

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA MECANICO
PARA LA ELABORACION DE MOLDES DE ROSQUETES
COCIDOS.**

**JOVANNY CHAPARRO SUAREZ
ALVARO PATERNINA BARBOZA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
BUCARAMANGA
2009**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA MECANICO
PARA LA ELABORACION DE MOLDES DE ROSQUETES
COCIDOS.**

**JOVANNY CHAPARRO SUAREZ
ALVARO PATERNINA BARBOZA**

**Trabajo de grado para optar el título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
LEONIDAS VASQUEZ CHAPARRO
Ingeniero mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
BUCARAMANGA**

2009

DEDICATORIA

" Dedico este trabajo de grado y toda mi carrera universitaria primordialmente a Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten. Le agradezco a mi "Mamita" Lucila Suárez Cristancho y mi papá Alvaro Chaparro Merchán ya que gracias a ellos soy quien soy hoy en día, fueron los que me dieron ese cariño y calor humano necesario y con su simpleza me han ayudado a encontrar la luz cuando todo es oscuridad, son a ellos a quien les debo todo, Le agradezco a mi hermana quien ha estado a mi lado, ha compartido todos esos secretos y aventuras que solo se pueden vivir entre hermanos y ha estado siempre alerta ante cualquier problema que se me pueda presentar, Dora Carolina mi hermanita, prácticamente hemos vivido las mismas historias, los mismos pesares y las mismas alegrías, de carácter fuerte y orgullosa pero que me ha demostrado un amor inigualable. También les agradezco a mis amigos más cercanos, a esos amigos que siempre me han acompañado y con los cuales he contado desde que los conocí".

JOVANNY CHAPARRO SUÁREZ.

Recordando todo lo que ha sido mi carrera y mi vida como estudiante quiero dedicar este proyecto de grado primero que todo a Dios por toda su bondad y amor que me han acompañado durante toda mi vida, sin él nada de esto habría sido posible, siempre estuvo conmigo en los momentos mas difíciles dándome fuerzas para luchar cada día y poder lograr mis metas.

A mis Padres Álvaro Paternina y Elvira Barboza a quien les debo la persona en que me he convertido hoy en día, ellos quienes han sido los pilares centrales de mi vida, gracias papa y mama por estar conmigo siempre y por apoyarme en la construcción de mis sueños.

A mis hermanas Damaris, Marly y Nancy quienes con su amor y entrega han sido los soportes de mi vida, gracias hermanitas por todo el apoyo que me han dado durante toda mi vida.

A todas aquellas personas que estuvieron siempre a mi lado, que fueron mi apoyo y sostén durante este proyecto.

ALVARO PATERNINA BARBOZA.

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Leonidas Vásquez Chaparro, ingeniero mecánico director del proyecto y amigo, por su respaldo, confianza y colaboración acertada.

A los señores; Emilse Vega y Álvaro Pinto, propietarios de la empresa *Panadería Pinto*. Por su confianza, apoyo, interés y gestión durante la elaboración del proyecto.

A los empleados de la empresa *Panadería Pinto*. Por la colaboración prestada a lo largo de la realización del proyecto.

A los empleados de la empresa *Ing. & máquinas Ltda...* por la colaboración prestada en la construcción de la máquina.

A todos nuestros profesores compañeros y amigos, que nos han acompañado durante este caminar.

Jovanny Chaparro Suárez.

Álvaro Paternina Barboza.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	1
1. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	5
1.1. OBJETIVOS GENERALES.....	5
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
2. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	8
3. PROCESO FUNDAMENTAL DE ELABORACION DEL PAN.....	10
3.1. EL AMASADO Y LOS DIFERENTES TIPOS DE AMASADORAS	10
3.2. LAMINACIÓN EN LA INDUSTRIA PANADERA.	17
3.3. EL FORMADO O MOLDEO DEL PAN.....	20
4. PROCESO DE FABRICACION DEL ROSQUETE COCIDO	24
4.1. LA HARINA.....	24
4.2. MATERIA PRIMA.....	25
4.2.1. Principales zonas de cultivo de cereales en el mundo	26
Anatomía y composición química de los cereales: visión general	27
4.3. DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA EL ROSQUETE COCIDO.....	39
4.3.1. Moje	39

4.3.2.	Rollada	39
4.3.3.	Pesada	40
4.3.4.	Picada	41
4.3.5.	Moldeo	41
4.3.6.	Cocimiento	42
4.3.7.	Enfriamiento	42
4.3.8.	Enlatado	42
4.3.9.	Horneado	42
4.3.10.	Elaboración de la crema	43
4.3.11.	Engrudado del rosquete.....	43
4.3.12.	Empaque.....	43
4.4.	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.....	44
4.5.	PREPARACION DE MAQUINAS Y TIEMPOS ESTIMADOS	48
5.	DESCRIPCION DEL SISTEMA MECANICO PARA LA ELABORACION DE MOLDES DE ROSQUETES COCIDOS.....	49
5.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MOLDEADORA.....	49
5.2.	COMPONENTES PRINCIPALES DE LA MOLDEADORA	51
6.	DIMENSIONAMIENTO DE LOS RODILLOS.....	57
6.1.	DISTRIBUCIÓN DE LOS MOLDES DE LOS ROSQUETES EN LA SUPERFICIE DEL CILINDRO.....	60

7.	CALCULO DE LAS FUERZAS EN EL PROCESO.	64
7.1.	CÁLCULO DE LA FUERZA DE LAMINACIÓN SEGÚN EKELEUD.....	64
7.2.	APROXIMACIÓN PRACTICA PARA DETERMINACIÓN DEL TORQUE.	68
7.2.1.	Longitud del brazo del torque.....	69
8.	DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA MOLDEADORA.	72
8.1.	VELOCIDAD DE FUNCIONAMIENTO.....	76
8.2.	DISEÑO DEL TREN DE ARRASTRE.....	76
8.2.1.	Dimensiones de las chavetas para el tren de arrastre.	80
8.3.	DISEÑO DE LOS RODILLOS.....	82
8.3.1.	Análisis de carga.....	83
8.3.2.	Análisis de esfuerzos	87
8.4.	SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS.	90
8.5.	SELECCIÓN DEL MOTOR-REDUCTOR.	91
9.	OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.	92
10.	ANALISIS DE COSTOS.....	94
	CONCLUSIONES	97
	RECOMENDACIONES.....	99
	BIBLIOGRAFIA.....	101

ANEXOS 102

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Amasadora de eje espiral.	13
Figura 2. Amasadora de brazos.	15
Figura 3. Amasadora de eje oblicuo.	16
Figura 4. Ilustración del proceso de rollada.	40
Figura 5. Ilustración del proceso de pesada.	40
Figura 6. Ilustración del proceso de picada.	41
Figura 7. Ilustración del proceso de moldeo.	42
Figura 8. Diagrama de flujo del proceso.	44
Figura 9. Sistema mecánico	50
Figura 10. Rodillos	51
Figura 11. Bastidor.	52
Figura 12. Tapa del bastidor	52
Figura 13. Engrane	54
Figura 14. Base ó Soporte	55
Figura 15. Rodillos de entrada	56
Figura 16. Angulo de contacto de los rodillos con la masa.	57
Figura 17. Dimensiones del rosquete en tamaño pequeño.	60
Figura 18. Dimensiones del rodillos con la distribución de los moldes del rosquete tamaño pequeño en la superficie.	61
Figura 19. Dimensiones del rosquete en tamaño grande.	62

Figura 20. Dimensiones del rodillos con la distribución de los moldes del rosquete tamaño grande en la superficie.....	63
Figura 21. Cálculo de la longitud del material que produce la fuerza de laminación.	66
Figura 22. Aproximación practica para la determinación del torque.	68
Figura 23. Longitud del brazo del torque.	70
Figura 24. Descomposición de la fuerza de laminación en sus dos componentes.	71
Figura 25. Modelo de madera para la realización de pruebas técnicas.	73
Figura 26. Realización de las pruebas para comprobar el principio de funcionamiento del modelo planteado.	74
Figura 27. DCL del rodillo en el momento del troquelado.	83
Figura 28. Diagrama de fuerzas y momentos Plano X-Y.	84
Figura 29. Diagrama de fuerzas y momentos Plano X-Z.	85
Figura 30. Diagrama de torsión.....	86
Figura 31. Dimensiones del rodamiento 6314*	91

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características de los gránulos en cereales.	28
Tabla 2. Harinas de trigo de primera calidad	35
Tabla 3. Descripción y tiempos de preparación de las máquinas antes de implementar el sistema mecánico.....	48
Tabla 4. Coeficiente de fricción según el tipo de laminado.....	58
Tabla 5. Análisis de Costos.	95

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. TABLA DE RODAMIENTOS	103
ANEXO B. TABLA DE CHAVETAS	105
ANEXO C. MOTOR - REDUCTOR	107
ANEXO D. ACOPLER	112
ANEXO E. PLANOS	114

RESUMEN

TITULO:

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA MECANICO PARA LA ELABORACION DE MOLDES DE ROSQUETES COCIDOS.*

AUTORES:

CHAPARRO SUÁREZ, JOVANNY.
PATERNINA BARBOZA, ALVARO. **

PALABRAS CLAVES:

Moldeo, Troquelado, Rosquete cocido, Masa, Sistema Mecánico.

DESCRIPCION:

El objetivo de éste proyecto es mejorar el proceso de elaboración de rosquetes cocidos en la empresa *PANADERIA PINTO*, realizando el diseño y la construcción de un sistema mecánico aún no existente en la industria, que realice dicha tarea.

El sistema mecánico consta básicamente de dos rodillos giratorios ubicados paralelamente en forma horizontal y cuyas superficies se encuentran en contacto las cuales tienen estampados los moldes de los rosquetes formando una especie de troquel rotativo, la masa es suministrada a la máquina por medio de una banda transportadora de masa; posteriormente a la realización del proceso de troquelado el sistema consta de una banda transportadora de latas encargada de recibir los moldes que caen del rodillo inferior.

