

Este estudio en concreto se centrará en evitar el fallo catastrófico en un rodamiento producido por un tipo de transmisión con correa dentada, mostrada en la Figura 1. Para ello, primero se realizará un análisis detallado de cómo trabajaba la máquina antes de que se produjera el fallo. Posteriormente, se estudiará por qué ha fallado, y se proporcionará una solución cambiando el tipo de transmisión para alargar la vida del rodamiento. Finalmente, se realizará un estudio comparativo de la vida de los rodamientos en ambas transmisiones, y se evaluarán las ventajas e inconvenientes de aplicar este cambio para la empresa.

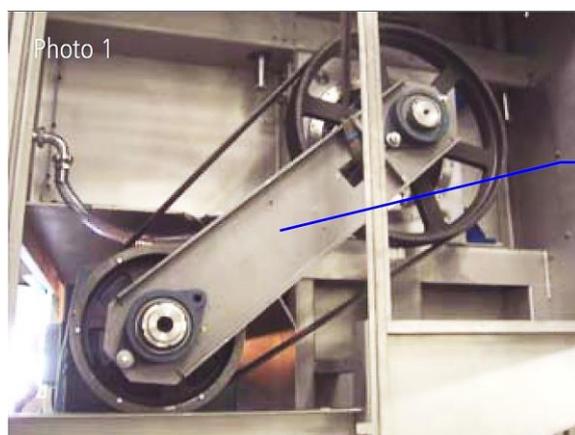


Figura 1. Transmisión con correa dentada que se someterá a estudio [1].

1.2. Objetivo

El objetivo principal de este Trabajo de Final de Grado es presentar una solución alternativa al modelo de transmisión que actualmente se tiene en la línea de producción, y que influye de forma muy significativa en la reducción de la vida del rodamiento. Para conseguir este objetivo, se han planteado varios subobjetivos que se mencionan a continuación:

- Realizar un análisis del funcionamiento de la transmisión actual, detectando la causa del problema.
- Buscar una posible alternativa al sistema de transmisión. En este caso, se propone el uso de una transmisión de una etapa de reducción entre el motor y el eje de la amasadora.
- Finalmente, una vez se haya realizado el cambiado, se estudiará cómo afecta esta nueva transmisión a la amasadora y se calculará la mejora en hora o ciclos de vida que se han ganado.

1.3 Alcance

Desde el año 2006, no se ha realizado ninguna modificación del sistema de transmisión de la amasadora, por lo que este trabajo pretende introducir un cambio bastante notable en la línea de producción.

Esta sustitución supondrá una mejora considerable, tanto energéticamente como mecánicamente, además de que se facilitarán las tareas de mantenimiento de los operarios, ya que las poleas actuales se limpian con bastante regularidad a causa del ambiente que hay en el obrador.

El enfoque principal de este TFG es llegar a un nivel de optimización mecánica en esta etapa que permita reducir tiempo en reparaciones y mantenimiento, con el fin de evitar largos períodos sin producción provocados por alguna avería. Para ello, se realizarán todos los cálculos necesarios para optimizar la transmisión, se realizará un presupuesto del proyecto incluyendo la compra de los componentes, y el montaje del mismo.

1.4 Estructura del documento

Esta memoria está dividida en diferentes partes, las cuales serán descritas a continuación:

- **Presentación:** Se presenta de forma general cómo surge la idea del Trabajo Fin de Grado, el objetivo y el alcance del estudio, así como la descripción de los apartados de la memoria.
- **Presentación de la empresa:** Se realiza una descripción breve de la empresa donde se ha realizado el trabajo.
- **Introducción a las máquinas amasadoras:** Se mencionan las características generales que debe de tener una máquina de amasado de pan, así como también todos los procesos que serán necesarios para el buen desarrollo del producto.
- **Relaciones de transmisión:** En esta parte se encontrará la explicación de cómo hay que cambiar la relación de transmisión en la nueva máquina para tener las mismas características que en la versión anterior.

- **Requerimientos dimensionales:** Se explicarán todos los cambios necesarios en los alrededores de la máquina para acoplar en el mismo lugar la nueva máquina.
- **Conclusiones:** Finalmente se presentan las conclusiones del estudio, así como los posibles trabajos futuros.

Tras la memoria, se presentan diferentes secciones correspondientes a:

- **Cálculos:** En este apartado se presentan los cálculos realizados para el diseño de la nueva transmisión.
- **Presupuesto:** Se realiza un presupuesto económico del proyecto realizado a cabo.
- **Pliego de condiciones:** Finalmente se concluye el Trabajo con el pliego que recoge todos los requisitos necesarios para la realización del proyecto.

2. Historia de la empresa Vicky Foods

Vicky Foods (antiguo grupo *Dulcesol*) es un grupo de empresas dedicadas al sector alimentario situada en la comarca de la Safor (Valencia). Actualmente, está formada por dos plantas de producción en España, una en Gandía y otra en Villalonga, y otra en Argelia. Además, cuenta con una granja de gallinas que abastece en un 80% los requerimientos de huevos de las fábricas de la Safor, y tienen otra fábrica que está especializada en la producción de todos los embalajes y paquetería del grupo [1].

Este grupo nació en la localidad de Villalonga en los años 50 de la mano de Antonio Juan, quien fue el primer dueño de la empresa. Antonio abrió un pequeño negocio familiar, una panificadora dedicada a la producción de pan para la zona, que empezó a evolucionar cuando Victoria, la mujer de Antonio (que posteriormente daría nombre al grupo de empresas), propuso la producción de otros productos como palmeritas, bizcochos y las famosas “Glorias”, un tipo de magdalenas especial [1]. Una fotografía de los primeros años se puede ver en la Figura 2 .



Figura 2. Primer obrador del negocio [1].

A partir de ese momento, el negocio creció exponencialmente hasta que 10 años después se inauguró la primera fábrica de productos y se creó la marca que en ese tiempo daba nombre a la empresa, Dulcesol [1].

La ambición y buena visión del mercado de panadería y pastelería que tuvo Victoria propició que diez años más tarde se abriera la segunda fábrica de producción en la localidad de Gandía, además de una granja de gallinas para abastecer a las dos fábricas (ver Figura 3). Posteriormente, el grupo de empresas pasó a tener el nombre de Vicky Foods en honor a la primera dueña, Victoria [1].



Figura 3. Factoría de Gandía Dulcesa S.L.U.

Hoy en día este grupo engloba muchas marcas y empresas que conforman su estructura actual, siendo así una de las empresas alimentarias más importantes del territorio español [1].



Figura 4 .Logo del grupo Vicky Foods [1]

3. Línea de producción del pan de molde y sus componentes

En la fábrica de *Vicky Foods*, la línea de producción de pan de molde es la más importante. Muestra de ello es que la empresa cuenta con cinco líneas de este producto: dos en la fábrica de Gandía y tres en Villalonga. La intención de la empresa es, en un periodo corto de tiempo, poner una nueva línea de este tipo, ya que Vicky Foods está apostando por los alimentos más cotidianos y está

intentado retirar ciertos productos de bollería, y así adaptarse a un mercado que está dejando de lado los alimentos procesados.

Una de las partes principales de esta línea es el obrador, donde se mezclan todos los ingredientes y se crea la masa del producto, y es donde está situada la máquina en la que se centrará este estudio.

Las fases que se realizan para la producción del pan de molde son las siguientes:

1. **Amasado:** Uno de los procesos más importantes de la línea, sino el más importante, donde se crea la masa añadiendo parte de masa madre junto a todos los ingredientes anteriormente mencionados en la amasadora industrial de la marca francesa VMI Vermymix 600. Todo este proceso está vigilado por dos operarios quienes añaden todos los aditivos siguiendo un patrón de tiempo muy estipulado, ya que la propia máquina te indica cuando se detiene para añadir los ingredientes.
2. **Laminado:** Se hace pasar la masa ya totalmente preparada por unos rodillos que proporcionan la forma y la cantidad adecuada de masa para que entre en las latas para su fermentación.
3. **Fermentación:** Una vez la masa ya esté depositada en la lata, pasa a la cámara de fermentación donde estará 86 min. En esta sala hay una humedad muy elevada. Por tema de confidencialidad hacia la empresa, en este documento no pueden aparecer los valores concretos de humedad y temperatura. Cuando la masa salga de la cámara, habrá variado en volumen gracias a las condiciones específicas de la sala, que activa la levadura y los fermentos produciendo este incremento de volumen.
4. **Horneado:** Tras la fermentación de la masa, la masa se desplaza al horno donde pasará un tiempo entre 20 y 40 minutos a unos 260°C – 300°C.
5. **Desmoldeo:** Los panes horneados dentro de las latas pasan por dentro de una máquina que tiene varios brazos, para coger más de un pan a la vez. Estos brazos tienen en la punta unas ventosas con aspiración que sacan el pan de la lata y pone los panes en bandejas.
6. **Enfriamiento:** Después que el pan sea desmoldeado, entra en un circuito de enfriamiento basado en unas palas que cogen por debajo las bandejas con los panes calientes, y las transportan por encima de un circuito guiado hasta que esté más o menos a temperatura ambiente.
7. **Pelado:** Una vez enfriado el pan, en esta etapa pasa por una máquina con cuatro sierras de bandas a los lados con el propósito de eliminar toda la corteza y solo dejar la miga. Esta etapa se anula si lo que se desea es un tipo de pan que sí que tenga corteza.
8. **Rebanado:** Es un proceso parecido al pelado pero en este caso hay solo una sierra de banda que se utiliza para cortar de forma vertical en láminas el pan de molde.

9. ***Empaquetado:*** El pan, aunque esté cortado a rebanadas, se mueve como un bloque. Este bloque llega a una cinta transportadora que lo conduce a una máquina donde, de forma automática, se recubre con una bolsa de plástico y cierra la bolsa con un hilo/laminilla de metal o plástico en forma de lazo.
10. ***Paletizado:*** Cuando el pan sale de la etapa de empaquetamiento un operario los ordena y organiza una caja de cartón con 4-5 panes por caja. Tras la preparación de las cajas, estas son marcadas con un “número de identificación”. Finalmente, cuando se hayan reunido las suficientes cajas para formar un palé, se apilan unas encima de otras formando entre seis y siete pisos de cajas, y pasan a una máquina que rodea al palé con un plástico para que vayan juntas y el palé se mantenga lo más estable posible. Una vez esté acabado todo el proceso, el palé con todos los lotes de cajas, pasa al almacén que está totalmente automático. El almacén está provisto de ocho plantas además de cuatro pasillos por los cuales se mueven los montacargas automáticos mediante un sistema de poleas y de railes. Una de las características más importantes de este almacén es que puede guardar simultáneamente hasta 7500 pallets.

4. Introducción a las amasadoras industriales

Se define como Amasadora Industrial a *“las máquinas industriales que facilitan los procesos de amasado y mezclado de productos con una densidad considerable, sustituyendo el trabajo manual y optimizando la calidad de la producción”* [2]. Concretamente, esta sección va a centrarse en las que están dedicadas a la producción de pan.

Este tipo de máquinas siempre llevan una fuente de movimiento, que en este caso es un motorreductor, que va unido al eje de la pala para hacerla girar y mezclar todos los ingredientes, formando la masa homogénea que se horneará posteriormente. Un ejemplo de muestra en la Figura 5.



Figura 5. Ejemplo de amasadora industrial [3].

Este tipo de máquina está situada en el obrador de la fábrica, en la primera parte del proceso de fabricación, y está destinada a la homogenización de todas las materias primas que acabarán siendo la masa del pan. La primera parte es la más crítica ya que hay varias personas en el obrador que se encargan de pesar y controlar todos los aditivos, el orden y la forma en la que serán vertidos en la amasadora.

Concretamente, el orden del vertido de los ingredientes es uno de los factores más importantes, ya que la masa contiene en cierta medida masa madre fermentada, la cual es sensible a cualquier alteración que pueda tener el orden de la receta. La cantidad de masa por amasado es de 600 kg, la pérdida de una amasada supondría una pérdida de dinero considerable.

Algunos de los ingredientes que se utilizan en la línea de producción del pan de molde son: harina de trigo, agua, azúcar, fibra de trigo, gluten de trigo, aceite de girasol, sal, vinagre ...

Las partes principales de una amasadora industrial son: la artesa, elemento en forma de tolva en forma de "V", la pala que va dentro de la artesa y un motor que se encarga de proporcionarle el movimiento a la pala.



Figura 6. Ejemplo de amasadora y sus partes [4]

]

5. Amasadora VERYMIX 600

Esta máquina, mostrada en la Figura 6, es una amasadora industrial de la marca francesa VMI, la cual se ubica en la primera etapa de la línea de fabricación del pan de molde. En ella se vierten a mano los ingredientes del pan para su posterior homogenización.

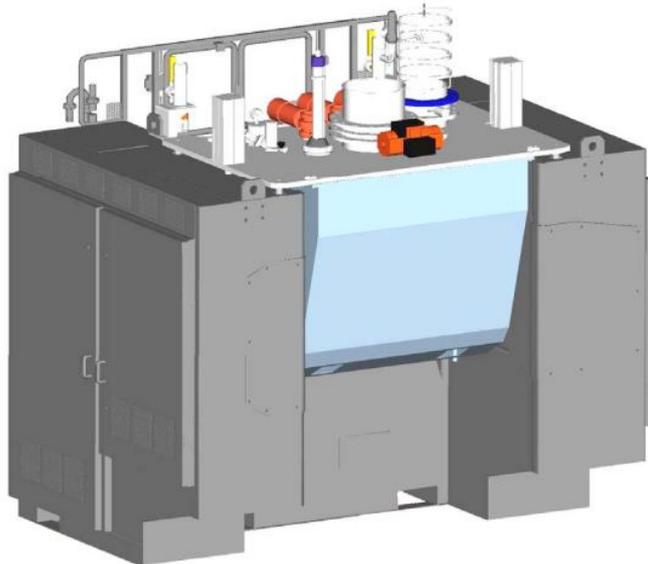


Figura 7. Esquematización tridimensional de la amasadora VMI.[5]

Está formada por: una artesa, que es el nombre que recibe el recipiente volumétrico que tiene la amasadora; una pala que gira solidaria a un eje con tres aspas, las cuales como se verá después tienen una forma de “L”; y dos rodamientos puestos a los extremos del eje.