El sistema tiene una capacidad para producir 42 rosquetes por giro, con una velocidad de rotación de los rodillos de 3 rpm; velocidad apropiada para garantizar una velocidad de llenado de los moldes. La masa para la producción de los rosquetes es una masa con una consistencia adecuada para que el producto final no pierda la forma una vez expulsado de la maquina.

Con el empleo del sistema mecánico, la empresa *PANADERIA PINTO*, asegurará la calidad del rosquete cocido, además de un aumento considerable en los niveles de producción, disminuyendo los costos, y con ello la mano de obra utilizada en el proceso.

* Trabajo de grado

** Facultad de ciencias Físico – Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Leonidas Vásquez Chaparro.

SUMMARY

TITLE:

DESIGN AND CONSTRUCTION OF MECHANIC SYSTEM TO ELABORATE MODELS OF BAKED ROSQUETES. *

AUTHORS:

CHAPARRO SUÁREZ, JOVANNY.
PATERNINA BARBOZA, ALVARO. **

KEYWORDS:

Model, Mint, baked rosquetes, Flour, Mechanic system.

DESCRIPTION:

This project aims to improve the baked rosquetes elaboration process, at the PANADERIA PINTO Company, by designing and building a mechanic system that does not exist yet in the industry, in order to develop such task.

The mechanic system has basically two parallel rollers placed in a horizontal way; its surfaces are constantly in contact. These surfaces have embedded models of the rosquetes creating a sort of rotationally mint, the table is provided by a belt conveyor which carries flour on; besides the mint process, the system has a belt conveyor for plates, which have the goal of picking the flour molds up from the lower roller.

The system has a production capacity of 42 rosquetes per revolution, with a roller velocity of 3 RPM, this velocity is appropriated to ensure the molds filling velocity. The flour used to produce the rosquetes has enough consistency for the product not to lose its shape once it is taken away from the machine.

With the employment of the mechanic system, PANADERIA PINTO Company is ensuring the quality of the baked rosquetes; furthermore this company is getting a substantial increase in the production levels, decreasing costs along with the labor force used in the process.

* Senior thesis

** College of Physic-Mechanic Science, Mechanical Engineering School. Ing. Leonidas Vásquez Chaparro.

INTRODUCCION

Una de las industrias más antiguas y que se ha mantenido a través de la historia ha sido la industria panadera, pues su producto principal "El Pan" en el transcurso del tiempo se ha constituido en la base primordial de la alimentación del hombre. La historia del pan se remonta a los antiguos egipcios donde el río Nilo ofrecía excelentes condiciones para el cultivo de cereales. El pueblo egipcio fue quien consolidó las técnicas de panificación y creó los primeros hornos para cocer el pan, en el 4000 A. de C. se encontró un horno en unas excavaciones cerca a Babilonia. A través de las relaciones comerciales que los egipcios sostenían con los griegos estos adoptaron las técnicas del pan y las perfeccionaron. En el siglo III A. De C los griegos hicieron un gran aporte a la panadería, crearon más de setenta panes diferentes, inventaban formas variadas a los panes utilizados para fiestas religiosas, y además utilizaban diferentes tipos de masas como: trigo, cebada, avena, salvado, centeno e incluso masa de arroz; y a estas se les añadía, especias, miel, aceites, frutos secos y se dice también que los griegos fueron precursores de la pastelería.

El pan comenzó siendo para los griegos un alimento ritual de origen divino pero luego pasó a convertirse en el sustento popular, símbolo de la comida por excelencia. Este alimento ha sido nombrado por grandes personajes griegos como lo fueron: Homero, Platón, Aristófanes, Ateneo. Después de Grecia las técnicas del pan son llevadas a roma donde en el año 30 A. De C. cuenta con más de 300 panaderías dirigidas por profesionales calificados griegos; en estas los procesos de elaboración y cocción eran realizados por diferentes profesionales; y en el año 100, en época del emperador Trajano, se constituye una primera asociación de panaderos: el Colegio Oficial de Panaderos de carácter privilegiado (exención de impuestos) y se reglamentaba estrictamente la profesión: era heredada obligatoriamente de padres a hijos.

Fueron Los romanos los que mejoraron los molinos, las máquinas de amasar, y los hornos, debido a lo cual hoy en día se denomina "horno romano" al horno de calentamiento directo.

Roma propagó la cultura del pan por todas sus colonias, excepto en Hispania, donde la existencia del pan era anterior a la colonización romana; los celtíberos ya conocían las técnicas de amasar y panificar el trigo.

Durante la Edad Media no se produjeron progresos notables en la panificación. Además del cultivo de trigo y de centeno, se continuó con el de cebada. En la edad moderna siglo XIX se inventa el molino de vapor; lo cual ayudo a los sistemas de panificación y añade una nueva fase a la elaboración del pan: la aireación de la masa; aparece un nuevo tipo de levadura y surgen técnicas mecánicas para amasar el pan; con estas mejoras la industria del pan va creciendo de manera rápida.

La industria panadera llega a Colombia con la misma conquista en los albores del siglo XVI.

La elaboración de la masa era un proceso muy tardado, cansado y repetitivo, ya que en la antigüedad no se contaba con maquinaria para realizar cada uno de los procesos que requiere la preparación de dicha pasta, los cuales son: mezclar los ingredientes hasta lograr una consistencia uniforme de la masa; después se debe extender dicha masa para, así, ir formando el producto a realizar, después se debe cortar la masa, ya preparada, en las porciones requeridas y por último hornearlas. Entonces todos estos procesos, excepto el horneado, se tenían que realizar a mano auxiliándose con rodillos manuales y cuchillos.

En los tiempos actuales la industria panadera se encuentra muy desarrollada pues cuenta con tecnología de punta y con unas excelentes técnicas de elaboración del pan, aunque en nuestro país ese desarrollo no ha llegado de un todo pues aún se cuenta con unos niveles de producción muy bajos.

Hoy en día se cuenta con maquinaria para realizar todos los procesos antes mencionados, amasadoras, batidoras, laminadoras de masa, cortadoras. MOLDEADORAS etc. Pero aunque se cuente con toda ésta maquinaria, no todos los productores de pan, en este caso las pequeñas panaderías, lo pueden adquirir debido a su alto costo y complejidad, es por esto se pensó en construir y adecuar un sistema mecánico para la elaboración de moldes de rosquetes cocidos para un caso en específico, una pequeña panadería (Panadería PINTO), que debido a que no cuenta con una tecnificación adecuada no puede producir cantidades de rosquetes que requieren para satisfacer la demanda existente.

La realización de este proyecto tiene lugar en la ciudad de Floridablanca en el departamento de Santander, en esta región como en la mayoría de las regiones del país la mayor parte de la producción panadera proviene de pequeños fabricantes mediante procedimientos completamente manuales, con una carga de trabajo bastante alta y en condiciones muy difíciles.

La panadería Pinto inicio sus actividades el 10 de junio de 1984. Inicialmente se instalaron en un local tomado en arriendo en el barrio Zapamanga de Floridablanca ofreciendo productos de panadería tales como: galletería, bizcochería, pastelería y los rosquetes cocidos. Intentando salir adelante con su negocio buscaron determinadas estrategias de ventas en toda la ciudad y tomaron la decisión de impulsar y dedicarse únicamente a la producción de Rosquetes Cocidos en 1989. Después de varios años de arduo trabajo Panadería Pinto se traslada al barrio San Bernardo cambiando su maquinaria y mejorando continuamente sus estándares de calidad.

Con nuestro proyecto buscamos el desarrollo de una de las técnicas de panificación más usadas como lo es el moldeo, realizándolo de una manera diferente a como se está llevando a cabo actualmente, reemplazando el trabajo manual que es común en las pequeñas industrias por un proceso más tecnificado;

como lo es la moldeadora mecánica que se pretende diseñar y construir en este proyecto.

Finalmente, queremos expresar nuestro deseo porque este proyecto cumpla con los objetivos para el cual fue realizado.

1. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.1. OBJETIVOS GENERALES

- ✓ Continuar con la misión de la universidad industrial de Santander y dar solución a diferentes necesidades de la industria, específicamente la industria panadera.
- ✓ Fortalecer una de las líneas de desempeño de la carrera de Ingeniería Mecánica como es el diseño y la construcción de maquinaria industrial.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar el diseño de un sistema mecánico para la elaboración de moldes de rosquetes cocidos que cumpla con las siguientes especificaciones de diseño:
 - La capacidad de producción de moldes de rosquetes cocidos con el sistema mecánico en funcionamiento será lo equivalente a tres arrobas de harina de trigo por ciclo de producción; realizándose cuatro ciclos por día.
 - El tiempo empleado en cada ciclo de producción será de una hora y treinta minutos.

- El sistema mecánico consta de tres máquinas en serie que son; amasadora, sobadora y moldeadora, cumpliendo cada una de ellas con una función específica dentro del ciclo de producción:

Amasadora: es la encargada de mezclar los ingredientes hasta obtener una masa homogénea.

Sobadora: ablanda la masa hasta obtener el punto deseado para la elaboración de los moldes de rosquetes cocidos.

Moldeadora: da la forma a la masa para obtener finalmente el molde del rosquete cocido.

- La moldeadora será diseñada y construida, la amasadora será comprada y la sobadora ya existente dentro de la empresa será acoplada al sistema mecánico.
 - El sistema mecánico será de fácil operación, buena confiabilidad, facilidad de mantenimiento, resistente a la corrosión, buena resistencia mecánica y excelente acabado superficial.
- ✓ Diseñar un sistema mecánico que elabore moldes de rosquetes cocidos en dos tamaños; grandes (diámetro externo de 8 cm. y diámetro interno de 5 cm. antes del proceso de cocción) y pequeños (diámetro externo de 6 cm. y diámetro interno de 3 cm. antes del proceso de cocción), comenzando desde la mezcla de los ingredientes hasta obtener los moldes de los rosquetes listos para hornear.

- ✓ Aumentar la producción diaria en la panadería PINTO para la elaboración de moldes de roquetes cocidos disminuyendo los costos y tiempos en el proceso.
- ✓ Llevar a cabo el proceso de construcción de la moldeadora obtenida del proceso de diseño.

2. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

El diseño y la construcción del sistema mecánico para la elaboración de moldes de rosquetes cocidos, está pensado en facilitar las actividades repetitivas y laboriosas de la industria panificadora, especialmente las llevadas a cabo en la panadería PINTO, en cuanto a la elaboración de los moldes de rosquetes se refiere. Dicho proceso se llevará a cabo mediante dos rodillos laminadores con los moldes estampados en su superficie, los cuales son de acero inoxidable. Los rodillos laminadores son abastecidos de masa por medio de un sistema de bandas transportadoras especiales para la industria alimenticia, las cuales son impulsadas por medio de rodillos que formaran parte de la estructura del sistema mecánico para la elaboración de moldes de rosquetes cocidos. Los rodillos que se encargan de impulsar las bandas, son de acero. Todos los movimientos son realizados mediante un sistema de transmisión que cuenta con un motor-reductor.

Debido a que la laminación de la masa necesita harina seca en abundancia en su superficie para que no se pegue en las bandas ni en los rodillos y previniendo el daño, que con el tiempo puede ocasionar dicha harina al motor, al interruptor y en su defecto hasta a la transmisión, éste sistema será lo más hermético posible en cuanto a estos puntos se refiere. El diseño y la construcción del sistema mecánico esta bajo el cumplimiento de las normas de calidad ISO 9000 y también cumple con las normas oficiales correspondientes. En cuanto a los costos se refiere, se tratara de invertir lo menos que se pueda, pero sin descuidar la calidad de las partes que se utilizan. El sistema mecánico es una máquina que permite al panadero realizar el mismo trabajo de elaboración del rosquete, pero más fácil, rápido y menos cansado que si lo realizara manualmente, esto significa más trabajo en menos tiempo y por consiguiente más calidad.

Con el sistema mecánico propuesto se producirán moldes de rosquetes cocidos equivalentes a tres arrobas de harina de trigo por ciclo de producción en un tiempo de una hora y media, mientras que con el mecanismo actual se produce únicamente lo equivalente a dos arrobas de harina de trigo empleando un tiempo de dos horas y media; cabe aclarar que en el día se realizarán cuatro ciclos de producción; cómo podemos observar haciendo un análisis comparativo entre el sistema mecánico propuesto y el existente se nota un aumento en los niveles de producción al igual que una disminución en los costos y tiempos de realización del proceso.

El producto a obtener al colocar en funcionamiento el sistema mecánico a diseñar será moldes de rosquetes cocidos, los cuales se obtendrán en dos tamaños, un tamaño grande (diámetro externo de 8 cm. y diámetro interno de 5 cm. antes del proceso de cocción) y uno pequeño (diámetro externo de 6 cm. y diámetro interno de 3 cm. antes del proceso de cocción). Cabe aclarar que la máquina no producirá ningún otro tipo de molde debido a que el objetivo principal de la empresa es la producción única y exclusivamente de rosquetes cocidos.

3. PROCESO FUNDAMENTAL DE ELABORACION DEL PAN

La fabricación del pan parece sencilla a simple vista, pero en ella se encierra un proceso complejo donde ocurren transformaciones físico-químicas que van aconteciendo desde el amasado y la fermentación hasta llegar a la cocción. Dentro de las etapas fundamentales de elaboración del pan encontramos principalmente tres: amasado, laminado, y finalmente el moldeo.

A continuación profundizaremos un poco acerca de cada una de las etapas mencionadas anteriormente; teniendo en cuenta que el sistema mecánico a elaborar consta principalmente de una amasadora, una sobadora y una moldeadora.

3.1. EL AMASADO Y LOS DIFERENTES TIPOS DE AMASADORAS.

El amasado es una etapa clave y decisoria en la calidad del pan. En esta etapa influirá tanto el tipo de amasadora como la velocidad, la duración y la capacidad de ocupación de la misma. Durante este proceso, los componentes de la harina (almidón, proteínas, grasas, cenizas y enzimas), pierden su individualidad y, junto con sus demás ingredientes, van a dotar a la masa de unas características plásticas (fuerza y equilibrio).

A medida que el amasado avanza, se van formando unos microalveolos que serán más tarde los encargados de almacenar el gas que se producirá durante el período de fermentación. Estas celdillas tienen su origen en el paso de los grupos -SH, existentes en la harina, a grupos disulfuro -S-S, que permite formar los alveolos. Para facilitar el paso de los grupos -SH a -S-S se utiliza el ácido ascórbico (que aporta mayor tenacidad) y el amasado intensivo (que aporta más

extensibilidad); debido al mejor reagrupamiento de las proteínas serán los encargados de acelerar la formación del segundo grupo, aumentando el alveolado y la capacidad de la masa de retener más gas.

Las proteínas insolubles (gliadinas y gluteninas) en contacto con el agua se hinchan, éstas se agrupan formando el gluten al mismo tiempo que se envuelven con el almidón; el vaivén de la amasadora va proporcionando una fina película que se ve favorecida con la grasa de la harina y con los emulsionantes presentes en los mejorantes.

La oxidación que se produce en la masa por el contacto directo con el oxígeno del aire variará dependiendo de la intensidad del amasado, del tipo de amasadora, así como del volumen de ocupación de la masa sobre la cazuela de la amasadora.

Por lo tanto, podemos decir, que el desarrollo de la masa estará condicionado tanto por la formación del gluten como por el grado de exposición de la masa al oxígeno del aire. De tal forma, que cuando se acelera la oxidación y el desarrollo mecánico, disminuye el tiempo de amasado y, por el contrario, cuando el amasado es corto y la oxidación baja, habrá que dotar a la masa de mayor reposo para que adquiera mejores características plásticas.

No obstante, debemos tener en cuenta que también es posible, por medio de un amasado rápido, conseguir enseguida la formación de gluten y una escasa oxidación. Este hecho ocurre en las amasadoras de alta velocidad, en las que, si bien la masa está bien desarrollada, presenta una falta de fuerza, que es posible paliar con la adición de una mayor proporción de ácido ascórbico, un período mayor de reposo o aumentando ligeramente la temperatura del amasado.

Dentro de esta etapa clave que es el amasado, van a jugar un papel muy importante, no solamente las amasadoras, sino también el recalentamiento de la

masa, ya que estará condicionado por la velocidad y el tiempo. entre los tipos de amasadoras que más se utilizan (eje oblicuo, brazos y espiral), podemos decir que la de eje oblicuo es la que tiene menor fricción, le sigue la de brazos y la que más recalienta la masa es la de espiral, que eleva la temperatura entre 8 y 9° C más que la primera.

En un amasado de 1.100 revoluciones por minuto, si se amasa a velocidad lenta el recalentamiento será aproximadamente la mitad que si lo hiciéramos a velocidad rápida. La temperatura irá aumentando gradualmente a medida que aumente el tiempo de amasado.

- **Tipos de amasadoras**

En los últimos años en todos los tipos de amasadoras se ha incorporado la modalidad de amasado con cazuela extraíble, cada vez más empleado, ya que permite reposar la masa a mitad del amasado (autólisis o proceso de fermentación global) o incluso reposar unos minutos la masa antes de la división. Esta cazuela extraíble está equipada de elevadores que permiten verter la masa sobre la tolva de la divisora.

Además de esta cazuela extraíble se han incorporado:

- Ciclos automáticos programables con dos temporizadores, uno para cada velocidad (lenta o rápida).
- Sistema automático de raspadura de cazuela.
- Sistema de detección de la temperatura por display.
- Sistema de inyección de gas para controlar la temperatura del amasado.

a.) Amasadora espiral

Figura 1. Amasadora de eje espiral.



Es la que mayor aumento de utilización está teniendo con respecto a los demás tipos de amasadoras.

De la amasadora espiral debemos destacar su rapidez, lo que conlleva una reducción del tiempo de amasado, que permite abastecer a una línea de producción sin tener que aumentar la capacidad del amasado. Este sistema trabaja la masa con una presión de arriba hacia abajo, consiguiendo una menor oxidación a la vez que un mayor recalentamiento y menos fuerza inicial, por lo que es apta para la fabricación de barras con entablados automáticos así como para el pan precocido, ya que este sistema no impulsa exageradamente el pan en el horno; aunque esta falta de fuerza puede ser compensada en algunas ocasiones con un período mayor de reposo.

Algunos modelos de este tipo de amasadora, ya en decadencia, no están equipados con el vástago central, lo que provoca que la masa se aglutine sobre la espiral recalentándose. Otros tienen la cazuela demasiado profunda, por lo que la oxidación es baja, obteniéndose masas muy batidas y con poca fuerza.

El radio de acción del brazo espiral también va a influir en las condiciones. La masa se recalienta más en aquellos modelos en los que el radio de acción es pequeño, lo que nos indica que únicamente está en movimiento 1/4 del total de la masa.

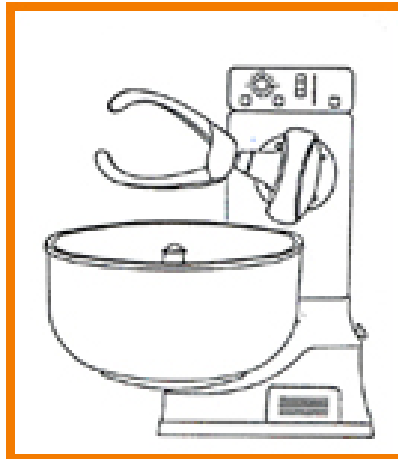
Generalmente en todas las amasadoras espirales se puede cambiar el sentido de la cazuela, lo que permite hacer masas más pequeñas y sacar la masa desenganchándola del brazo al cambiarle de sentido.

Hay que destacar que es necesario disponer siempre de agua fría, e incluso en los días más calurosos, de hielo en escama para no sobrepasar la temperatura ideal de la masa.

La amasadora espiral es la que posee un mayor número de artilugios, entre los que podríamos destacar los indicadores de temperatura por infrarrojos, contador de consumo de energía, cazuela con báscula incorporada que permite ir pesando la masa sobre la misma cazuela, doble espiral que reduce a la mitad el amasado, así como sistema de inyección de gas para controlar la temperatura de la masa.

b.) Amasadora de brazos

Figura 2. Amasadora de brazos.