El funcionamiento de esta amasadora viene determinado por el giro que le proporcione el motor a la polea, y esta al eje de la pala de la amasadora,

mezclando todas las materias primas hasta obtener una masa homogénea. Cuando la masa está preparada, el giro de la pala se para y un accionador vuelca la artesa a una tolva que distribuye la masa fresca hacia los procesos de fermentación y horneado.

La máquina trabaja en la línea “pan de molde” 24 horas al día, y solo se detiene a la semana entre 12 y 16 horas para que realicen las labores de limpieza y mantenimiento, que equivale a aproximadamente dos turnos.

5.1 Correa con polea (gates Polly chain carbon 14 GTV-4410-125)

Es el elemento que transmite el movimiento del motor al eje para que la pala que se encarga de mezclar los ingredientes gire. Está hecha de poliuretano reforzado con carbono y revestida con Nailon.

Por la característica del lugar de trabajo, en este caso el obrador, debe de tener una gran resistencia a la humedad, a las sustancias químicas y sobre todo, a la abrasión para evitar roturas. En este caso, concretamente la correa, y las poleas sobre las que se monta la correa, son de la marca Gates. La correa está dentada para que tenga una mejor adhesión con la polea y pueda transmitir mejor el movimiento.



Figura 8. Ejemplo de correaq [6]

5.2 Rodamientos

Los rodamientos son una de las piezas de maquinaria más utilizadas, ya que su movimiento giratorio facilita todos los movimientos y además ayuda a reducir la fricción entre los distintos elementos móviles. [7].

En términos de la amasadora, se pueden localizar los rodamientos a cada lado de la artesa, proporcionándole a la pala que hay dentro de esta un giro de su eje sin prácticamente rozamiento. Además, aparte de soportar la propia fuerza axial que viene derivada del par que amasa la mezcla de los productos en la artesa, también soporta la propia fuerza que proviene del par motriz y del peso de la artesa, así como la fuerza derivada de la pretensión de la correa que mueve el eje.

Los rodamientos de rodillos esféricos dobles son concretamente los rodamientos que va a montar la amasadora VMI, y los cuales se estudiarán en este proyecto. Son rodamientos auto-alienantes y trabajan muy bien con cargas radiales, que son el tipo de fuerzas que se dan en esta amasadora.



Figura 9. Rodamientos de rodillos esféricos dobles [8]

5.3 Motorreductor

Un motorreductor es la combinación de, como su propio nombre dice, un motor y un reductor. En esta combinación el motor aporta una velocidad y un par determinados que después se verán modificados por el reductor, adaptando las magnitudes anteriores a necesidades del proceso en el cual van a estar montadas.

La empresa *Vicky Foods* monta siempre esta combinación, y cuenta con varios de ellos, ya que si cambian la producción pueden utilizar por separado tanto el motor como el reductor en lugares diferentes. Esto se debe a que en la mayoría de los casos la unión de estos dos elementos no es fija, sino mediante una brida de unión.

Para entender la importancia que tienen esta combinación de elementos mecánicos, primero hay que entrar en la factoría de producción de la marca, donde se puede ver que sus líneas de producción cuentan, en todas las etapas, de bandas y cintas de transporte, las cuales se mueven gracias a la ayuda de estos dos elementos.

Los tipos de motores-reductores que se pueden encontrar en la fábrica son dos:

- Sin fin-corona, cuya característica más distintiva es que el motor está unido al reductor mediante una etapa de transmisión formada por un tornillo en espiral (sin fin) y una corona (engranaje).



Figura 10. Motorreductor Sin fin - Corona [9]

- Corona-corona, cuya característica más distintiva es que el motor está unido al reductor mediante una etapa de transmisión formada por dos coronas (dos engranajes).



Figura 11. Motorreductor Corona - Corona [10]

5.4 Pala

Este es el elemento más importante en el aspecto de la elaboración del producto ya que es el instrumento que prepara la masa, es decir, la materia prima.

La pala es de acero inoxidable (AISI 304) y consta de tres aspas en forma de "L", la parte larga mide 368 mm y la parte pequeña mide 193 mm. Está diseñada de

esta forma para poder mezclar más eficientemente los ingredientes y así poder iniciar más rápidamente todos los procesos de cocinado. Una representación de la pala se puede ver en la Figura 12.

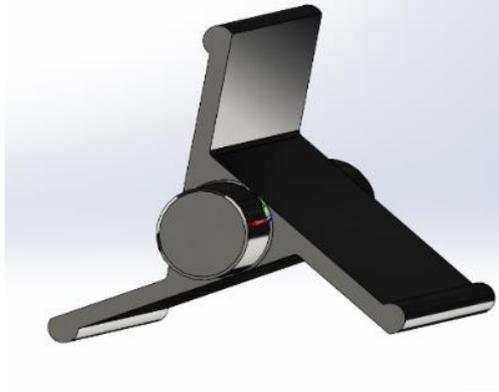
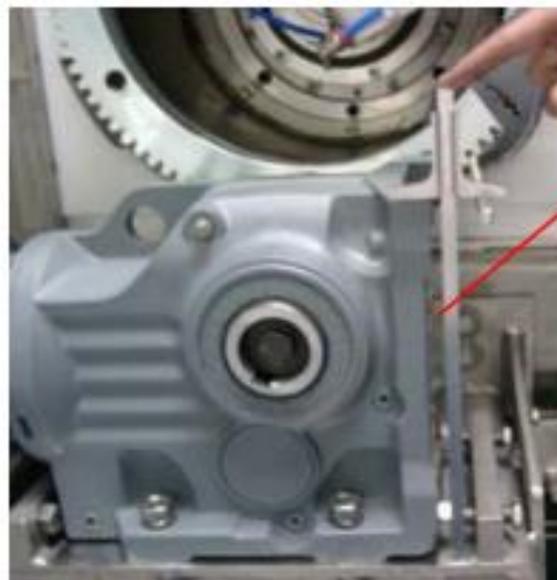


Figura 12. Pala de la amasadora

5.5 Momento posterior al amasado de la máquina VMI

Una vez se para la pala de la amasadora, y la masa ya está preparada para que empiece el proceso de cocción, la amasadora, en la parte de la artesa donde no está el motor, tiene una corona unida a un motorreductor que activa el operario (ver Figura 13). Este conjunto de componentes mecánicos, sirven para volcar la artesa a otra más grande la cual será la siguiente parte de la línea de producción y se almacenará la masa recién hecha.



Carcasa del motor

Figura 13. Motor de volcado de la masa a la artesa distribuidora.

5. Planteamiento del problema

El problema que la empresa tiene con la amasadora es que, cada 2 años y medio aproximadamente, uno de los rodamientos gripa y hay que parar la producción para su sustitución. Tras realizar un análisis de los componentes de la máquina, así como del desgaste y la rotura que presentaba el rodamiento, se descubrió el problema viene dado, en parte, a causa de tener que estar pretensada la correa.

Esta tensión a la que se encuentra la correa se traduce en una fuerza radial que va del eje al rodamiento, y más concretamente, afecta al rodamiento que está en la junta más cercana a la correa. El que está a la otra parte del eje, en la parte de fuera de la tolva, no sufre tanto. Cabe remarcar que los rodamientos están protegidos por una cajera.

Por lo tanto, este estudio irá destinado sobre todo a mejorar la vida del rodamiento interno de la amasadora de la tolva. Esto implica realizar un cambio en la transmisión para evitar esas fuerzas radiales que influyen en el comportamiento del rodamiento.

6. Propuesta de solución

Debido a que el origen del fallo de los rodamientos viene generado principalmente por la correa de transmisión con polea, se ha decidido eliminar dicho conjunto mecánico cambiando la transmisión actual por un nuevo modelo que consiste en un circuito de transmisión formado por solo un motorreductor. En los siguientes apartados se presentan los cálculos realizados para el dimensionado e implementación de la transmisión de forma correcta por parte de la empresa.

6.1. Recopilación de datos

Para empezar a calcular aquellos datos que se necesitará para comparar la vida de los rodamientos con los dos tipos de montaje, con la polea y sin la polea, se tienen que conocer todos los datos y parámetros necesarios. Dichos datos serán proporcionados por la empresa o se obtendrán de catálogos y documentos, así como la forma de calcular la vida del rodamiento que será la aplicada en la asignatura de *Diseño de máquinas 2* [11].

Según los datos proporcionados por Vicky Foods, los factores de servicio de las dos transmisiones son los siguientes:

- Factor de servicio cuando la transmisión es la polea = 0.25
- Factor de servicio cuando la transmisión es el motorreductor = 0.35

Cabe destacar que el factor de servicio cambia según el tipo de transmisión debido a que el tipo de montaje de cada una de las dos opciones es bastante diferente. En la transmisión por polea, como se puede ver en la Figura 1, la polea y la correa están al aire libre, dejando al descubierto el acople del eje y la cajera

del rodamiento. Esto propicia que, con el tiempo, la suciedad del ambiente se introduzca dentro de los componentes y se reduzca considerablemente la vida. Sin embargo, con el motorreductor, tanto el acople, que sería un acople elástico, como la caja del rodamiento se cubren con una caja, por lo que estarían menos expuestos al ambiente y por tanto su vida se incrementaría sensiblemente.

- Temperatura dentro de la caja del rodamiento= 70 °C
- Contaminación muy alta = 0.02

Los dos datos anteriores han sido facilitados por el departamento de mantenimiento y proyectos de la empresa Vicky Foods S.L.U.

El peso estático de los componentes de la amasadora a tener en cuenta a la hora de realizarlos cálculos es: el peso del eje, de unos 300 kg, que se traducen en 3000 N; y, el peso de la masa que cabe dentro de la amasadora, que es de 635 kg, que se traduce en 6350 N. Estos pesos se verán reflejados en los esquemas y fórmulas como la variable **P**.

El peso de la polea, entendido como forma simplificada de expresar la carga que aporta la pretensión de la polea sobre el eje que monta la amasadora y, que en este caso sería de 200 kg, se traducirán en unos 2000 N. Por lo que $P_{pol} = 2000N$.

Por otro lado, en la Figura 14 se puede ver una foto del catálogo del lubricante (grasa) que se utilizará en todos los componentes de la amasadora, y por lo tanto en los rodamientos. Sin embargo, se contactó con el fabricante de lubricante (*Total Energies*) para obtener el valor de la viscosidad cinemática a la temperatura de 100 °C, debido a que se necesita otro valor para poder utilizar la fórmula de la proporción de las viscosidades. El valor que se proporcionó es de 12 cSt.

Presión de inyección 1400 mbar	IP 396/NFT 60 102C	°C	>300
Punto de goteo	ASTM D 445/DIN 51 562-1/ISO 3104/IP71	mm ² /s (cSt)	80
Viscosidad cinemática aceite base (40° C)			

Las características mencionadas representan valores típicos.

Figura 14. Catálogo de Total Energies [12].

Una de las características de esta grasa es que está registrada en NSF (The Public and Safety Organization), y lleva la denominación H1 de los lubricantes [4], lo que significa que esta grasa está preparada para el contacto accidental con los alimentos de la líneas de producción.

6.2 Fórmulas necesarias para el cálculo de la vida de los rodamientos

La fórmula necesaria para poder calcular la vida del rodamiento en ciclos hasta la fatiga cuando la vida supera el 90% viene denominada por la ecuación 6.1.

Siendo C la fuerza que origina un 10% de fallos a los 10⁶ ciclos y la P la Fuerza equivalente.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n \cdot 10^6 \quad (6.1)$$

En el caso de que no se conozcan los valores de los coeficientes de vida que se encuentran en la ecuación 6.1, dicha fórmula puede verse modificada a la ecuación 6.2.

$$L = a_1 \cdot a_{iso} \cdot L_{10} \quad (6.2)$$

Los parámetros a_1 y a_{iso} son valores tabulados obtenidos experimentalmente que se obtienen mediante las Figura 15 y la Tabla 1 respectivamente.

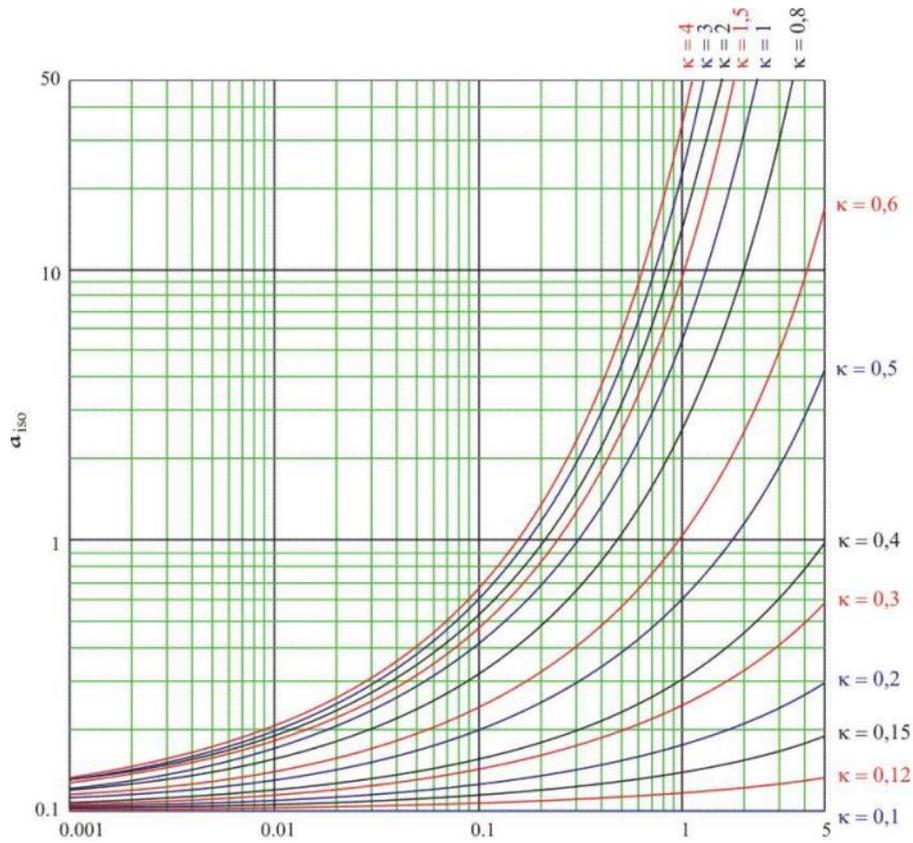


Figura 15. Gráfica para la obtención de a_{iso} .