Es esta la amasadora que cuenta con mayor tradición; aunque en los tiempos actuales se está quedando como una máquina auxiliar. Se utiliza para masas de bollería y pastelería, masas blandas, masas integrales y de centeno.

El tiempo de amasado oscila entre los 18 y los 30 minutos por lo que, es una máquina lenta, obligando a incorporar la levadura a mitad del amasado para reducir inicialmente la fuerza de la masa.

El recalentamiento es bajo aunque hay que destacar la diferencia del amasado según sea el grado de ocupación de la cazuela, de tal forma, que a menor número de kilos de harina, mayor será la oxidación.

La capacidad para producir masas más oxigenadas permite obtener fermentaciones rápidas.

La sobre oxigenación a que es sometida la masa produce un exceso de fuerza que se traduce en un mayor impulso del pan en el horno, razón ésta por la que no es muy recomendable su utilización en panes precocidos, al correr el riesgo de arrugamiento.

En masas muy blandas se recomienda no añadir la totalidad del agua al principio del amasado, sino que parte del agua se irá incorporando poco a poco a medida que aumenta el amasado; de esta forma se puede ahorrar entre un 15 y un 20% de tiempo de amasado.

c.) Amasadora de eje oblicuo

Figura 3. Amasadora de eje oblicuo.



Está equipada con un motor de dos velocidades: una lenta para el pre-amasado y masas duras y otra rápida para masas más blandas. Algunos modelos cuentan con la llamada “cazuela loca”, es decir, el movimiento de rotación se realiza por el impulso de la masa, de tal forma, que el frenado de la cazuela permitirá, a

voluntad del panadero, ir variando las condiciones del amasado. Este hecho implica que el amasador debe estar perfectamente entrenado para que no se produzcan grandes diferencias entre unas masas y otras. Pero, por otra parte, también es posible variar la fuerza de la masa por medio de la utilización del freno de la cazuela.

Dentro de los inconvenientes que poseen este tipo de amasadoras, debemos destacar que no permite la elaboración de amasijos grandes, ya que derrama la harina al inicio del amasado. Igualmente, tampoco permite hacer amasijos pequeñas al no agarrar correctamente la masa, lo que nos obliga a elaborar masas que ocupen al menos un 30% de su capacidad.

Podríamos definirlo como un sistema de amasado lento, de bajo recalentamiento y que se adapta bien, tanto en masas duras en la primera velocidad, como en masas blandas en la segunda.

3.2. LAMINACIÓN EN LA INDUSTRIA PANADERA.

El grano o la miga del pan depende de muchos factores que afectan las características del producto final: como los ingredientes usados, los métodos de producción y el tipo de equipo utilizado. Como sabemos el laminado y moldeo juegan un papel importante en el resultado final del grano y producto en cualquier variedad de pan.

Comúnmente, el proceso de preparación del pan comienza con el mezclado de la masa. Aquí se busca combinar todos los ingredientes, hidratarlos y desarrollar el gluten para así obtener una retención óptima del gas y un mejor manejo.

Una vez que se mezcla la masa, ésta se debe dividir o pesar. Luego se bolea la pieza manual o mecánicamente. El boleado tiene el propósito de crear una forma consistente y de extraer el gas de la masa, mientras que también permite que el producto final tenga un grano más apretado. Se abusará o no la masa, dependiendo del tipo de divisora mecánica que utilice. Para compensar el abuso en una masa, muchas panaderías permiten que la masa descansa o se fermente una primera vez después del boleado. Muchas de las divisoras nuevas manejan de forma gentil la masa y muchas panaderías disminuyen el tiempo de la primera fermentación o la eliminan por completo. Es importante saber cuánto abuso recibió la masa al dividirla y bolearla, porque esto determinará la cantidad de tiempo necesario en la primera fermentación para así permitir un laminado y posteriormente un moldeo adecuado.

El tiempo adecuado de la segunda fermentación lo determina la condición de la masa después del laminado. Si la masa se rasga al salir de la laminadora, se recomienda una primera fermentación más extensa, para que ésta se relaje y se facilite tanto el laminado como el moldeo.

El laminado se obtiene pasando la bola por dos rodillos que aplastan la masa en forma de galleta ovalada.

La laminadora es necesaria para cambiar las dimensiones de una pieza boleada o sea que la pieza esté más fina, más ancha o más extensa. La laminadora consiste de 2 ó 3 juegos de rodillos horizontales hechos en acero inoxidable o cubiertos con teflón. Estos rodillos se pueden ajustar y así determinar la separación entre éstos.

El juego final de rodillos en una laminadora se conoce como los rodillos laminadores. Estos tienen la separación más estrecha de todos los rodillos para así crear un grano más fino. Es importante comprender que cada masa es diferente y cambiará con el paso de los minutos. Esto significa que la separación

entre los rodillos también se debe ajustar. Se recomienda tener la separación más estrecha posible en los rodillos laminadores, pero que a la misma vez pueda mantener un pedazo de masa uniforme, plano y redondo, sin rasgaduras aparentes. Cuando un pedazo de masa sale de los rodillos laminadores con un "rabo o cola" o tiene una textura áspera, se recomienda abrir los rodillos gradualmente hasta que desaparezcan estas características.

Los rodillos antes de la laminadora se conocen como los rodillos del cabezal. Para minimizar la tensión en un pedazo de masa, se recomienda la implementación de una reducción gradual de tamaño. Por otro lado, para minimizar la tensión es aconsejable aplicar una reducción de no más del 50% en tamaño de un pedazo de masa en cada juego de rodillos.

Los rodillos laminadores desarrollarán la masa hasta cierto punto. El propósito primordial es de subdividir las células de gas presentes y alinear los filamentos de gluten para así aumentar la fuerza y obtener un grano apretado y uniforme en el producto final con el objetivo de conseguir un excelente moldeo. Del grado de apertura de dichos rodillos dependerá la mayor o menor expulsión del gas. Para evitar el desgarro de la masa los rodillos deben abrirse o cerrarse, dependiendo del tamaño o del volumen de la pieza.

Se intenta minimizar la cantidad de harina de espolvoreo que se aplica en los rodillos laminadores. Esto aumenta los costos, pero también esta harina afectará de forma negativa el grano del producto.

La masa utilizada para la elaboración del rosquete cocido en la panadería PINTO es elástica y puede tolerar el laminado cerrado que se le proporciona para así alcanzar una miga fina y posteriormente un moldeo adecuado que se realizara por medio del sistema mecánico, el cual actualmente se lleva a cabo de forma manual. La elasticidad es la capacidad de la masa, una vez se estrecha, de encogerse a su forma original.

El cuidado adecuado de la laminadora es esencial para moldear un producto de calidad. Antes de comenzar el uso de la máquina se recomienda una inspección visual, particularmente de los rodillos, y garantizar que ningún objeto extraño esté presente. Aún la masa que permanece en la máquina se endurecerá y puede dañar los rodillos tanto en la laminadora como en la moldeadora. Estos se deben revisar frecuentemente para garantizar que la separación entre estos está pareja a lo largo de todos los rodillos. También, la superficie de los rodillos debe ser lisa, sin asperezas o pedazos de masa.

Es importante ajustar todo el equipo que utiliza al cambiar las masas. La laminadora es la que garantiza un producto terminado con un grano fino y confiable para un moldeo adecuado ya sea de forma manual o con el sistema mecánico en funcionamiento. Se debe tener un gran cuidado con la masa antes de llegar a la laminadora ya que esto le permitirá fabricar un producto consistente, de gran calidad.

3.3. EL FORMADO O MOLDEO DEL PAN.

En el proceso de panificación una vez dividida la bola de masa y después de haber reposado, la siguiente etapa es el formado de la pieza. Esta operación consiste en dar la forma deseada a los trozos de masa. Se realiza manualmente cuando se trata de algunos tipos de panes especiales y a máquina (formadora o moldeadora) cuando el formado es en barra. El formado es una de las etapas claves en la elaboración del pan, y como se verá, muchos de los defectos originados en el pan pueden ser causados por una mala manipulación de la masa durante el formado. La formadora o moldeadora es el elemento más importante del equipo mecánico de panificación. Del estado de gasificación en el que se encuentra la masa cuando llega a la formadora dependerá el comportamiento de esta masa durante la fermentación y en los primeros minutos de la cocción.

Formado manual.

El formado manual, tanto si se trata de darle forma redonda, alargada o la forma deseada a la masa, ha de hacerse apretando lo más posible pero sin desgarrar la masa, ya que si esto ocurre quedará reducido el volumen del pan. El apretar más o menos estará condicionado por la fuerza y la tenacidad de la masa: cuando es floja y extensible habrá que replegar más la masa para dotarla de más fuerza y al contrario si es fuerte habrá que dejarla más floja procurando que no queden bolsas de aire.

Formado por medio del sistema mecánico

La formadora somete a la masa a tres etapas fundamentales:

Enrollado. Consiste en plegar la torta de masa y suele hacerse por medio de una malla metálica o por un par de tapices móviles.

Alargamiento. Esta masa enrollada pasa por distintas planchas de presión o por entre dos rodillos que dan vueltas en sentido inverso, asegurando así, la longitud deseada de la barra.

Moldeo. Permite darle la forma final deseada a la masa para obtener un buen producto haciéndola pasar por unos rodillos de acero inoxidable, los cuales llevan estampados en la superficie la forma deseada (en nuestro caso específico el rosquete).

Maduración de la masa antes y después del formado.

El grado de maduración o el estado de gasificación de la bola cuando llega a la formadora tendrá una gran influencia en las condiciones del formado. Así en los procesos rápidos de panificación con dosificaciones altas de levadura y masas semiduras, el laminado ha de estar bien apretado, por el contrario cuando las masas son blandas, el reposo prolongado y el estado de gasificación de la bola avanzada, requiere un laminado gradual y suave, evitándose las presiones bruscas, que dañan físicamente al gluten.