Tabla. 1 Coeficiente de fiabilidad

Fiabilidad %	a_1
90	1
95	0.64
96	0.55
97	0.47
98	0.37
99	0.25
99.2	0.22
99.4	0.19
99.6	0.16
99.8	0.12
99.9	0.093
99.92	0.087
99.94	0.080
99.95	0.077

En la gráfica de la Figura 15, la fórmula necesaria para conseguir el valor del parámetro de las ordenadas viene definida por la ecuación 6.3, donde η_c es la condición de contaminación., P_u es el valor de la carga límite a fatiga. Y F_{eq} es la fuerza equivalente aplicada sobre el rodamiento.

$$\frac{\eta_c \cdot P_u}{F_{eq}} \quad (6.3)$$

En la misma gráfica, el parámetro auxiliar κ para la selección de las curvas viene definido por la ecuación 6.4. Este parámetro también será necesario para obtener la relación entre la viscosidad relativa de la Ecuación 6.5 y la de la Ecuación 6.6. En esta ecuación, ν es la viscosidad mediante de un lubricante entre dos temperaturas distintas y ν_1 es el valor de la viscosidad cinemática relativa.

$$\kappa = \frac{\nu}{\nu_1} \quad (6.4)$$

Los valores de ν y ν_1 se obtienen mediante las expresiones 6.5 y 6.6, donde d_m es el diámetro medio del rodamiento, n son las revoluciones de giro, A y B son.... y T es la temperatura de trabajo del rodamiento.

$$v_1 = \frac{45000}{\sqrt{d_m \cdot n^{1.667}}} \quad n < 1000 \text{ rpm} \quad (6.5)$$

$$v = 10^{10(A-B \cdot \log(273+T))} \quad (6.6)$$

Tabla. 2 Coeficiente de contaminación del lubricante

Condición	$d_m < 100$ (mm)	$d_m \geq 100$ (mm)
Limpieza extrema	1	1
Gran limpieza	0,8 ... 0,6	0,9 ... 0,8
Limpieza normal	0,6 ... 0,5	0,8 ... 0,6
Contaminación ligera	0,5 ... 0,3	0,6 ... 0,4
Contaminación típica	0,3 ... 0,1	0,4 ... 0,2
Contaminación alta	0,1 ... 0	0,1 ... 0
Contaminación muy alta	0	0

Sustituyendo las expresiones anteriores en la ecuación 6.2, da como resultado la ecuación 6.7, que es necesaria para poder cuantificar la vida de los rodamientos en la unidad temporal de segundos (s).

$$L_h = a_1 \cdot \frac{c^q}{60 \cdot n \cdot \left[\sum_{i=1}^2 \left(t_i \cdot \frac{1}{a_{iso,i}} \cdot F_i^q \right) \right]} \cdot 10^6 \quad (6.7)$$

El valor predeterminado que está contenido en la fórmula cambia según el tipo de rodamiento que se vaya a montar (de bolas, de barriletes, agujas, etc.). Este valor irá variando entre $q=10/3$ y $q=3$. En este caso como el rodamiento que se va a montar es del tipo doble barrilete auto alienante, que está agrupado en el tipo de rodamientos de contacto lineal. Por lo tanto, el valor de q será de $10/3$.

El último dato que se necesita es el límite de carga a fatiga del rodamiento, que se extrae del catálogo en la Tabla 3 mediante el calor C_u . En las fórmulas de los siguientes apartados, este valor vendrá definido como P_u . En este caso, el valor extraído de la Tabla 4 es de $P_u = 74,4 \text{ KN}$.

Tabla. 2 Catálogo de NTN-SNR [13].

6.3

d 130 ~ 160mm

d	Boundary dimensions					Basic load rating		Fatigue load limit kN C ₁₀	Allowable speed		Bearing numbers ¹⁾	
	D	B	r _{s,max} ²⁾	W ₀	d ₀	C _r	C _{0r}		Grease lubrication	Oil lubrication	Cylindrical bore	Tapered bore ²⁾
150	225	56	2.1	10	4.5	660	893	52.9	2 000	2 500	+23030EAD1	+23030EAKD1
	225	56	2.1	10	4.5	660	893	52.9	2 000	2 500	+23030EMD1	+23030EMKD1
	225	75	2.1	10	4.5	789	1 140	51.2	1 700	2 100	+24030EMD1	+24030EMK30D1
	250	80	2.1	13	6	1 060	1 350	65.1	1 600	2 000	+23130EAD1	+23130EAKD1
	250	80	2.1	13	6	1 060	1 350	65.1	1 600	2 000	+23130EMD1	+23130EMKD1
	250	100	2.1	12	6	1 180	1 590	62.8	1 600	2 000	+24130EMD1	+24130EMK30D1
	270	73	3	15	7	1 080	1 220	74.4	1 800	2 300	+22230EAD1	+22230EAKD1
	270	73	3	15	7	1 080	1 220	74.4	1 800	2 300	+22230EMD1	+22230EMKD1
	270	96	3	14	6	1 340	1 620	74.0	1 500	1 900	+23230EMD1	+23230EMKD1
	320	108	4	20	9	1 740	1 890	98.9	1 400	1 700	+22330EMD1	+22330EMKD1

Modelización del problema

Para poder empezar a realizar los cálculos del estudio que se está realizando, se realizará un esquema del conjunto real, con la idea de simplificar la geometría del eje y la aplicación de las fuerzas que soporta.

En la Figura 16 se puede observar de color naranja, la representación del eje de la amasadora, el cual se apoya encima de los rodamientos que, en esta imagen, están representados como los rectángulos de color azul.



Figura 16. Croquis del eje y sus apoyos

A continuación, se realizará un modelo del eje y los apoyos utilizando el software Solid Works 2021 para poder representar las medidas y las características geométricas que definen e eje (Figura 17). Estas medidas se han obtenido midiendo *in situ* el eje y sus componentes. Cabe destacar que las medidas que están en los planos realizados con la ayuda de SOLID WORKS son cm, pero en este proyecto se utilizarán las magnitudes del SI mm.

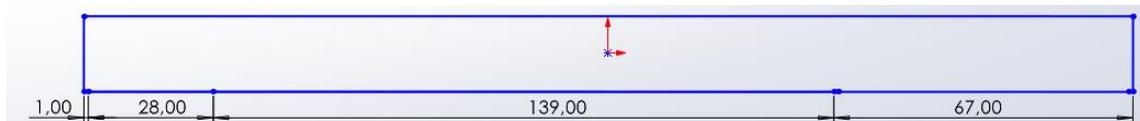


Figura 17. Medidas del eje

Después de expresar las medidas, lo siguiente, es establecer las condiciones de contorno. En este caso, los rodamientos se esquematizan como apoyos, localizados geoméricamente el centro de lo que serían los rodamientos reales. Estos apoyos serán fijos. Se puede ver la representación final en la Figura 18, don el esquema de cálculo se compone de viga biapoyada.



Figura 18. Esquema de apoyos

Seguidamente, hay que calcular la fuerza que recibe cada uno de los apoyos en cuestión (Figura 19). En este caso, hay que calcular las reacciones de los apoyos que, por equivalencia, serán las fuerzas que soporten los rodamientos.

Cabe destacar que, al empezar este trabajo, se hizo un estudio del tipo de cargas que aguanta el eje cuando se monta la transmisión que trabaja con las poleas y la correa. Como conclusión, se obtuvo que los rodamientos solo soportan un tipo de fuerzas que son radiales. El valor de las cargas axiales en este caso es insignificante según la prueba, y no afectan a la vida del rodamiento. Además, al ser el rodamiento auto-alienante el valor ínfimo de estas cargas axiales no producía fallo alguno.

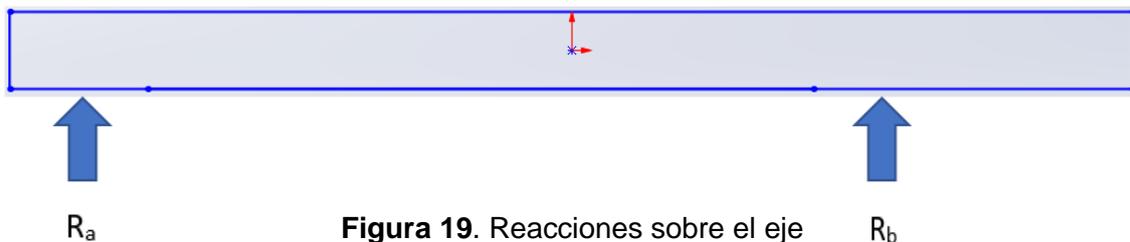


Figura 19. Reacciones sobre el eje

Una vez esquematizadas las reacciones de los apoyos, se procede a calcular el peso que sostienen los rodamientos. Cabe recordar que este trabajo, el estudio se centrará en el rodamiento de la derecha, donde está el eje motriz, que es el rodamiento que más sufre.

Estas las **Figuras 20 y 21** se delimitan las distancias a las que estarían situados los apoyos de los rodamientos. Con estos valores se van a realizar los cálculos, como anteriormente se ha indicado.

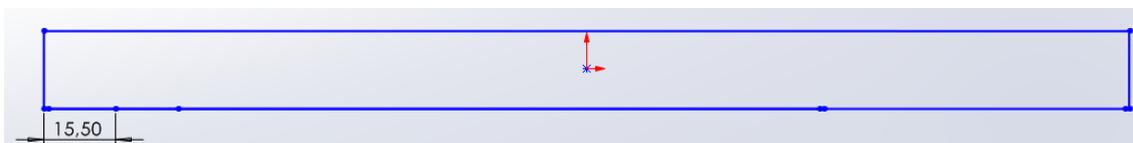


Figura 20. Distancia del inicio de la viga al apoyo A.

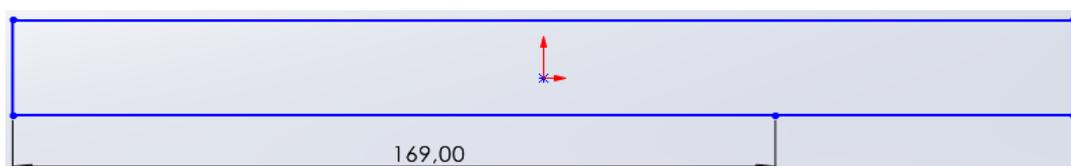


Figura 21. Distancia del inicio de la viga al apoyo

6.4 Cálculo de las relaciones de transmisión del proceso

Para poder acoplar la nueva etapa de transmisión, primero se calculará la relación de transmisión de todo el proceso. Debido a que se cambiará la transmisión, primero se debe conocer los datos del modelo con la polea. La primera medida se calculará con la polea, y una vez se tengan todos los datos, se tratará de buscar un motorreductor que se adecue a las características.

La relación de transmisión de la primera configuración con la polea viene dada por el valor proporcionado por el fabricante del motorreductor (Bonfiglioli), que en este caso es de 1,7.

A continuación, faltará la relación de transmisión que hay en la última etapa, entre la salida del motorreductor y la polea, que según el fabricante (Gates) es de 10,26.

Finalmente, mediante la ecuación 6.1 se calcula el valor total de la relación de transmisión de todas las etapas es de 17,44.

$$\text{Relación de transmisión total} = 1,7 \cdot 10,26 = 17,44. \quad (6.1)$$

Uno de los datos que serán necesarios para continuar con dichos cálculos es el valor del régimen de giro del eje de la amasadora, y se utilizarán los datos anteriores de la relación de transmisión para conseguirlo. Los cálculos se realizan con las ecuaciones 6.2 y 6.3.

$$\frac{1487}{1,7} = 874,7 \text{ rpm} \quad (6.2)$$

$$\frac{874,7}{10,26} = 85,5 \text{ rpm} \quad (6.3)$$

El motor gira a 1487 rpm, pero el reductor que tiene modifica su régimen de giro a 874,7 rpm. Tras la etapa de la polea el eje girará a 85,5 rpm.

6.5 Cálculo de la vida del rodamiento con la polea Gates

Primero se va calcular la vida que tiene el rodamiento con la transmisión con la polea Gates. Para ello, se tiene que obtener las fuerzas que soportan los rodamientos que forman el sistema. Utilizando el diagrama del sólido libre a modo de esquema, se pueden situar las fuerzas sobre el eje y donde están situados los apoyos.

Para poder obtener el valor de las fuerzas, se debe hacer un balance de fuerzas, que en este caso se estudiará en los ejes de coordenadas X-Y, y en el X-Z.