Hay que prestar especial atención a aquellas formadoras que no tienen rodillo de pre-laminado, éstas provocan en las piezas de mayor tamaño y en las masas sobre gasificadas una rotura al hacer la torta provocando problemas de falta de volumen, de greña y rotura en los laterales de la barra.

Según las condiciones en las que llegue la masa a la formadora se podrá realizar mejor el formado.

Si los rodillos están demasiado cerrados la masa se comportará muy tenaz y de forma redondeada. Si el apretado es muy flojo, la masa será extensible y caída. Por lo tanto hay que buscar el apretado ideal para conseguir un buen equilibrio.

El formado mecánico acarrea un aumento de la fuerza y de la tenacidad en comparación con las masas formadas manualmente que tienen menor fuerza y más extensibilidad. También en el período final de fermentación hay diferenciación entre los panes elaborados manualmente y mecánicamente, cuando se ha realizado a máquina el tiempo de fermentación es de un 20% más en comparación al hecho a mano.

Influencia del formado en la textura del pan.

En aquellas masas blandas y bien gasificadas (tipo pan francés), el laminado debe efectuarse flojo, los rodillos, bastante separados, con el fin de que la torta no sufra demasiados enrollamientos, que se traducirá en la desaparición de los grandes y medianos alveolos. Para las piezas pequeñas hay que cerrar el rodillo suficientemente para que pueda enrollarse sobre sí misma. En las masas duras y con poco tiempo de reposo hay que cerrar los rodillos hasta conseguir tres vueltas y media en el enrollado. Cuando los rodillos se encuentran demasiado apretados se produce un desgarramiento en la masa y atascos en la formadora.

Si por el contrario los rodillos se encuentran demasiado abiertos se producirán pocas vueltas en el enrollado que producen masas faltas de fuerza y panes de poco volumen y a veces aparecen ampollas en la corteza.

El ajuste de los rodillos estará en función del tipo de masas y al tamaño de la pieza. Una buena práctica es cortar longitudinalmente una barra a la salida de la formadora y se podrá apreciar si la masa está desgarrada. También es importante ajustar gradualmente las distintas planchas de alargamiento para evitar nuevamente el desgarramiento de la masa.

Y no cabe duda que el estado de la masa a su llegada a la formadora sea de vital importancia para conseguir un óptimo formado. Si el tamaño de los amasijos es demasiado grande las últimas piezas tienen un exceso de tenacidad que provoca problemas en el formado.

4. PROCESO DE FABRICACION DEL ROSQUETE COCIDO

4.1. LA HARINA.

Entre los distintos alimentos, la harina constituye y se mantiene como ingrediente básico número uno para los productos de panadería y de pastelería. En general podemos nombrar una gran variedad de clases de harina con distintos valores nutritivos y, por si fuera poco, existe una gran selección de clases de harina natural.

Conocer y determinar las características organolépticas y fisicoquímicas de las harinas es importante cuando se pretende elaborar cierta cantidad de pan y cuando queremos que estos sean de buena calidad.

En las harinas de buena calidad el color es blanco amarillento, en las medianas, blanco mate y en las inferiores blanco empañado a rojizo, el sabor de las harinas buenas es parecido al del engrudo fresco y es acre, ácido, picante o dulce en las echadas a perder, al tacto las harinas buenas son untuosas y frescas, mientras que las malas son ásperas, no se pegan a los dedos y no dejan sensación de fresco.

La harina refinada contiene almidón, gluten y extracto soluble, este último formado por dextrinas, azúcares simples, fosfatos, sustancias nitrogenadas, albúminas, vitaminas y minerales.

4.2. MATERIA PRIMA.

Los cereales son los frutos de unas plantas herbáceas, es decir sin consistencia leñosa, mono-cotiledóneas, de la familia de las gramíneas y con unas mismas características familiares: raíces numerosas con apariencia de cabellera, tallo fino, hojas envolventes y alargadas y frutos agrupados en torno a una espiga.

Son plantas anuales, sembradas y recolectadas en el mismo año. Suelen clasificarse en dos grandes grupos: los cereales de invierno, que resisten las condiciones meteorológicas extremas de esta estación, y los cereales típicos de primavera.

En el mundo se producen anualmente cerca de dos mil millones de toneladas de cereales. España es, por su situación geográfica y sus condiciones climáticas, un país extremadamente cerealista. Las principales cosechas son de trigo, arroz, cebada, avena, centeno, maíz, alpiste, sorgo y mijo.

Los cereales y los productos elaborados con ellos, suministran a los humanos, desde los tiempos más remotos, más de la mitad de la energía que se necesita para vivir con salud y rendir a fondo física e intelectualmente.

Los distintos cultivos mayoritarios de uno u otro grano han servido a los historiadores para apoyar, e incluso para acentuar aún más, la división histórica, cultural y geográfica del mundo. A Oriente le tocó el mayor reparto de los campos de arroz de todo el globo debido a las especiales condiciones de sus lluvias periódicas, que encharcaban los campos y los suelos. El arroz pasó en poco tiempo de la India a China, y de aquí se exportó a Corea, a Japón y a las islas Filipinas y, en general, a todo el sureste Asiático.

En ambas orillas del Mediterráneo prosperó y creció, junto al olivo y la vid, la estilizada espiga de trigo, base de la alimentación de Roma en los gloriosos tiempos de la República y el Imperio.

Las particulares condiciones del continente americano fueron favorables al cultivo del maíz, que los conquistadores introdujeron en Europa a partir del siglo XVI, y en el norte y centro de Europa crecieron vastos campos de centeno, que era el cereal base de los llamados “pueblos bárbaros del Norte”.

4.2.1. Principales zonas de cultivo de cereales en el mundo.

Arroz: es el cereal de mayor consumo del mundo y el alimento básico de la dieta de los habitantes del Extremo Oriente.

Trigo: después del arroz, el trigo es el cereal más cultivado en el mundo y el de mayor consumo en Estados Unidos y Europa.

Maíz: era el alimento base de los pueblos precolombinos, extendidos por todo el continente americano. Actualmente, Estados Unidos es el mayor productor de maíz del mundo.

Cebada: la mejor cebada se cultiva en regiones templadas, sobre terrenos algo calizos y sueltos. La especie más extendida es originaria de Asia.

Avena: aunque su origen está en Europa Oriental, en la tierra de los legendarios tártaros, actualmente se cultiva también en América del Norte y América del Sur.

Centeno: era el cereal de mayor consumo entre los pueblos bárbaros, que llegaron a Europa meridional en sucesivas oleadas desde el Norte, a lo largo de la Edad Media.

Anatomía y composición química de los cereales: visión general.

Los cereales se destacan entre las demás gramíneas por la formación de frutos relativamente grandes, que se llaman carióspsides, en los que las cubiertas están soldadas a las semillas. El tamaño de los granos se expresa como el peso de mil granos, dependiendo este valor no sólo del tipo de cereal, sino de la variedad y de las técnicas de producción, siendo por tanto muy variable. En la cebada, la avena y el arroz las glumas están unidas al fruto. Las que poseen el trigo y el centeno se separan en el proceso de la trilla.

Los principales constituyentes de los cereales antes mencionados son muy uniformes. Variaciones notables son, sin embargo, el elevado contenido en lípidos de la avena y el bajo contenido en almidón de la avena, la cebada y el centeno. En vez de almidón, en estos cereales está aumentada toda la fracción de “otros carbohidratos”, que consisten principalmente en polisacáridos no amiláceos. Estos cereales también difieren en el contenido en vitaminas del grupo B.

Las cubiertas de los frutos y semillas envuelven al tejido nutritivo, al endospermo, y al germen del grano. Botánicamente, el endospermo está formado por el endospermo amiláceo (70-80% del grano) y la capa de aleurona que, con excepción de la cebada, es una mono-capa. En el grano de trigo la capa de aleurona es rica en proteínas y contiene grandes cantidades de grasa, enzimas y vitaminas.

Tabla 1. Características de los gránulos en cereales.

Cereal	Tamaño	Forma	Notas
Trigo	grande : 15-40 μ pequeños : 1-40 μ	lenticular esférica	Gránulos simples
Centeno	grande : 25-60 μ pequeños : 2-5 μ	lenticular esférica	Anillos concéntricos algunas veces perceptibles Hilo visible
Avena	hasta 60 μ	lenticular	Conteniendo hasta 80 gránulos individuales
Maíz	gránulos simples: 2-5 μ 2-30 μ 2-30 μ	esférica angular, poligonal esférica	Gránulos individuales Endospermo duro Endospermo harinoso No hay anillos concéntricos. Hilo estrellado.
Arroz	entre 2-12 μ	angular	Conteniendo hasta 150 gránulos individuales

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos43/almidones/almidones2.shtml>

A continuación hablaremos brevemente de cada uno de los cereales anteriormente mencionados.

✓ **Arroz**

Su nombre científico es *Oryza sativa* L.

El arroz es uno de los principales productos de la canasta familiar y está considerado uno de los granos más importante dentro de la alimentación. Contiene vitaminas, hierro, tiamina, riboflavina, calcio y ácido nicotínico.

Su considerable valor nutritivo se explica por el alto contenido en proteínas e hidratos de carbono que encierra cada grano. Es uno de los cereales más ricos en

fécula. Es rico además en calcio, fósforo y potasio, y debido a la calidad de su almidón se digiere fácilmente.

El grano de arroz se compone de varias partes. La cobertura de salvado, más o menos consistente, según esté pulido, es más rica en vitaminas y sales minerales, el germen, que queda eliminado en los primeros procesos de elaboración, el endosperma o reserva de almidón, es decir el interior del grano, que contiene algunas vitaminas y sales minerales

El arroz se cultiva en terrenos encharcados. Los mejores suelos arroceros se dan en aquellos lugares del mundo visitados frecuentemente por las lluvias o perpetuamente sumergidos por el delta de un río o por las marismas costeras. También hay una variedad de arroz de secano, que se cultiva como el resto de los cereales.

Hay muchas clases de arroz en el mercado. Los arroces integrales, silvestres y morenos, menos depurados, conservan casi intactas sus cualidades nutritivas, vitaminas y minerales, y son más ásperos al paladar que el arroz blanco que se consume a diario en casi todos los hogares.