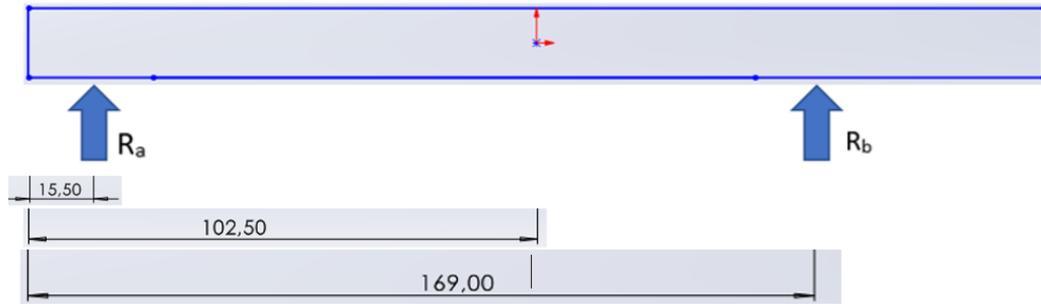


Figura 22. Localización de las reacciones de los rodamientos

Balace de fuerzas y reacciones en el EJE X-Y:

- Balance de fuerzas verticales en Y:

$$F_y = 0 \rightarrow R_{ya} + R_{yb} - (6350 + 3000) = 0 \quad (6.8)$$

- Cálculo de momentos en el apoyo A:

$$M_a = 0 \rightarrow - (6350 + 3000) \cdot 1025 + R_{yb} \cdot 1535 = 0 \quad (6.9)$$

- Resultado del sistema de ecuaciones:

$$R_{ya} = 3106 \text{ N}$$

$$R_{yb} = 6243,5 \text{ N}$$

Balace de fuerzas y reacciones en el EJE X-Z:

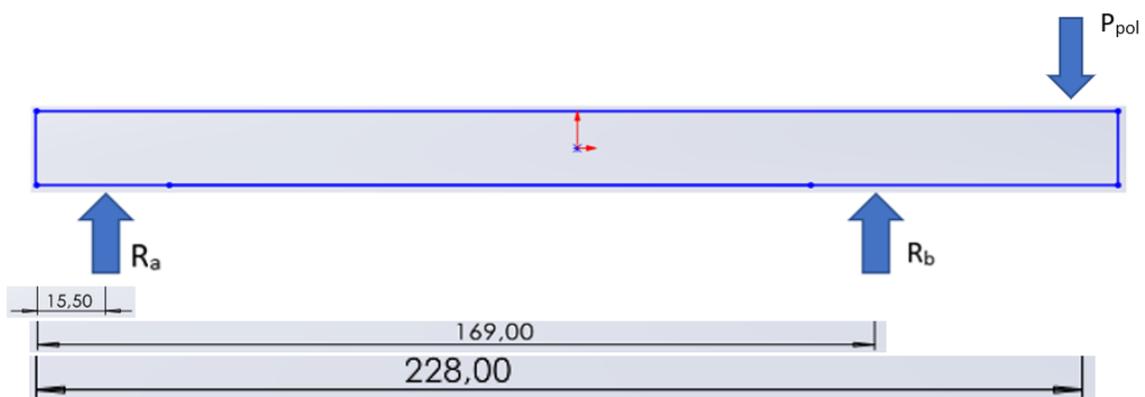


Figura 23. Esquema del Balance de fuerzas y reacciones en el EJE X-Z:

- Balance de fuerzas verticales en Z:

$$F_z = 0 \rightarrow R_{za} + R_{zb} - 2000 = 0 \quad (6.10)$$

- Cálculo de momentos en el apoyo A:

$$M_a = 0 \rightarrow R_{zb} \cdot 1690 - 2000 \cdot 2125 = 0 \quad (6.11)$$

- Resultado del sistema de ecuaciones:

$$R_{za} = -514,8 \text{ N}$$

$$R_{zb} = 2514,8 \text{ N}$$

Una vez obtenidos todos los valores de las cargas que actúan sobre los rodamientos de la amasadora, hay que conseguir la Fuerza equivalente. Esta fuerza combina las fuerzas en las dos direcciones del eje (Y-Z) para conseguir un solo valor de fuerzas, y simplificar los cálculos.

Como el rodamiento que se está estudiando está situado donde se localiza la reacción B, y soporta además las cargas que sustenta la reacción B respecto de la A, el rodamiento B es el que tiene condiciones más perjudiciales, por lo que se analiza solo este caso. La fuerza equivalente se obtiene del siguiente modo:

$$F_{eq} = \sqrt{6243,3^2 + 2514,8^2} = 6730,937 \text{ N} \quad (6.12)$$

Obtención del coeficiente a_{iso}

Para poder obtener este coeficiente de vida, se deben usar concretamente la gráfica de la Figura 15. Como ya se mencionó anteriormente, habrá que calcular dos parámetros para entrar en la gráfica y poder conseguir el valor de este coeficiente.

Para entrar por la vertical en la gráfica se necesitará usar la fórmula que se puede encontrar en la Ecuación 6.3. Sustituyendo los valores se obtiene:

$$\frac{\eta_c \cdot P_u}{F_{eq}} = \frac{0,1 \cdot 74,4 \cdot 10^3}{6730,937} = 1,10534 \quad (6.13)$$

A continuación, se debe conseguir el valor de κ , pero primero se deben de conseguir los valores de ν y ν_1 , que son la viscosidad cinemática del lubricante y la viscosidad cinemática relativa, respectivamente.

Para conseguir el valor de la viscosidad cinemática del lubricante a la temperatura de trabajo, que no es la que se tiene en el catálogo, hay que hacer un sistema de ecuaciones para conseguir los factores A y B. Para ello, se necesitan los valores de viscosidad cinemática a diferentes temperaturas, al menos a dos temperaturas. En este caso, el comercial y el catálogo presentan las viscosidades cinemáticas a 40 °C y 100 °C. El sistema para conseguir los valores de A y B queda definido como:

$$\log(\log(12 + 0,7)) = A - B \cdot \log(100 + 273) \quad (6.14)$$

$$\log(\log(80 + 0,7)) = A - B \cdot \log(40 + 273) \quad (6.15)$$

Al resolver dicho sistema se obtiene los siguientes valores:

$$A = 8,05976$$

$$B = 3,11733$$

Con estos valores, se podrá calcular la viscosidad cinemática a una temperatura de 70 °C que es la temperatura de trabajo del sistema. Para ello, se utiliza la ecuación 6.6.

$$T = 60^{\circ}\text{C} \rightarrow \nu = 10^{10(A-B \cdot \log(273+T))} = 27,136 \quad (6.16)$$

Seguidamente, se necesita la viscosidad cinemática relativa. Para ello se necesita conocer la velocidad de giro del eje, que es de 85,5 rpm y el diámetro medio del rodamiento, que es de 210 mm. Haciendo uso de la ecuación 6.5 se obtiene:

$$\nu_1 = \frac{4500}{\sqrt{210 \cdot 85,5^{1,667}}} = 76,17 \quad (6.17)$$

Una vez que ya se tienen los dos tipos de viscosidad, ya se puede obtener el factor κ .

$$\kappa = \frac{\nu}{\nu_1} = \frac{27,136}{76,17} = 0,356 \quad (6.18)$$

Obtenidos los dos valores para entrar en la gráfica, se obtiene que el valor del factor a_{iso} es de 0.29 (Ver Figura 24).

Para finalmente calcular el tiempo de vida que durará el rodamiento, se debe de extraer el valor de C de la Ecuación 6.19.

$$C = 1080 \cdot 10^3 \text{ N} \quad (6.19)$$

La vida del rodamiento será de 2.5 años, que efectivamente es el periodo en el que se está produciendo actualmente la rotura del rodamiento de forma periódica.

$$L = 0,25 \cdot 0,25 \frac{(1080 \cdot 10^3)^{\frac{10}{3}}}{60 \cdot 85,5 \cdot \frac{(6730,9)^{\frac{10}{3}}}{0,29}} \cdot 10^6 \rightarrow 2,51 \text{ años} \quad (6.20)$$

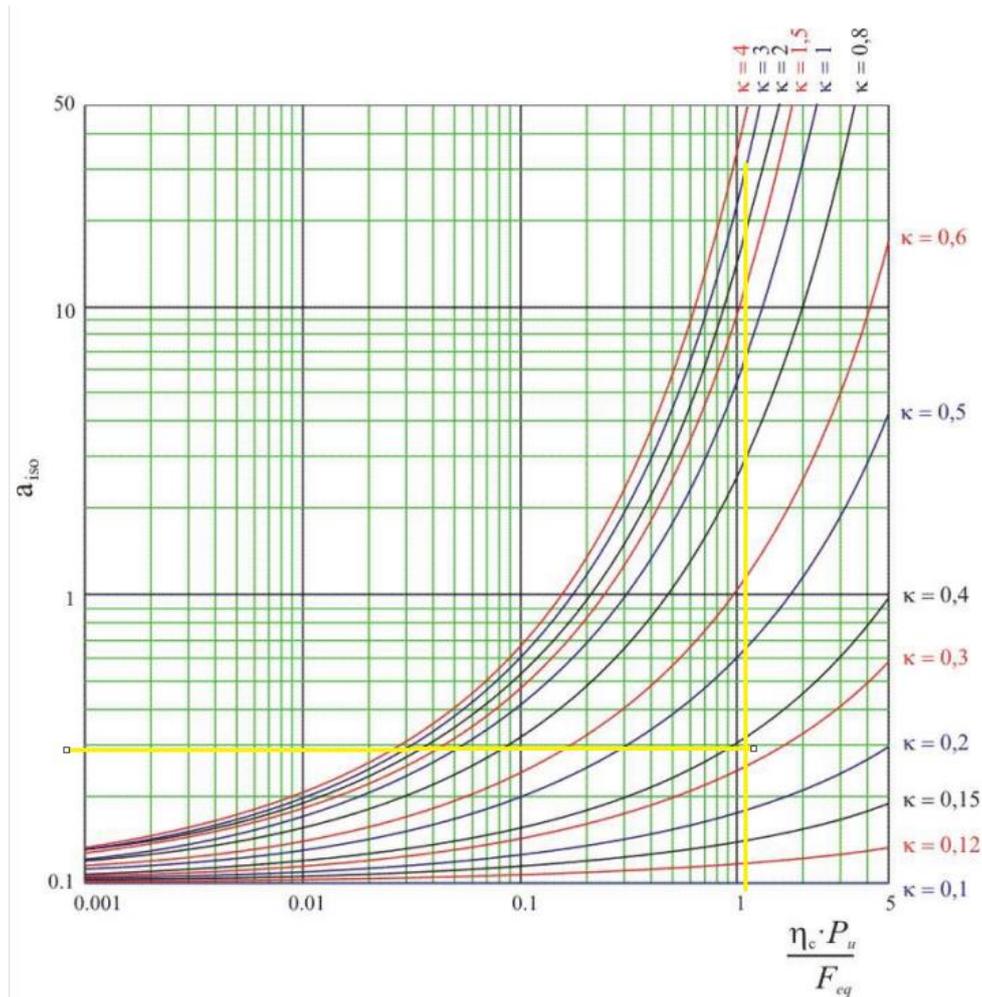


Figura 24. Resultado de a_{150} en el primer cálculo

6.5 Cálculo de la vida del rodamiento con la nueva transmisión

La transmisión nueva no consta de una polea, por lo que la fuerza que realizaba la correa al estar pretensada, unos 2000 N, en este caso se elimina. De este modo, se tendrá un valor global de la carga más bajo, y el resultado final del cálculo de la vida del rodamiento debería ser más elevada.

Para empezar a calcular dichas cargas, primero se realiza el diagrama del eje a modo de esquema para poder localizar la longitud a la que se sitúan las fuerzas y los apoyos. Dicho diagrama se muestra en la Figura 25. Siguiendo la metodología anterior, se realiza un balance de fuerzas en los planos de trabajo X-Y y X-Z.

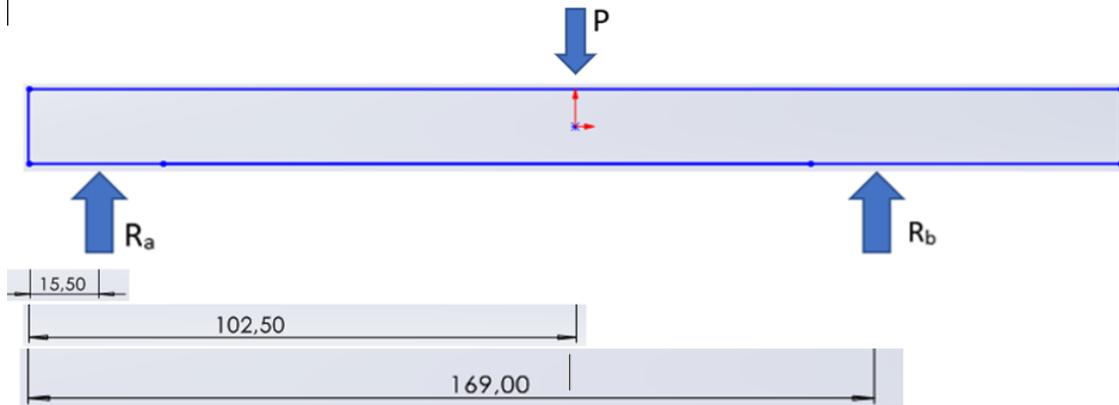


Figura 25. Balance de fuerzas en el eje X-Y

Balance de fuerzas y reacciones en el EJE X-Y

- Balance de fuerzas verticales en Y:

$$F_y = 0 \rightarrow R_{ya} + R_{yb} - (6350 + 3000) = 0 \quad (6.21)$$

- Cálculo de momentos en el apoyo A:

$$M_a = 0 \rightarrow -(6350 + 3000) \cdot 1025 + R_{yb} \cdot 1535 = 0 \quad (6.22)$$

- Resultado del sistema de ecuaciones:

$$R_{ya} = 3106 \text{ N}$$

$$R_{yb} = 6243,5 \text{ N}$$

Balance de fuerzas verticales en X-Z:

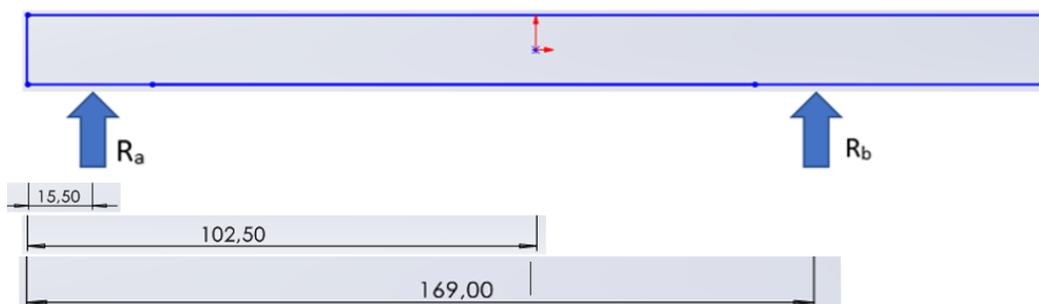


Figura 26. Balance de fuerzas verticales en X-Z:

Al no disponer de la carga que ejercía la pretensión de la correa sobre el eje, la fuerza que se puede observar sobre la Z es 0. Por tanto, se puede concluir en que $F_{eq} = 6243,5 \text{ N}$ ya que solamente tenemos la fuerza de reacción del plano X-Y.

Obtención del coeficiente a_{iso}

En el motor anterior ya se ha explicado el procedimiento para obtener este coeficiente, por lo que ahora se mostrará de forma resumida los pasos seguidos. El coeficiente de entrada a la Gráfica según el eje de ordenadas obtiene el siguiente valor con la nueva fuerza equivalente.

$$\frac{\eta_c \cdot P_u}{F_{eq}} = \frac{0,1 \cdot 74,4 \cdot 10^3}{6243,5} = 1,2 \quad (6.23)$$

En el caso de la variable κ , su valor no cambia ya que se utilizará el mismo lubricante que trabajará a la misma temperatura. Además, se ha procurado que la velocidad a la que trabaja el rodamiento se mantenga igual, por lo que la v y v_1 serán iguales que en apartado anterior, por lo que $\kappa = 0,356$. Obtenidos los dos valores para entrar en la gráfica, se puede conseguir el valor del factor a_{iso} . que en este caso tiene un valor de 0,31 como se observa en la Figura 27.

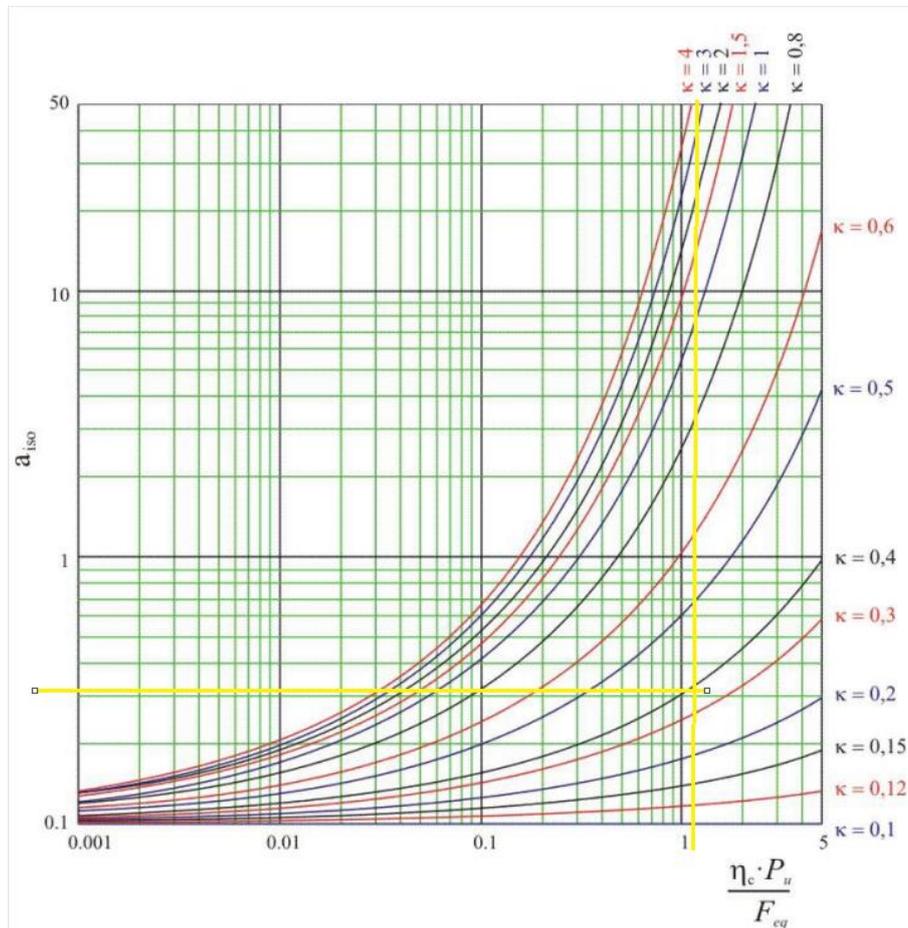


Figura 27. Obtención de a_{iso} para el segundo cálculo

Antes de calcular el tiempo de vida que durará el rodamiento, se debe de extraer el valor de C que se puede extraer de la Ecuación 1, y en este caso tiene un valor de $C = 1080 \cdot 10^3 N$.

Con todos los parámetros calculados, se obtiene que la vida del rodamiento con la nueva transmisión será de:

$$L = 0,35 \cdot 0,25 \frac{(1080 \cdot 10^3)^{\frac{10}{3}}}{60 \cdot 85,5 \cdot \frac{(67243,5)^{\frac{10}{3}}}{0,31}} \cdot 10^6 \rightarrow 4,835 \text{ años} \quad (6.24)$$

Como se puede ver en los resultados de los dos cálculos, se puede extraer que la vida del rodamiento incrementa aproximadamente al doble si se cambia la transmisión por correa a la del motorreductor.

6.6 Elementos de la nueva configuración

El antiguo motor reductor era de la marca SEW, y trabajaba a 55 HZ. Con el motorreductor nuevo, el NORD, se trabajará a la frecuencia nominal de la red, a 50 HZ. Con el resultado que se ha obtenido, se tendrá que buscar un motorreductor que se acople a estas características y que además tenga un precio razonable para poder amortizar la máquina. Tras realizar una búsqueda entre los distintos fabricantes que más frecuenta la empresa, el que mejor se adaptaba a las características de la línea es el motorreductor de la marca NORD cuyas características se indican en la Figura 8.

	Funcionamiento del motor	Conexión directa a red
	Relación de reducción	14.1
	Velocidad de salida	105 1/min
	Factor de servicio	1,6
	Par de salida	11990 Nm

Figura 28. Datos del nuevo motorreductor de la empresa NORD

Por otro lado, es importante destacar que entre la salida del motorreductor y el eje de la pala de la amasadora, habrá que instalar un acople elástico, el cual tendrá que soportar el par que tenga el motorreductor a la salida. Se observa en la Figura anterior, que el par de salida es de 11990 Nm. Realizando una búsqueda entre diferentes proveedores se ha encontrado un acople elástico que se adapta a todas las características tanto geométricas como mecánicas, el cual se muestra en la Figura 29.



Figura 29. Datos del acople elástico de la empresa REXNORD[14]

Este acople elástico del fabricante Rexnord, se adapta perfectamente a la condición de exigidas de par, ya que soporta hasta 12500 Nm. De este modo, no se monta directamente el motorreductor sobre el eje de la pala de la amasadora, ni se propone otro tipo de acople porque, el acople elástico:

- Hace que se transmitan muy pocas vibraciones.
- Anula la carga que viene del motor a la hora del encendido y del apagado.
- Produce que no haya desalineación entre los ejes.
- Retira la excentricidad que se pueda crear.
- Anula la carga axial posible que se pudiera crear en el motorreductor.

7. Requerimientos dimensionales

En este apartado se presentan todos los requerimientos que debe de cumplir la maquinaria que se va a instalar para su perfecta adaptación a su sitio de trabajo, siendo este el punto de partida para escoger el modelo del motorreductor.

Primero habrá que analizar el espacio que ocupa la actual máquina, así como también el peso de esta por si hay que adaptar estructuralmente el emplazamiento para que resista el peso más todos los movimientos. El antiguo motor SEW, tiene unas dimensiones de 2044 milímetros de largo, 660 milímetros de ancho y, 675 milímetros de alto.

En la siguiente foto (Figura 30) se puede observar que lo que está dentro del cuadrado rojo es la máquina en sí, con la carcasa, más todos las máquinas que trabajan conjuntas con ella.

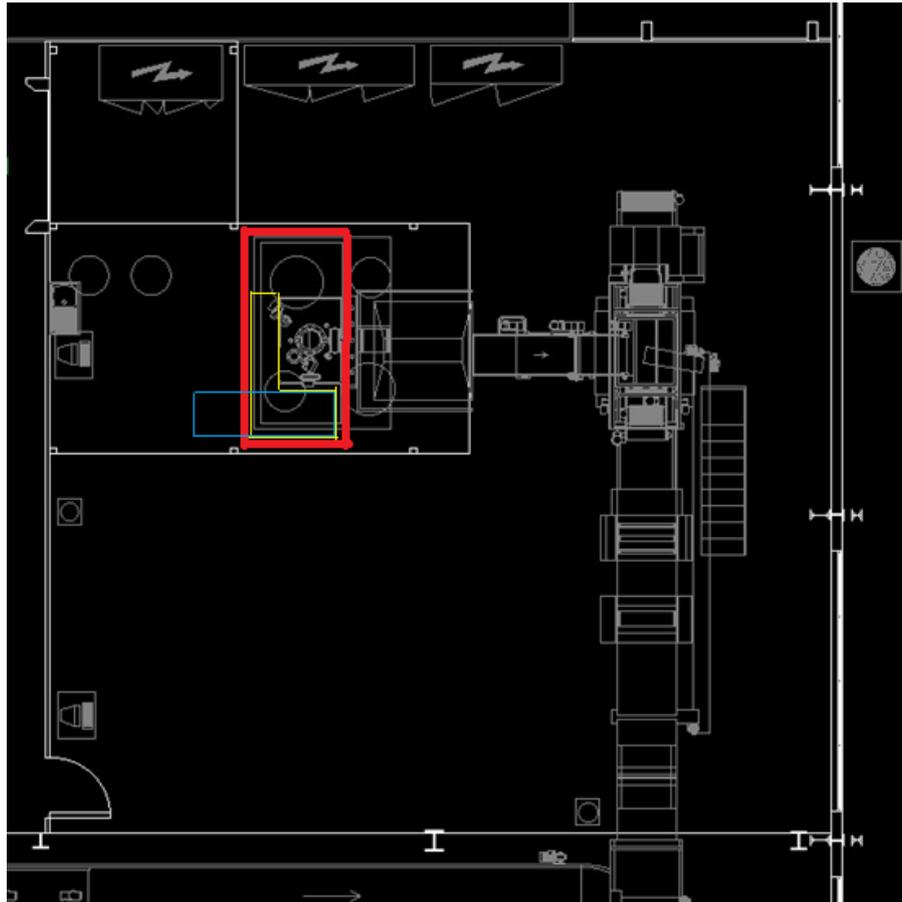


Figura 30. Plano de localización de las máquinas

De color amarillo, formando dos rectángulos, uno vertical y otro horizontal, se indican la disposición y la dimensión, por una parte del motor (rectángulo vertical), y por otra parte de la polea más la correa de transmisión (rectángulo horizontal). El rectángulo de color azul que forma un rectángulo horizontal indica lo que ocupa el nuevo motorreductor NORD en el obrador.

El factor importante que se debe tener en cuenta es que el obrador de esta línea de producción está emplazado en la primera planta y no en la planta baja, así que el peso de este nuevo motorreductor se deberá tener en cuenta. El motorreductor previo SEW Eurodrive R167DRN315M4 pesa 1517 kg, y en su anterior instalación se tuvo que reforzar el forjado. En la Figura 31 se puede ver en color azul la viga que está en la posición “natural” del forjado, va de pilar a pilar, y está contemplada en el plano primitivo de la fábrica. Mientras que las otras dos vigas marcadas en rojo, son vigas que no están en el plano primitivo de la fábrica, y han sido añadidas posteriormente al forjado para reforzarlo frente al incremento de carga que sufre este a causa de la instalación de la amasadora, ya que su conjunto como se ha dicho anteriormente pesa 1517 kg.



Figura 31. Apoyos y refuerzos que se encuentran actualmente en el forjado.

Además, en esta foto, se pueden ver los anclajes que tiene la amasadora al suelo; en el hueco que hay entre las dos vigas añadidas se observan dos chapas con una rosca que la mantienen estable.

Con la instalación del nuevo tipo de transmisión el motorreductor NORD, surge un problema a nivel estructural, ya que, el nuevo componente mecánico que se va a instalar para suplir al antiguo, pesa 2360 kg. Esto significa que la diferencia de peso que hay entre el antiguo motorreductor y este es de 843 kg. Al no tener competencias en el apartado estructural de la empresa ni pertenecer al departamento que se encarga de este tipo de ajustes, se tuvo que hablar con el arquitecto de la empresa para poder buscar una opción acorde con la situación y que sea factible.

7.1 Cálculo del perfil

Para empezar a calcular el perfil del pilar primero se debe de averiguar el área de influencia que tendrá el pilar, en este caso será de 25 m² como se muestra en el esquema de la Figura 32.

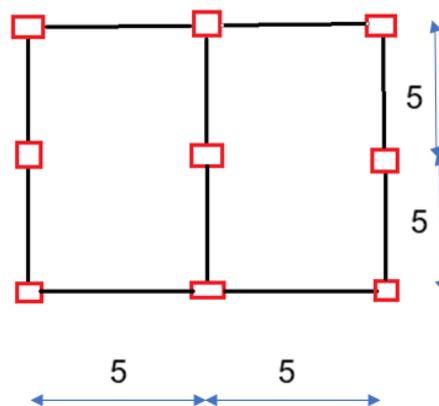


Figura 32. Esquema de la distribución de los pilares de la planta baja

Seguidamente se tendrá que hacer una clasificación del tipo de cargas que sostendrá la pareja de pilares. En este caso se debe de separar en cargas permanentes y de sobrecarga de uso.

En el forjado reforzado las cargas que se pueden encontrar son:

- Carga permanente (CP) \longrightarrow (solado + revestimiento + tabiquería + viguetas pretensadas ($H_b + C$) + maquinaria) = 7.5 kN/m²
- Sobrecarga de uso (SU) \longrightarrow (máquina de mantenimiento + operarios) = 2,5 kN/m².

El material del que van a ser los perfiles será el acero estructural S275JR, que tiene un $F_y = 275 \text{ N/mm}^2$, pero que con el coeficiente $Y_{MO} = 1,05$ el valor que será útil para el cálculo será el extraído de la ecuación 7.1:

$$\frac{275}{1,05} = 261,9 \text{ N/mm}^2 \quad (7.1)$$

Seguidamente habrá que multiplicar el valor que se ha obtenido anteriormente por el coeficiente de servicio del tipo de pilar, que en este caso teniendo en cuenta el pandeo será del 60%.

$$261,9 \cdot 0,6 = 157.14 \text{ N/mm}^2 \quad (7.2)$$

Una vez ya obtenidos los datos iniciales del problema, se procederá a realizar los cálculos para obtener el perfil adecuado.