Harina de arroz.

La Harina de Arroz, es un producto natural que mantiene todo el valor nutritivo del arroz, se obtiene de la molienda de granos de arroz de alta calidad y pureza, procesado con condiciones higiénicas y parámetros estrictamente controlados.

Puede ser utilizada como materia prima y sustituto de cualquier tipo de harinas de cereales, para la elaboración de productos alimenticios.

Es un alimento poco utilizado que debería ser revalorado, por sus excelentes propiedades nutricionales y sus óptimas características.

La Harina de Arroz tiene propiedades únicas que resisten la absorción de aceite. Los alimentos elaborados en base a arroz, absorben alrededor de un 25% a un 50% menos de aceite al cocinarlos.

En base a harina de arroz podemos cocinar riquísimas recetas, elaborar pastas, dar consistencia a las salsas y elaborar alimentos para bebés. Ideal para rebozar todo tipo de alimentos antes de freír: pescados, pollos, cebollas, etc., ya que absorben menos grasa.

La harina de arroz es un alimento hecho sólo en base a arroz, por lo que es apto para la dieta de personas que tienen intolerancia al gluten.

✓ **Trigo**

La principal especie de trigo es el *Triticum aestivum* L., que corresponde a todos los trigos llamados blandos. Pan común, pasteles, bizcochos y galletas se elaboran con la harina obtenida de esta variedad de trigos

Los duros, ricos en proteínas, llamados *Triticum turgidum* L., son la especie utilizada para la fabricación de ciertas clases de pan, como el pan gallego, la hogaza de León, el pan de molde, los bollos y todas las pastas alimenticias. El grano de trigo está formado por el pericarpio, o piel del grano, el endospermo o núcleo del grano, de donde sale la harina, el germen, donde se almacena el 30% de las proteínas, y que es el embrión del que nacerá la nueva planta.

Uno de los elementos nutritivos más importantes es la proteína, misma que se encuentra contenida en el gluten, el cual facilita la elaboración de levaduras de alta calidad, necesarias para la panificación.

El trigo de menor calidad se utiliza para la elaboración de bebidas alcohólicas y alimentación animal. Igualmente los subproductos de la molienda (salvado, salvadillo, etc.) se utilizan como alimento forrajero, o para la elaboración de otros alimentos humanos con alto contenido de fibras.

El valor nutritivo del trigo y de los productos derivados de sus harinas, siempre han sido una fuente importante de alimento para la humanidad, ya que aportan energía, proteína, vitaminas y minerales, muy necesarios para el crecimiento sano de la población.

El trigo de menor calidad se utiliza para la elaboración de bebidas alcohólicas y alimentación animal. Igualmente los subproductos de la molienda salvado, salvadillo, etc.) Se utilizan como alimento forrajero, o para la elaboración de otros alimentos humanos con alto contenido de fibras.

Harina de trigo.

El principal producto obtenido del trigo es la harina, y ésta es destinada principalmente a la fabricación de pan, galletas, pasteles, tortillas, pastas para sopa y otros productos. La harina que se produce de los trigos blandos es utilizada para la fabricación del pan, mientras que la que se obtiene de los trigos duros se destina principalmente para la producción de pastelería o alimentos caseros.

Gluten en el trigo.

El trigo es el cereal que permite de una manera más adecuada la formación del gluten, una pasta constituida por la mezcla de las proteínas, gluteína y gliadina junto con el agua. El gluten formado posee plasticidad y elasticidad lo que permite darle una forma determinada y al mismo tiempo posibilita que la levadura actúe sobre la misma haciendo que esta se hinche, al absorber vapor de agua y aire.

Al añadir agua a la harina de trigo se forma una masa visco-elástica cohesiva que puede amasarse. El producto responsable de dicha estabilidad es el gluten, que queda como residuo al eliminarse el almidón y los componentes solubles.

El gluten está formado por proteínas (90%), lípidos (8%) y carbohidratos (2%). Estos últimos son principalmente pentosanos solubles e insolubles, que fijan el agua. Los lípidos se asocian con determinadas proteínas del gluten formando lipoproteínas. En el gluten recién obtenido se encuentran enzimas.

Las proteínas del gluten, y los lípidos, son responsables de las propiedades visco-elásticas y cohesivas de la masa. Tales propiedades reológicas confieren a la masa la capacidad de retener gas durante la fermentación y dan un producto que tras el horneado es poroso y esponjoso, con una corteza elástica.

Contrariamente al trigo, el centeno y los demás cereales no forman un gluten que quede como residuo tras el lavado. La capacidad de panificación del centeno es debida a los pentosanos y a determinadas proteínas cuyo estado de imbibición resulta tan modificado después de la acidificación, que contribuyen a la fijación de gas.

Componentes proteicos del gluten de trigo.

Mediante fraccionamiento de las proteínas del trigo se obtienen prolaminas y glutelinas en proporción 2:3 aproximadamente. Ambas fracciones, en su forma hidratada, tienen efectos diferentes sobre las características reológicas de la masa: las prolaminas se consideran el “disolvente”, de las glutelinas y responsables sobre todo de la viscosidad, siendo las glutelinas, por el contrario, responsables de la elasticidad de la masa del pan. Los aminoácidos del gluten de trigo varían en sus concentraciones en dependencia de su pertenencia a las distintas proteínas.

Composición. El valor nutritivo del trigo y de los productos derivados de sus harinas, siempre han sido una fuente importante de alimento para la humanidad, ya que aportan energía, proteína, vitaminas y minerales, muy necesarios para el crecimiento sano de la población.

A partir del siglo XX, la mecanización del proceso de limpieza del trigo llevó a la producción de una harina cada vez más refinada, en la que las partes externas del grano de trigo, conocidas vulgarmente como salvado, son separadas y apartadas del producto final que consiste básicamente en almidón y en proteínas. Con éste refinado se conseguía elaborar una harina que resistía más el paso del tiempo, al separarse de ella los lípidos que se degradan con el tiempo. Al mismo tiempo que se conservaba más tiempo, el pan producido por esta harina refinada resultaba más agradable al paladar del los consumidores.

La harina blanca obtenida es muy rica en hidratos de carbono pero carece de minerales y vitaminas que se encontraban en el salvado y en el germen. Con ésta harina se fabricaba un pan blanco de poca calidad alimentaria cuando se compara con el pan integral que tiene un color “más moreno”.

A veces, para incrementar las ventas se vende un supuesto pan integral que realmente no lo es. Lo que se hace es añadir un poco de salvado a la masa y se produce un pan de color blanco con pequeñas motas más oscuras correspondientes al salvado añadido. Este pan no es auténticamente integral y se diferencia del auténtico en que éste presenta una masa oscura uniforme.

En resumen, cuando se habla del trigo, se hace partiendo del enfoque de cada uno de los sectores que están involucrados en la cadena productiva; cada uno exige diversas condiciones de calidad dependiendo de sus intereses o la orientación que van a dar a los consumidores del grano y sus derivados. Se dice que el agricultor requiere tener una buena cosecha que le permita tener altos rendimientos; el industrial, necesita que el trigo sea de calidad para moler y capaz de tener altos rendimientos en la extracción de harina; el panadero, necesita harina de calidad y exige que ésta cumpla con los elementos necesarios para hacer pan, pasteles o galletas. Mientras que el consumidor final, desea encontrar un producto de calidad, con alto valor nutritivo que dure y tenga buen precio.

Clasificación y características. La harina de trigo deberá ser fabricada a partir de granos de trigo sanos y limpios, exento de materia terrosa y en perfecto estado de conservación. Deberá estar exenta de parásitos, larvas, hongos, impurezas y microorganismos que indiquen manipulación defectuosa del producto. No podrá estar húmeda, fermentada ni rancia.

La harina de trigo se puede clasificar principalmente en:

- Clasificación con referencia a su uso.
 - Panificables.
 - Para otros usos industriales.

➤ Clasificación en base a la calidad del trigo usado.

- Harinas de primera calidad.

Tabla 2. Harinas de trigo de primera calidad

Nombre	Humedad % máximo	Cenizas % (*) máximo	Proteína %	Acidez % máximo
a) Harina de trigo duro de primera	14,0	0,50	12 mínimo	0,25
b) Harina de trigo duro de invierno	14,0	0,50	11 mínimo	0,25
c) Harina de trigo Blando	14,0	0,45	6 mínimo 9.5 máximo	0,25
d) Harina de mezcla de trigo duro	14,0	0,50	11 mínimo	0,25

Fuente: Comité de Normas y Asistencia Técnica Industrial (Norma oficial para harina de trigo)

- Harina de otras calidades. Se clasificarán “harinas de otras calidades” las harinas de trigo duro con porcentajes de humedad y de cenizas superiores a 14,0 % y 0.5 % respectivamente, o con un contenido de proteína inferior a los mismos señalados en la tabla anterior para las harinas de trigo de primera calidad.
- Harinas con grado de acidez superior a 0.25 % se consideran no aptas para el consumo humano.
- Harina enriquecida. Con este nombre se designa la harina de trigo enriquecida con vitaminas, sales minerales y otras sustancias de valor biológico específico.

Elaboración de la harina de trigo a partir de la molienda.

Se realiza una primera limpieza en seco para separar polvillo y cuerpos extraños. Luego el trigo es mojado y depositado en silos de descanso durante 30 horas previo a la molienda.

Todo el proceso está dedicado a abrir cada grano de trigo, raspar el endospermo y remover las partículas de cáscara para moler el endospermo puro y transformarlo en harinas.

El proceso de molienda del trigo para producir harina se realizaba antiguamente de forma manual, utilizando piedras. Con el tiempo se fueron utilizando procesos mecánicos empleando la fuerza del agua o del viento para pasar a las modernas máquinas denominadas molinos de cilindros, las cuales poseen rodillos de acero estriados de a pares que al girar en sentido contrario rompen los granos que pasan a través de ellos. El cernido se efectúa mediante una máquina cernedora con tamices múltiples que separa los distintos tipos de harina según el tamaño de sus partículas.

✓ **Maíz.**

La gran adaptabilidad de esta popular planta de la familia de las gramíneas, cuyo nombre científico es *Zea mays* L., a las distintas altitudes ha extendido su cultivo más allá de sus orígenes naturales.

Las espigas de la planta madura, las “panochas”, o mazorcas, forman una piña de granos apretados, que queda protegida del aire por un ramillete de grandes hojas verdes que surgen del tallo y llegan hasta la punta de la misma.

En la cocina, el maíz se consume en forma de harina, copos, palomitas, aceite, jarabe, etc. La harina de maíz es amarillenta y se usa en la elaboración de panes, pasteles y bollos, y de los célebres tamales y tortillas americanas. Su almidón también es empleado con frecuencia para dar consistencia a las preparaciones culinarias.

Cuando los españoles llegaron a las Indias Occidentales, los amerindios ya las tenían en gran consideración y eran grandes devoradores de palomitas, además de utilizarlas como amuleto o como adorno para engalanar sus trajes. Las

preparaban de tres maneras distintas: bien ensartaban en un palo la mazorca y la ponían directamente sobre la llama, bien desgranaban la mazorca y tiraban los granos al fuego, o bien tostaban los granos o la mazorca tras colocarlos sobre un recipiente de arcilla.

Harina de maíz.

Además de comer los granos tiernos a secos del maíz, o utilizar la mazorca para comer como una hortaliza fresca, la molienda del maíz permite extraer la harina de maíz con la que se elaboran muchos preparados alimenticios.

La harina de maíz es el polvo, más o menos fino, que se obtiene de la molienda del grano seco del maíz. Puede ser integral, por lo que presenta un color amarillo, o refinada en cuyo caso es de color blanco.

Propiedades alimentarias de la harina de maíz.

La principal ventaja de la harina de maíz con respecto a otras harinas como las de trigo, centeno, avena o arroz, es el hecho de carecer de gluten por lo que resulta adecuada para las personas con enfermedad celiaca o intolerancia al gluten. Por el hecho de carecer del gluten, no puede utilizarse este tipo de harina como ingrediente exclusivo en la fabricación del pan si no se combina con otras harinas panificables (trigo, cebada, centeno o avena).

La harina de maíz presenta, al igual que el grano de ésta planta, deficiencias en aminoácidos, por eso muchas veces se le añaden suplementos de los mismos para aumentar sus propiedades alimenticias.

✓ **Cebada.**

Su nombre científico es *Hordeum vulgare* L.

El cultivo de la cebada se remonta a los orígenes de la humanidad. Decía Plinio que la cebada, en su forma silvestre, era el alimento vegetal más antiguo, y fue utilizada por los antiguos egipcios, cuatro mil años antes de Cristo, en la elaboración de panes y tonas rituales.

La cebada mondada es el fruto desprovisto de su película externa. Una vez que ha sido descortezado, redondeado y blanqueado artificialmente se le llama comúnmente cebada perlada.

Actualmente, sustituida por otros cereales más digeribles y sabrosos, se emplea fundamentalmente en la alimentación animal (cebadas verdes), en la elaboración de bebidas populares como la cerveza y para la fabricación de whisky.

✓ **Avena.**

Es un cereal (*Avena nativa*) de gran poder alimenticio. Su consumo, en relación con otros cereales, es muy bajo, y se dirige sobre todo a la alimentación del ganado doméstico y de las aves de corral. Sólo Estados Unidos y el Reino Unido siguen empleándola para la elaboración de los célebres desayunos anglosajones, que tanta fama han cosechado en todo el mundo por su elevado aporte energético, ya sea en forma del saludable muesli o en el conocidísimo porridge.

El muesli se prepara a partir de copos de avena y yogur o leche, miel, frutos secos y manzanas. El porridge se elabora a partir de harina de avena mezclada con agua, y durante muchos siglos ha sido el alimento principal y el orgullo nacional de los escoceses, que con frecuencia lo exportaron más allá de sus fronteras.

✓ **Centeno.**

Parecido al trigo en muchos aspectos, es también panificable. Su nombre científico es *Secale cereale* L. y se conocen sobre todo dos variedades, la de maduración tardía de paja basta y la de maduración precoz. Su grano se utiliza habitualmente en Rusia para la elaboración de cerveza.

4.3. DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA EL ROSQUETE COCIDO.

4.3.1. Moje.

Llenar el balde (10 L) con el huevo que permanece refrigerado, pesar el azúcar (10 Lb) y la mantequilla (5 Lb). En una batea el operario mezcla una parte del azúcar, mantequilla, huevo y el polvo de hornear. Después se incorpora la harina a la mezcla y se continúa revolviendo, durante el proceso se remueve con una espátula la mezcla que se adhiere a las paredes de la batea; se añade el huevo restante teniendo la precaución de retirar cualquier residuo de cáscara de huevo de la mezcla. Se continúa revolviendo hasta obtener la consistencia de la masa. El operario divide la masa aproximadamente en dos porciones iguales.

4.3.2. Rollada.

Tomando una de las porciones obtenidas en el moje, comienza el proceso de la maquina rollera en donde es necesario rosear harina a la mezcla para que esta no se adhiera a la misma (Ver Figura 4). En este proceso la masa adquiere una mejor textura siendo más compacta y elástica.

Figura 4. Ilustración del proceso de rollada.



4.3.3. Pesada.

La masa rollada se coloca sobre una lata donde el operario corta porciones y las pesa para obtener partes iguales de 3.25 libras (Ver figura 2). Se obtienen 10 porciones a las que se les denomina “pesadas” que se colocan sobre una lata.

Figura 5. Ilustración del proceso de pesada.



4.3.4. Picada.

Cada “pesada” se aplana usando un tubo hasta que se obtiene el diámetro aproximado del molde de la picadora o cortadora. Se pasa esta masa al molde donde primero se presiona para que se distribuya homogéneamente la misma (Ver figura 6a). Después se acciona la palanca para realizar el corte en 36 porciones del mismo tamaño (Ver figura 6b).

Figura 6. Ilustración del proceso de picada.



a) Ajuste de la masa al molde

b) Corte de la masa en partes iguales.

4.3.5. Moldeo.

El operario toma uno de los pedazos obtenidos de la cortadora y lo separa en dos. Con cada una de sus manos moldea la masa (“hechura”); se unen los extremos para armar el rosquete y ubicarlos en las latas con harina para evitar que se peguen (Ver figura 4); y luego ser llevadas a los escabiladeros. En una lata se pueden ubicar aproximadamente 40 rosquetes pequeños.

Figura 7. Ilustración del proceso de moldeo.



4.3.6. Cocimiento.

Transportar las latas al puesto de trabajo donde están las estufas industriales. Las canastas de cocción se introducen al agua hirviendo donde después se añaden los rosquetes (4 latas por cocción), se dejan hervir durante 4 minutos y se saca la canasta para llevarla a los escurrideros.

4.3.7. Enfriamiento.

Este proceso consiste en adicionar agua a las canastas para enfriar los rosquetes. Allí permanecen de 4 a 5 minutos.

4.3.8. Enlatado.

Los rosquetes son ubicados en las latas dejándolas listas para el horneado.

4.3.9. Horneado.

Se introducen 48 latas en el horno donde permanecen 7 minutos aproximadamente a 325° C para que el rosquete crezca. Después se reduce la

temperatura 50° C y se continúa el horneado durante 18 minutos. Al retirar las latas del horno, son llevadas nuevamente a los escabiladeros donde reposan para después agregarles la crema.

4.3.10. Elaboración de la crema.

En un balde se incorporan 6 L de clara de huevo (5 cartones de huevo) y se llevan a la maquina batidora donde se baten hasta alcanzar el punto de nieve. Se pesan 30 lb de azúcar y se mezclan con 6 litros de agua en una olla industrial, se enciende la estufa y se cocina esta mezcla hasta que se obtiene el almíbar. Este almíbar se añade junto con ½ L de jugo de limón a las claras batidas y se bate hasta obtener la crema.

4.3.11. Engrudado del rosquete.

se alista el puesto de trabajo con los rosquetes, la crema y las bandejas. En la batea se vierte la crema y se adicionan los rosquetes, el operario los mezcla hasta que todos los rosquetes queden cubiertos con crema obteniendo así el plumero. Los plumeros se sacan de la batea a las latas y se transportan al sitio de secado donde se dejan reposar toda la noche.

4.3.12. Empaque.

Se transporta al área de empaque y se almacena en bolsas de 10 unidades.