Para calcular la carga vertical que tendrá el pilar se utilizarán los siguientes coeficientes de mayorazgo: 1.35 en CP y 1.5 en SU, de tal modo que la carga se obtiene según la ecuación 7.3.

$$N_1 = 25 \cdot (1.35 \cdot 7.5 + 1.5 \cdot 2.5) = 346,875 \text{ kN} \quad (7.3)$$

$$\frac{346,875 \cdot 10^3}{157,14} = 2207,43 \text{ kN} \quad (7.4)$$

Una vez que se ha obtenido la carga mínima que debe de soportar el pilar, se divide entre dos, ya que la estructura estará compuesta por dos pilares. La metodología de cálculo está simplificada al estar bastante juntos los pilares, estar centrado el peso entre los dos y tener la carga repartida gracias a la viga.

$$\frac{2207,43}{2} = 1103,71 \text{ kN} \quad (7.5)$$

Observando los valores que ofrecen los perfiles HEB, el que mejor encaja en la estructura será el HEB mostrado en la Figura 33.

Tabla 2.A1.3.- Perfiles HEB, HEA

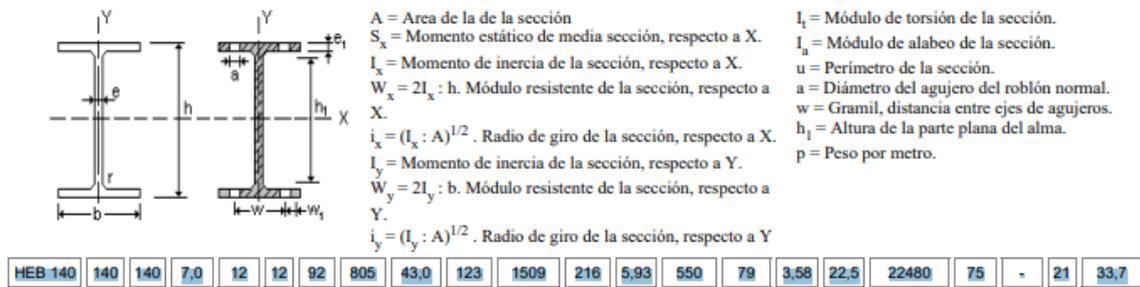


Figura 33. Catálogo de perfiles HEB, HEA [15]

En este caso se han escogido unos HEB-140, que son de las mismas medidas que las vigas y el pilar que se hayan ya en el forjado. Para instalar estos dos pilares, primero se tendría que hacer una zapata a cada pilar, a modo de cimientos de la estructura para que los esfuerzos que puedan cargar los pilares sean transmitidos al terreno de la forma más segura. (Ver Figura 33)

Sobre los dos amarres de la amasadora que se pueden observar en la imagen, se colocará una pletina grande que contenga los dos amarres, y la pletina a la vez, estará soldada a las vigas supletorias.

Una vez esté todo esto, se unirán los dos pilares mediante un arrostramiento, que en este caso será un perfil HEB 160, y como forma de unión se usará un cordón de soldadura.

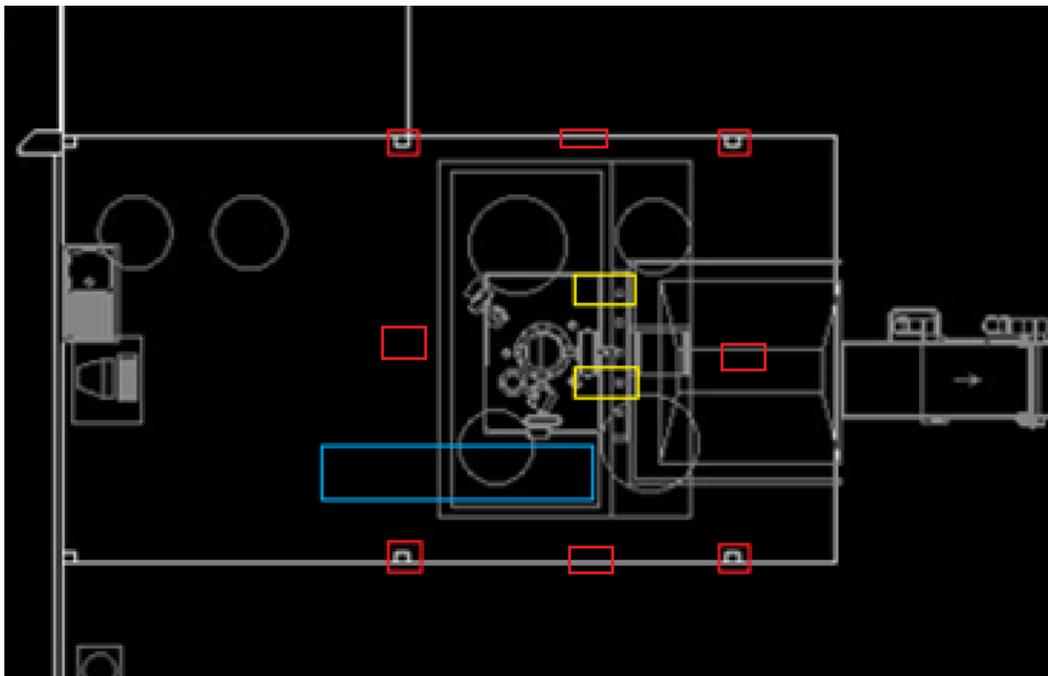


Figura 34. Plano del obrador, visualizando donde estarán los futuros pilares

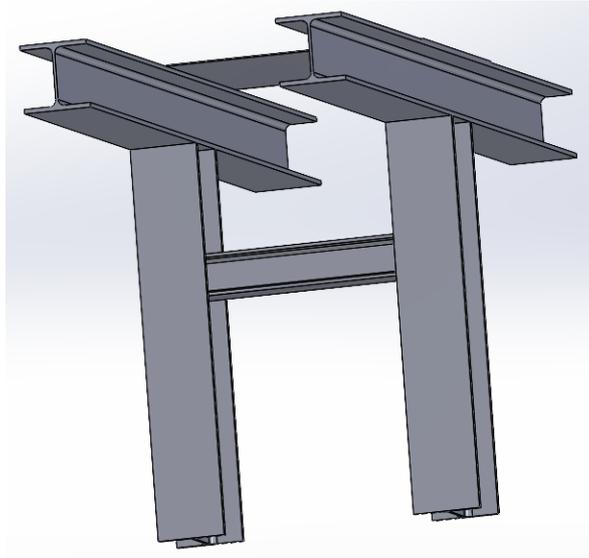


Figura 35. Disposición de los elementos estructurales de refuerzo

8. Conclusiones

A la hora de desarrollar este proyecto se ha necesitado la intervención de recursos tanto materiales como humanos, totalmente proporcionados por la empresa *Vicky Foods*. Estos recursos han estado presentes en el estudio y elección de la nueva configuración de la transmisión de la amasadora de pan, así como en las fases de la instalación y la supervisión de su perfecto funcionamiento una vez ya ha estado en funcionamiento.

A continuación, se enumerarán las conclusiones principales del trabajo.

- Se ha realizado un estudio comparando los dos tipos de transmisión, el primitivo y el nuevo para poder valorar si este cambio era efectivo para alargar la vida del conjunto de la máquina según las pretensiones de la empresa.
- Se ha realizado un diseño conceptual de una estructura auxiliar complementaria al proyecto localizada en la planta inferior de la nave, que es necesaria para llevar a cabo la instalación de la nueva configuración.
- Se han generado los planos de aquellos componentes mecánicos y estructurales para una mejor visualización del proyecto y para su posterior instalación.
- Se han elegido elementos mecánicos externos a la nueva transmisión, como el acople elástico, para su mejor funcionamiento y acople en el conjunto.
- Se ha efectuado el montaje completo de cada una de las nuevas partes que formarán parte del conjunto de la amasadora.

- Se ha efectuado un seguimiento de todos los procesos para encontrar posibles problemas en el diseño o el montaje con el fin de documentarlos y posteriormente corregirlos.

Referencias

- [1]. Vicky Foods S.L.U. <<https://www.vickyfoods.es/>> [Consulta: 23 de mayo de 2023]
- [2]. Definición de amasadora industrial < <https://emjuvi.com/amasadoras-industriales/#:~:text=Las%20amasadoras%20son%20maquinarias%20industriales,la%20calidad%20de%20la%20producci%C3%B3n> >.
[Consulta: 24 de mayo de 2023]
- [3]. Amasadora industrial <<https://www.exapro.es/vmi-spi-280-av-p90320070/>>
[Consulta: 23 de mayo de 2023]
- [4]. Ejemplo de amasadora industrial y sus partes
<https://www.tortilladoras.com.mx/producto/amasadora-de-acero-inoxidable/#>
[Consulta: 25 de mayo de 2023]
- [5] Instrucciones Mecánicas VMI Verymix.
- [6] Correa dentada <https://es.rs-online.com/web/p/correas-de-distribucion/2122046>
[Consulta 27 de mayo de 2023]
- [7]. Definición de Rodamientos
<https://www.nskamericas.com/es/services/what-s-a-bearing.html#:~:text=Hoy%20en%20d%C3%ADa%2C%20los%20rodamientos,entre%20los%20distintos%20elementos%20m%C3%B3viles>
[Consulta: 25 de mayo 2023]
- [8] Rodamientos de rodillos esféricos dobles
<<https://www.skf.com/es/products/rolling-bearings/roller-bearings/tapered-roller-bearings/double-row-tapered-roller-bearings>>
- [9] Motorreductor Sin fin – Corona
< <https://www.erhsa.com/html/mecanicos/reductores/sinfin-corona.html>>
- [10] Motorreductor corona–Corona
< <https://www.cidepa-sincron.com/es/9/motorreductor-corona-sin-fin-mq> >
- [11]. Enrique Nadal Soriano. Apuntes de Diseño de Maquinas II.
- [12]. Catálogo de lubricantes de Total Energies.
- [13]. Catálogo de NTN-SNR
- [14]. Catálogo de Rexnord

- [15]. Catálogo de perfiles estructurales.
- [16]. Europa. NSF The Public Health and Safe Organization Certificación. Documentación técnica del producto. Certificación H1 de lubricantes NSF
- [17]. Consejería de Empleo, Investigación y Universidades de la Región de Murcia (2019) Convenio Colectivo para la Industria Siderúrgica de la Región de Murcia.
- [18]. España. (1997) Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización. (BOE-A-1997-8671)

PARTE 2

PRESUPUESTO

En la siguiente parte del documento se van a estimar todos los costes que harán posible el desarrollo del proyecto. En este documento se enumerarán los distintos tipos de gastos como: mano de obra, coste de los materiales y los equipos utilizados.

Como no se puede saber exactamente los tiempos de los procesos que van a realizar para la finalización del proyecto, será necesario hacer una aproximación e intentar, con los datos que se poseen que sea lo más fiel a la realidad posible.

1. Método presupuestario

En el presupuesto se pueden diferenciar dos partes, una más relacionada con el diseño y la otra que engloba los costes de las propias máquinas.

En la primera parte se pueden encontrar aquellos factores que han estado presentes en el momento del proceso de diseño, como, por ejemplo, todas las licencias de los softwares utilizados, los sueldos de los trabajadores o los costes de los equipos utilizados. El coste definitivo de esta parte está ligada directamente al tiempo de dedicación al proyecto.

La segunda parte, tienen en cuenta los costes de todos los componentes mecánicos adquiridos para el montaje definitivo del proyecto y algunos alquileres de equipamiento para poder realizar las labores de instalación de la nueva máquina.

2. Justificación del coste del proceso de diseño

El presupuesto relacionado con la parte de diseño y desarrollo del proyecto se puede dividir en tres partes.

- Primera, licencias de programas CAD, ofimática y cálculo. Los programas que han sido necesarios para el posible desarrollo del proyecto han sido SolidWorks, Microsoft Office Word y puntualmente para realizar algún tipo de tabla y/o recabar información también se utilizó Microsoft Office.
- Segunda, mano de obra y personal. En este apartado el coste del sueldo del Ingeniero Técnico responsable del proyecto viene establecido por el convenio aplicable [5] al que está acogido la empresa. También se tendrá en cuenta el coste del sueldo del oficial de taller el cual también dedicará tiempo en labores de desarrollo del proyecto, dicho sueldo también estará recogido en el mismo convenio del que se hablaba anteriormente.
- Y finalmente, los equipos utilizados en la instalación. En el diseño del proyecto se ha utilizado un ordenador portátil para el modelado de planos y el desarrollo del proyecto, así como todo tipo de instrumentos de medición como pie de rey, metro o incluso metro con puntero láser.

2.1 Coste de los equipos

El coste de los equipos necesarios irá determinado por el precio de su adquisición, de todo aquellos que se ha utilizado en el desarrollo del proyecto. En la Tabla 4, se puede observar el desglose del coste de todo aquello que ha intervenido en el proyecto. La referencia de “ordenador portátil” que aparece en la Tabla 1, se refiere al ordenador que se utilizado, cuyas características son: Procesador Intel Core i9-11900H de 11ª generación, memoria RAM de 32 Gb y Tarjeta gráfica NVIDIA RTX 3060.

El resto de los elementos, están asociados al funcionamiento conjunto con el ordenador.

Tabla. 3 Coste de los equipos

Cantidad Ud.	Descripción	Coste Ud.	Amortización Ud.	Coste horario Ud.	Dedicación proyecto Ud.	Coste en proyecto Ud.
1	Ordenador portátil	1679,99 €/ud	6 años	0,135 €/hora	140 horas	18,90 €
1	Ratón Logitech	19,99 €/ud	6 años	0,005 €/hora	140 horas	0,70 €
1	Impresora OKI	1600 €/ud	6 años	0,0175 €/hora	4 horas	0,07 €
45	fotocopias impresora	0,025 €/ud	6 años			1,13 €

2.2 Coste del personal

La forma en la que se va a calcular el coste del personal es directamente proporcional al tiempo que dedican los profesionales en preparar los equipos la nueva maquinaria en el taller y hacerle un mantenimiento preventivo con los lubricantes que se usa en la empresa y las pruebas correspondientes. En la Tabla 6 se puede ver reflejados todos los costes derivados de la mano de obra

Tabla. 4 Coste del personal

Cantidad Ud.	Descripción	Salario Ud.	Coste horario Ud.	Dedicación proyecto Ud.	Coste en proyecto Ud.
1	Ingeniero técnico	1536,84 €/mes	9,15 €/hora	110 horas	1.006,50 €
1	Jefe de taller	1406,01 €/mes	8,37 €/hora	25 horas	209,25 €

2.3 Coste de licencias y software

Para el desarrollo del proyecto han sido necesarios cuatro programas diferentes. Entre estos se pueden encontrar el Excel y el Word Office, aunque realmente se puede contar como uno al ir dentro de un paquete que ofrece Microsoft. Respecto a los otros, para la creación de planos y figuras en 3D como la de la estructura de soporte del forjado se ha utilizado una licencia de SolidWorks que la empresa ha proporcionado. El último programa utilizado, el cual su descarga e instalación

es gratis, es el MDSolids que se ha utilizado para la generación de dibujos auxiliares para los cálculos.

En la Tabla 7 se puede ver reflejado el coste final de todo el conjunto:

Tabla. 5 Coste de Licencias

Cantidad	Ud.	Descripción	Coste Ud.	Coste Total Ud.	Utilización Ud	Coste unitario	Uso proyecto	Coste en proyecto
1		Licencia SolidWork	2250 €/año	2250 €/año	650 horas/año	4,15 €/hora	45 horas	186,75 €
1		Licencia Microsoft OWA	169,9 €/año	169,9 €/año	1000 horas/año	3,75 €/hora	120 horas	450,00 €
1		MDSolid	0 €/ud	0 €/ud	50 horas/año	0 €/hora	5 horas	- €

La forma en la que se ha calculado el coste de este apartado es estimando el coste horario unitario, y al ser una licencia compartida entre dos usuarios, se ha tomado la decisión de calcular el coste conociendo el uso que se le da durante el año de duración de la licencia y, el coste del paquete office 365 OWA será el estándar.

2.4 Resumen del coste del desarrollo

Como conclusión, se hace la suma de cada uno de los costes finales de los apartados anteriores para poder concluir con la parte del presupuesto del diseño/desarrollo del producto. Esto se puede ver reflejado en la Tabla 7.

Tabla. 6 Coste total del desarrollo

Coste equipos	20,80 €
Coste personal	1.215,75 €
Coste licencias	636,75 €
Coste Total Diseño	1.873,30 €

3. Justificación del coste de montaje

Esta parte engloba todo tipo de gastos relacionados con el momento en el cual se realice la instalación ya que aparte del coste de la propia máquina, también se debe de alquilar vehículos de transporte y manejo de aquello que va a ser instalado.

Se puede dividir esta sección en tres partes:

- Coste del propio motorreductor.
- Coste derivado del alquiler de máquina elevadora. En este caso se dispondrá de una grúa de 40 toneladas para manejar verticalmente la nueva transmisión.
- Coste derivado de mano de obra.

3.1 Coste del motorreductor NORD

Para que el objetivo del proyecto se realice, una de las partes más importantes es el cambio de la configuración de transmisión antigua a la nueva con un motorreductor nuevo del fabricante NORD.

En la Tabla 9 su puede ver reflejado el coste de este:

Tabla. 7 Coste Motorreductor NORD.

Motorreductor Helical Bevel 1 SK 9092.1 - 315MP/4 TF	17.584,00 €
---	-------------

3.2 Coste equipo auxiliar de instalación

Para la instalación del nuevo motorreductor es necesario utilizar una grúa de 40 toneladas, la cual será alquilada a una empresa externa. El precio de la grúa, está fijado por convenio entre las empresas. El mínimo coste del alquiler de la grúa es de 3 horas. Si se llegan a superar estas tres horas, el precio de las horas suplementarias es de 59 €/hora.

Tabla. 8 Coste del equipo auxiliar.

Cantidad Ud.	Descripción	Coste horario Ud.	Dedicación proyecto Ud.	Coste en proyecto
1	Alquileres grúa 40 T	59 €/hora	4 horas	€ 238,00

3.3 Coste de mano de obra

La forma en la que se va a calcular el coste del personal es directamente proporcional al tiempo que van a dedicar los profesionales en preparar los equipos y manejarlos para poder completar la instalación del nuevo equipo de transmisión NORD. En la Tabla 10 se puede ver detallado este coste.

Tabla. 9 Coste de la mano de obra

Cantidad Ud.	Descripción	Salario Ud.	Coste horario Ud.	Dedicación proyecto Ud.	Coste en proyecto Ud.
1	Ingeniero técnico	1536,84 €/mes	9,15 €/hora	4 horas	36,60 €
4	operarios de taller	1257,01 €/mes	7,37 €/hora	4 horas	29,48 €

3.4 Coste total del montaje

Como conclusión, se hace la suma de cada uno de los costes finales de los apartados anteriores para poder concluir con la parte del presupuesto del montaje del producto. Esto se puede ver reflejado en la Tabla 11.

Tabla. 10 Coste Total Montaje

Coste Motorreductor NORD	17.584,00 €
Coste equipos auxiliares de instalación	238,00 €
Coste de mano de obra	66,08 €
Coste Total Montaje	17.888,08 €

4. Resumen del presupuesto

El total del presupuesto del proyecto se ha dividido en dos partes: los costes del diseño y los costes del montaje. La suma de ambos se puede observar en la Tabla 12, donde se podrá ver el resultado total del coste del proyecto para la empresa, al cual, se tendrá que aplicar un 7% en concepto de beneficio industrial, y posteriormente el 21% que corresponde al IVA (Impuesto sobre el Valor Añadido)

Tabla. 11 Presupuesto Total del Proyecto

CONCEPTO	IMPORTE
Presupuesto del proceso de diseño	1.873,30 €
Presupuesto del proceso de montaje	17.888,08 €
Presupuesto Total	19.761,38 €
Beneficio Industrial (7%)	1.383,30 €
Presupuesto Total (Sin IVA)	21.144,68 €
IVA	4.440,38 €
Presupuesto Total (con IVA)	25.585,06 €

PARTE 3
PLIEGO DE
CONDICIONES

En la presente parte del documento, se van a tratar cada una de las cuestiones técnico-legales que se deben de tener en cuenta a la hora de llevar a cabo la ejecución de este proyecto.

De este modo se pueden distinguir varios apartados según el tipo de condiciones necesarias para que se puedan dar lugar la creación y el diseño del proyecto.

Por una parte, están las necesidades computacionales, las cuales ayudan a desarrollar el diseño de una forma más eficiente. Por otra parte, estarían las condiciones del trabajador que tendrán en cuenta todas aquellas necesidades del trabajador a la hora del diseño y ejecución del proyecto para que todo sea de la forma más segura posible.

1. Condiciones para el diseño del proyecto

En los apartados siguientes, se expondrán las especificaciones informáticas. Para realizar el modelado de las piezas 3D y obtener los planos de algunas piezas que estarán involucradas en este proyecto, se necesitarán equipos que operen a una velocidad considerablemente rápida. Por tanto, estos tendrán que equiparse con una tarjeta gráfica de avanzadas prestaciones y de una memoria RAM suficiente para elaborar este tipo de modelado con los software CAD sin que se bloquee el ordenador.

1.1 Especificaciones informáticas

A continuación, se expondrán todas las especificaciones informáticas que están integradas en los ordenadores que se han utilizado para desarrollar el proyecto:

- Procesador Intel Core i9-11900H de 11ª generación
- Memoria RAM de 32 GB
- Almacenamiento interno de 1T SSD
- Tarjeta gráfica NVIDIA RTX 3060
- Ratón Logitech
- Teclado RGB de SteelSeries Engine 3
- Sistema operativo: Windows 10
- Pantalla del ordenador portátil de 15,6 “

1.2 Condiciones de los programas informáticos utilizados

Seguidamente, se expondrán las licencias de aquellos softwares que se han utilizado para desarrollar el proyecto:

- SOLIDWORKS PROFESSIONAL 2021, Software que se ha usado gracias a la empresa, que me ha dejado una licencia.
- MICROSOFT OFFICE WORD 2021, Software que se ha usado gracias a la empresa, que me ha facilitado una licencia de todo el paquete de la gama OFFICE 365 (OWA 365).
- MICROSOFT EXCEL 2021, Software que se ha usado gracias a la empresa, que me ha facilitado una licencia de todo el paquete de la gama OFFICE 365 (OWA 365).
- MD SOLIDS 4.0, Software que se ha usado para hacer el esquema de los apoyos en la viga para el cálculo de las cargas de los rodamientos.

2. Condiciones del puesto de trabajo

En esta sección del documento, se enumerarán aquellas condiciones de trabajo que se han de tener en cuenta cuando se desarrolla este proyecto.

La normativa que se aplica a este tipo de trabajo de diseño y realización de proyectos se puede encontrar en el *Real Decreto 488/1997, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales <<BOE>> num. 97, de 23 de abril de 1997 Referencia: BOE-A-1997-8671* [5].

Aquí, se pueden encontrar “disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización”, en el cual se puede encontrar información sobre:

- El tiempo promedio de utilización diaria del equipo.
- El tiempo máximo de atención continua a la pantalla requerido por la tarea habitual.
- El grado de atención que exija dicha tarea.

2.1 Condiciones aplicables

A continuación, se enumerarán todas aquellas normativas que se aplican en la actividad de desarrollo del proyecto.

Vías de evacuación, tanto del taller como de la fábrica

Cabe explicar que el emplazamiento de la persona que está realizando el proyecto se localiza en el despacho del taller de la empresa, una nave contigua a las de producción y a la corporativa. Dicha persona, tanto para recabar información como para trabajar, se va a mover por estas partes de la empresa.

Así que la empresa debe tener en cada una de estas localizaciones/instalaciones antincendios proyectadas en los planos de la empresa y en buen estado por si se tuvieran que utilizar en un momento dado.

Medidas antincendios

Cada una de los elementos e instalaciones antiincendios deben estar registradas y proyectadas en los planos, la empresa las debe mantener su buen estado y poner en conocimiento a los responsables de los departamentos el funcionamiento y los procedimientos en caso de este tipo de emergencia a los trabajadores.

Instalación eléctrica

La instalación eléctrica que está montada en la fábrica está proyectada y controlada por el equipo de ingenieros eléctricos que hay en ella o una empresa subcontratada por *Vicky Foods*. La empresa asume la firma del proyecto de instalación, diseño y mantenimiento siguiendo las normativas del Ministerio de Industria y Energía o a la Consejería de Energía o Industria de la Comunitat Valenciana.

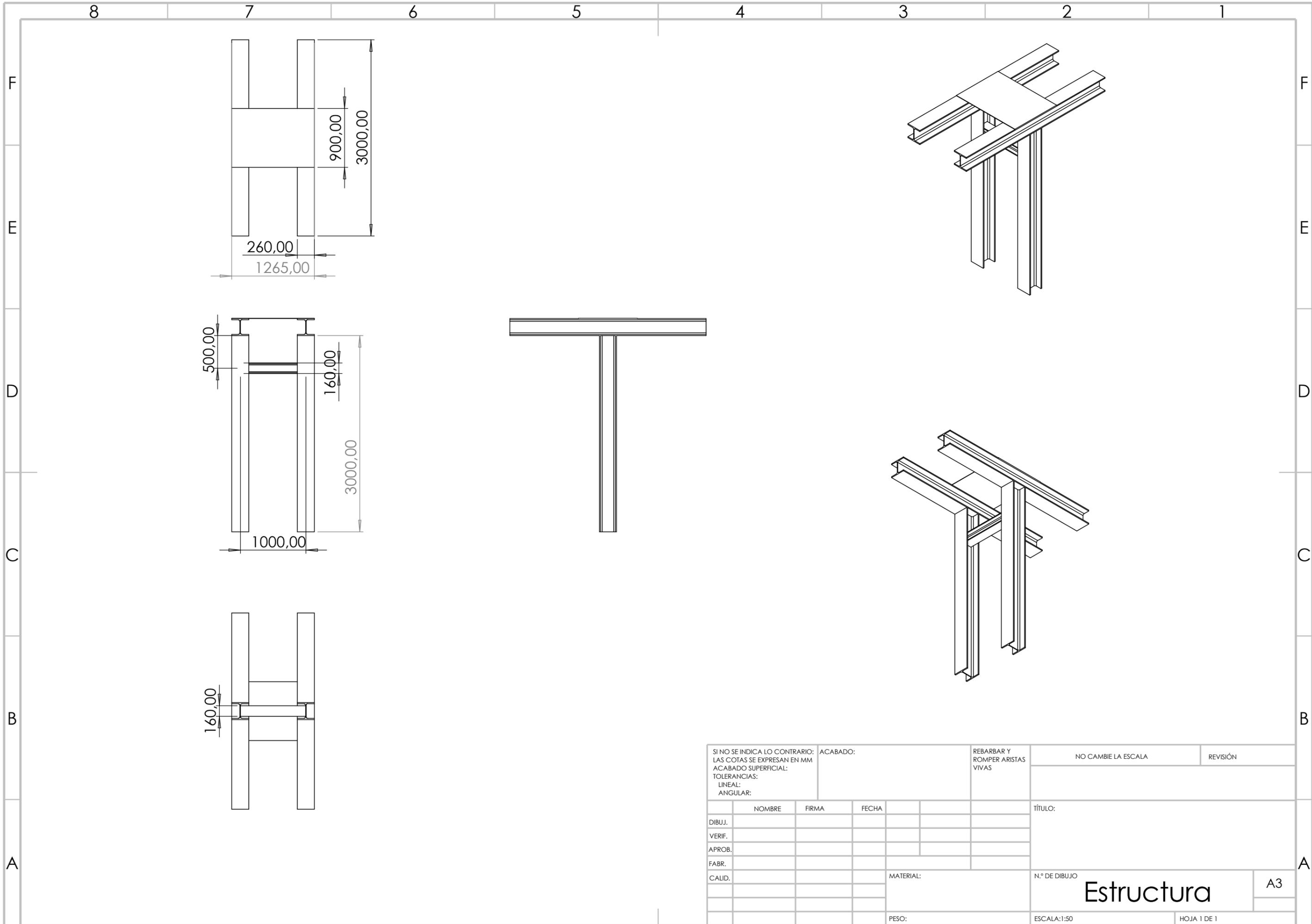
Dicho montaje debe servir para proporcionar energía a las distintas máquinas y equipos que se encuentran en la fábrica, y al estar cerca de las personas, esta debe tener elementos de seguridad para prevenir explosiones o incendios, contacto con las personas ...

Todas estas medidas tomadas para la prevención de sucesos desagradables en el aspecto de la seguridad, deberá seguir la normativa vigente de los Reglamentos de Baja y Alta Tensión.

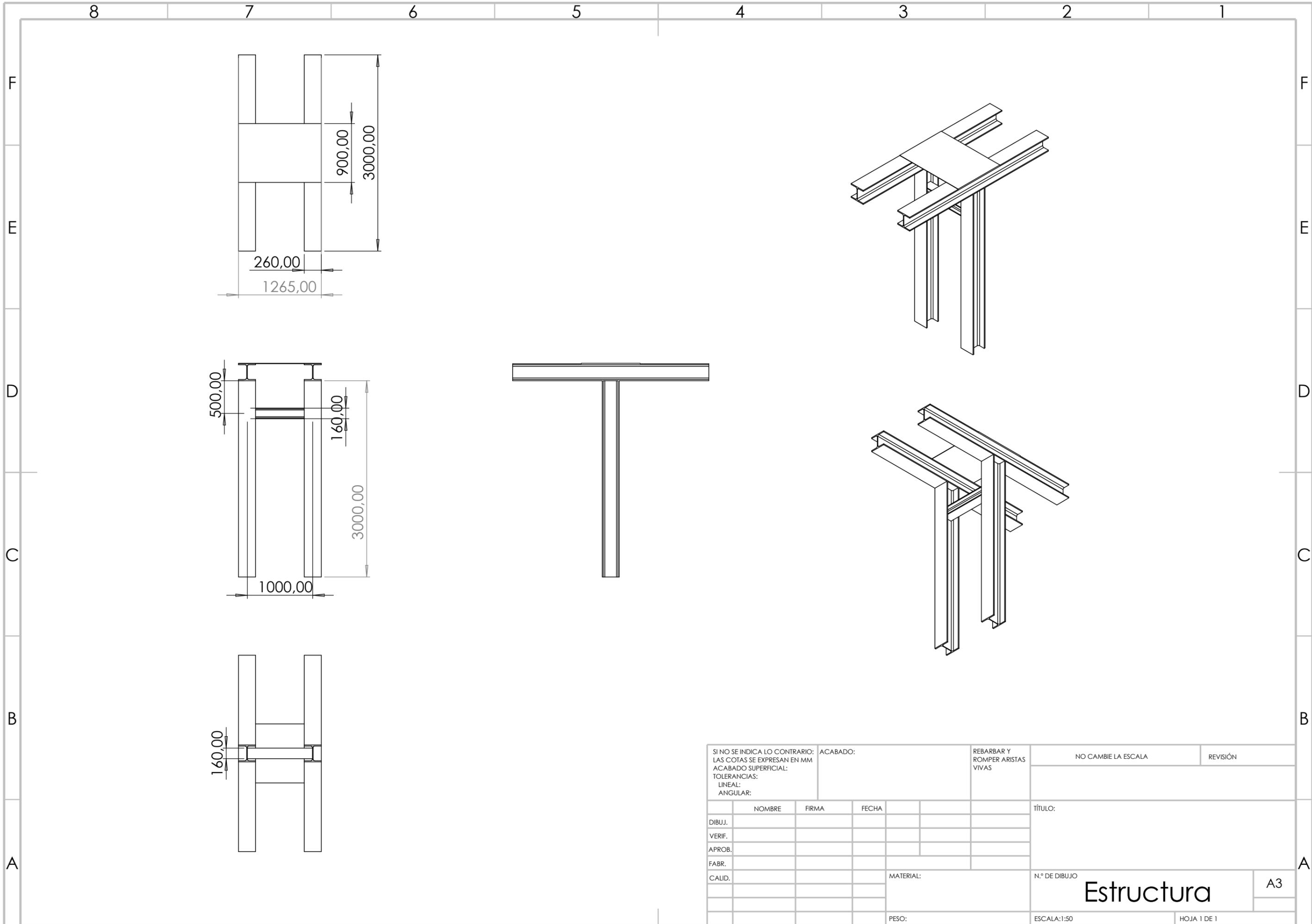
Algunas de las medidas que se podrían desarrollar para la fábrica son:

- Mantenimiento de cables, salidas y conexiones.
- Aislar y localizar en un lugar poco transitable los cuadros y equipos de control.
- Adecuar las labores de mantenimiento del cableado y de las máquinas para realizarlo sin parar la producción.
- Separar los distintos tipos de cables según el ámbito de trabajo: Internet, electricidad ...

PLANOS



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
							TÍTULO:			
DIBUJ.			NOMBRE		FIRMA		FECHA			
VERIF.										
APROB.										
FABR.										
CALID.							MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
							PESO:		ESCALA:1:50	
									HOJA 1 DE 1	
									Estructura	
									A3	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
							TÍTULO:			
DIBUJ.			NOMBRE		FIRMA		FECHA			
VERIF.										
APROB.										
FABR.										
CALID.							MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
									Estructura	
							PESO:		ESCALA:1:50	
									HOJA 1 DE 1	
									A3	

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

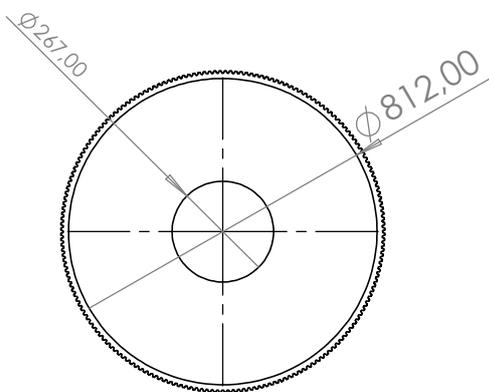
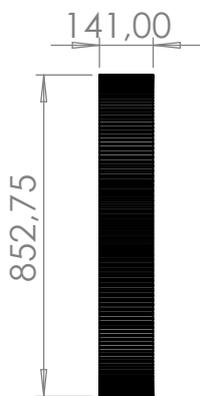
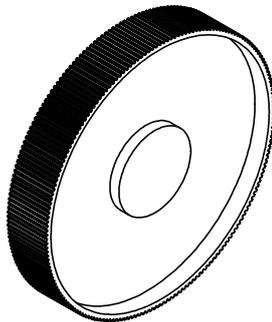
C

B

B

A

A



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:			
DIBUJ.						N.º DE DIBUJO gates_14MX-192S-125_1A^{A4}			
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.				MATERIAL:		ESCALA:1:20		HOJA 1 DE 1	
				PESO:					

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

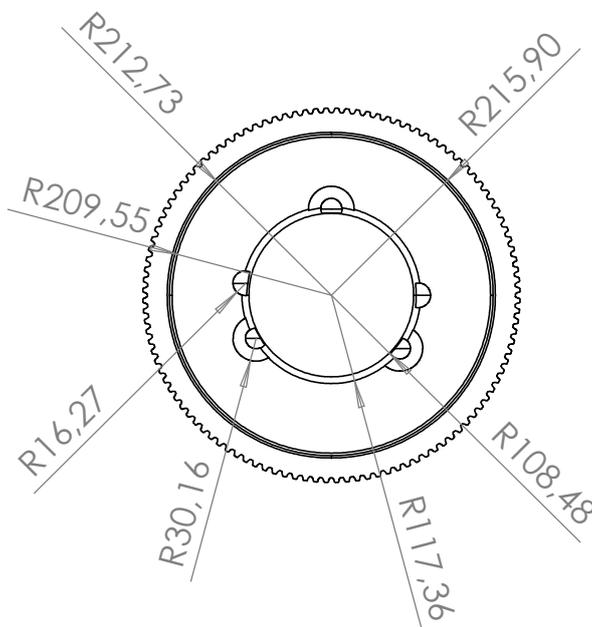
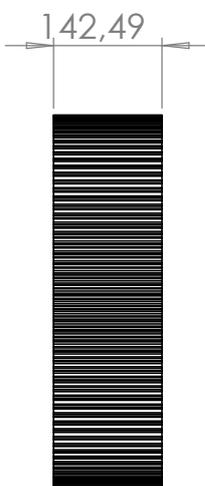
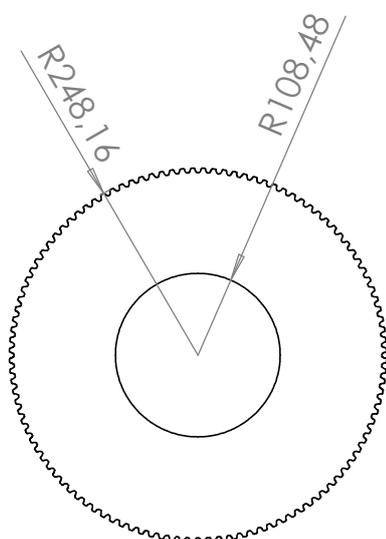
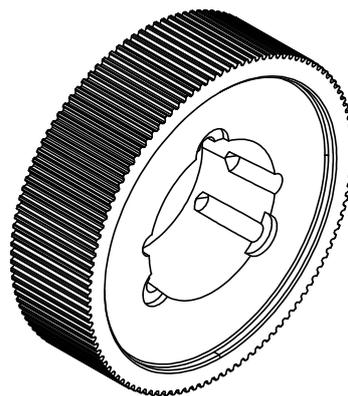
C

B

B

A

A



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO: NOT SPECIFIED			
DIBUJ.									
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO		A4	
				PESO:		ESCALA:1:10		HOJA 1 DE 1	

gates_14MX-112S-125, forats

2

1

4

3

2

1

∅ 50,00

F

F

E

E

D

D

C

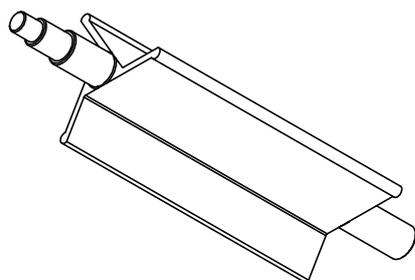
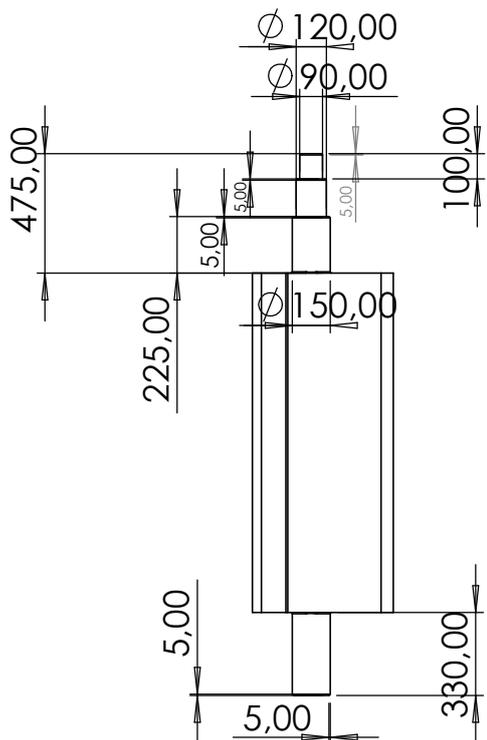
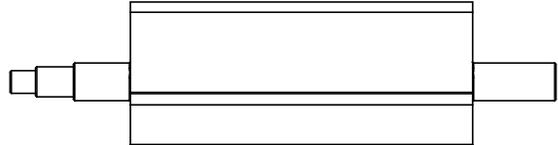
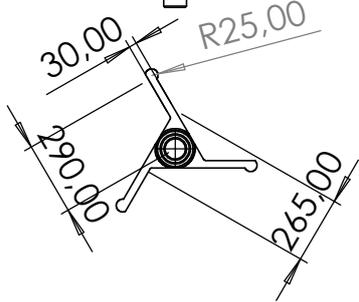
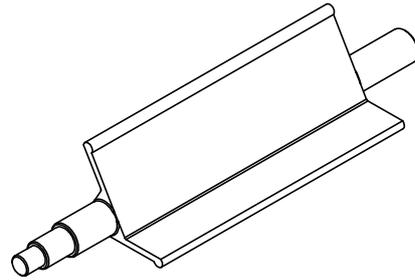
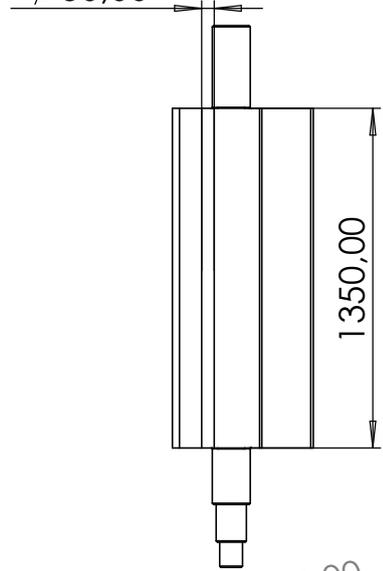
C

B

B

A

A



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:			
DIBUJ.		VERIF.		APROB.		MATERIAL:			
FABR.		CALID.		PESO:		N.º DE DIBUJO		ESCALA:1:50	
						HOJA 1 DE 1		A4	

Pieza1_VMI_PALA_DE_AMASADO_VER

2

1