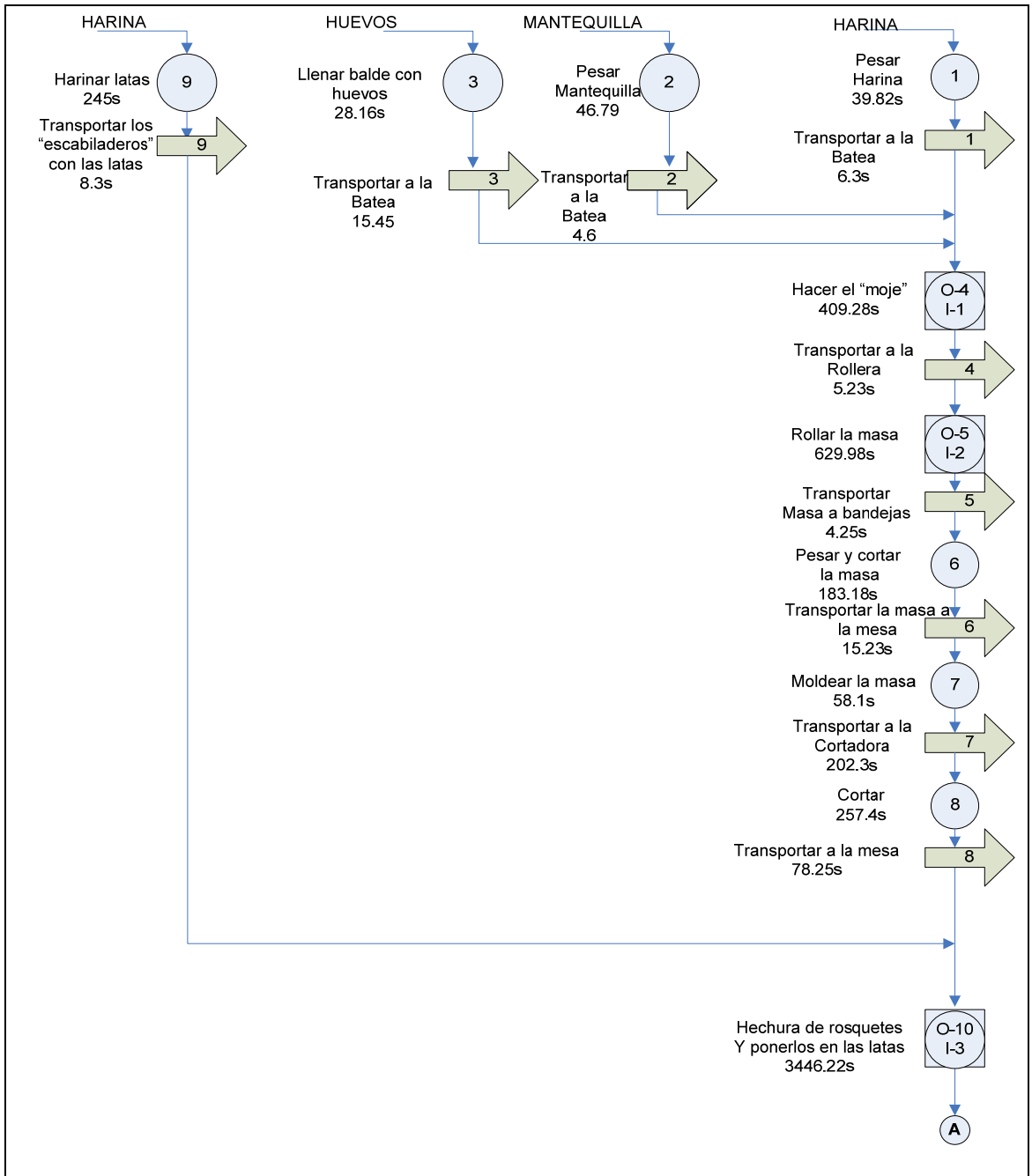
En el proceso de producción se observa la polivalencia de los trabajadores puesto que tienen capacidad para desempeñarse en la mayoría de los puntos del proceso productivo. Todas las tareas habitualmente son realizadas por 2 operarios, quienes se encargan de la preparación de maquinas y materia prima, así como de su transformación obteniendo el producto terminado.

4.4. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.

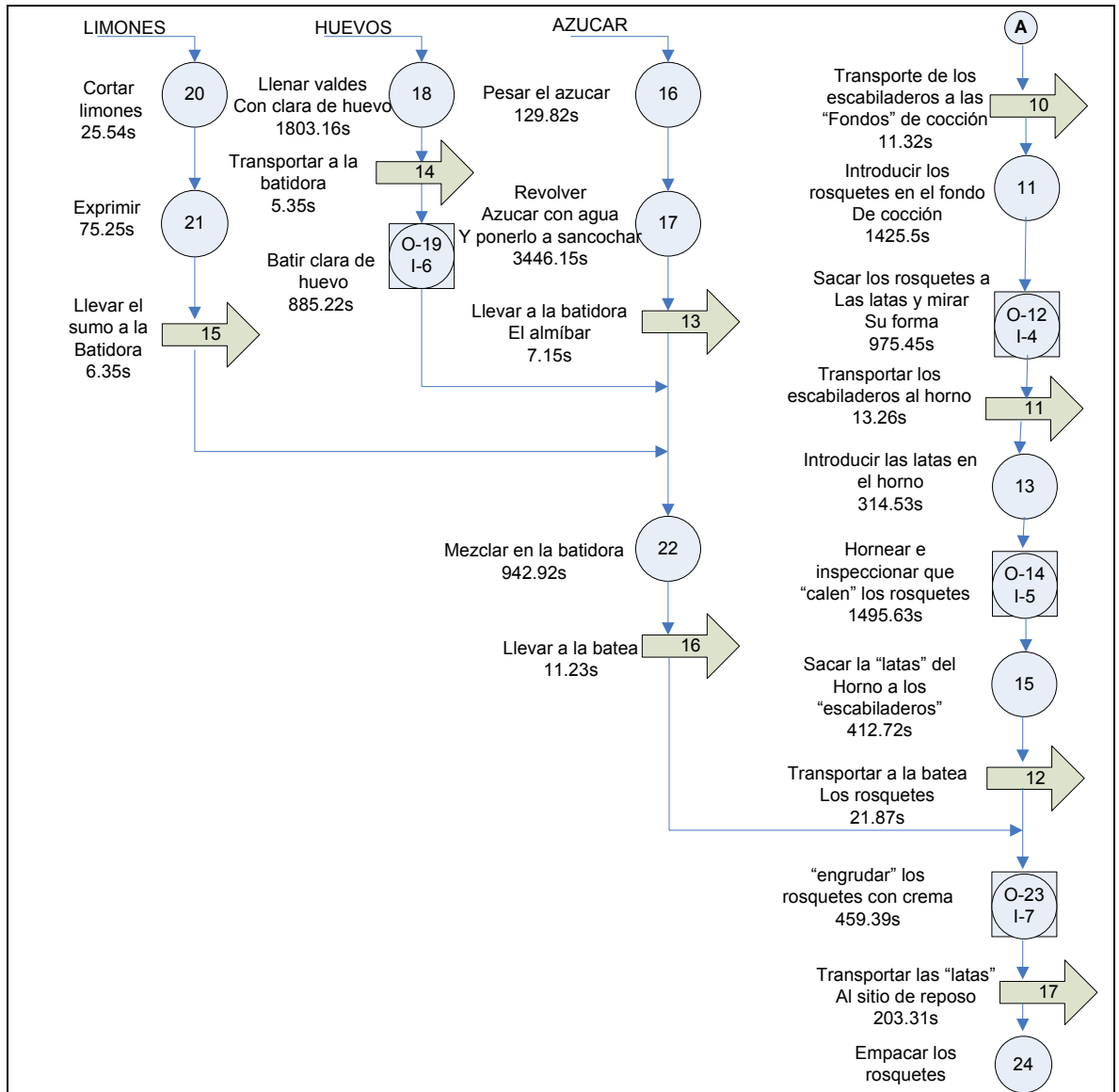
El diagrama de flujo del proceso representa gráficamente el desarrollo y secuencia de las operaciones requeridas para la elaboración de 76 paquetes de rosquetes pequeños. En el diagrama se incluyen los tiempos respectivos.

Figura 8. Diagrama de flujo del proceso.

PANADERIA PINTO		
DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL ROSQUETE COCIDO		
Diagrama numero: 1	Comienza en: Moje	Método: Actual <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto
Producto: Rosquete cocido	Termina en: Empaque	
Diagrama elaborado por: Jovanny Chaparro S. Álvaro Paternina B.	Resumen de actividades	Fecha de Elaboración: 18 de noviembre de 2008
	Total de Operaciones: 24	
	Total de Inspecciones: 7	
	Total de Demoras: 0	
		Hoja 1 de 2



PANADERIA PINTO		
DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL ROSQUETE COCIDO		
Diagrama numero: 1	Comienza en: Moje	Método: Actual <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto <input type="checkbox"/>
Producto: Rosquete cocido	Termina en: Empaque	
Diagrama elaborado por: Jovanny Chaparro S Álvaro Paternina B.	Resumen de actividades	
	Total de Operaciones:	24
	Total de Inspecciones:	7
	Total de Transporte:	17
Total de Almacenamiento:	0	Fecha de Elaboración: 18 de noviembre de 2008
Total de Demoras:	0	
Hoja 2 de 2		



4.5. PREPARACION DE MAQUINAS Y TIEMPOS ESTIMADOS.

La siguiente tabla muestra las diferentes maquinas que requieren preparación para llevar a cabo el respectivo flujo de proceso, además una breve descripción de las operaciones de preparación de cada máquina y sus tiempos estimados. Los tiempos que se relacionan son los utilizados cada vez que se requiera, esto no significa que durante una jornada solo se haga preparación una sola vez, porque depende de la operación y de la cantidad elaborada.

Tabla 3. Descripción y tiempos de preparación de las máquinas antes de implementar el sistema mecánico.

TIPO DE MAQUINA	DESCRIPCION DEL PROCESO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE PREPARACIÓN
ROLLERA	Se alinean los cilindros, Se le efectúa mantenimiento (engrasar) una vez al mes. Se le aplica harina a la plataforma donde descansa la masa, se conecta al enchufe y se enciende.	1.35 minutos
CORTADORA	Se debe limpiar el recipiente donde va la masa y las cuchillas diariamente. Aceitar cada 6 meses.	1.23 minutos
BATIDORA	Se ajustan las aspas, se limpia el recipiente donde va el batido y las aspas, se conecta al enchufe y se enciende.	2.23 minutos
HORNO	Se enciende y posteriormente se realiza un precalentamiento.	30 minutos

Fuente: Operarios Panadería Pinto, Marzo 27 de 2007.

5. DESCRIPCION DEL SISTEMA MECANICO PARA LA ELABORACION DE MOLDES DE ROSQUETES COCIDOS

El objetivo del sistema mecánico es ayudar al fortalecimiento de la producción en la industria panadera, especialmente en la panadería PINTO con la elaboración del producto específico que dicha panadería produce (rosquetes cocidos), el sistema mecánico consta de tres máquinas en serie que son; amasadora, sobadora y moldeadora, cumpliendo cada una de ellas con una función específica dentro del ciclo de producción. Para este fin, se comprará la amasadora, la sobadora o laminadora ya existente dentro de la empresa será acoplada al sistema mecánico y la moldeadora es quien se convierte en nuestro principal objetivo de diseño y será en la cual enfocaremos nuestra atención, debido a que es una máquina novedosa aún no existente en el mercado.

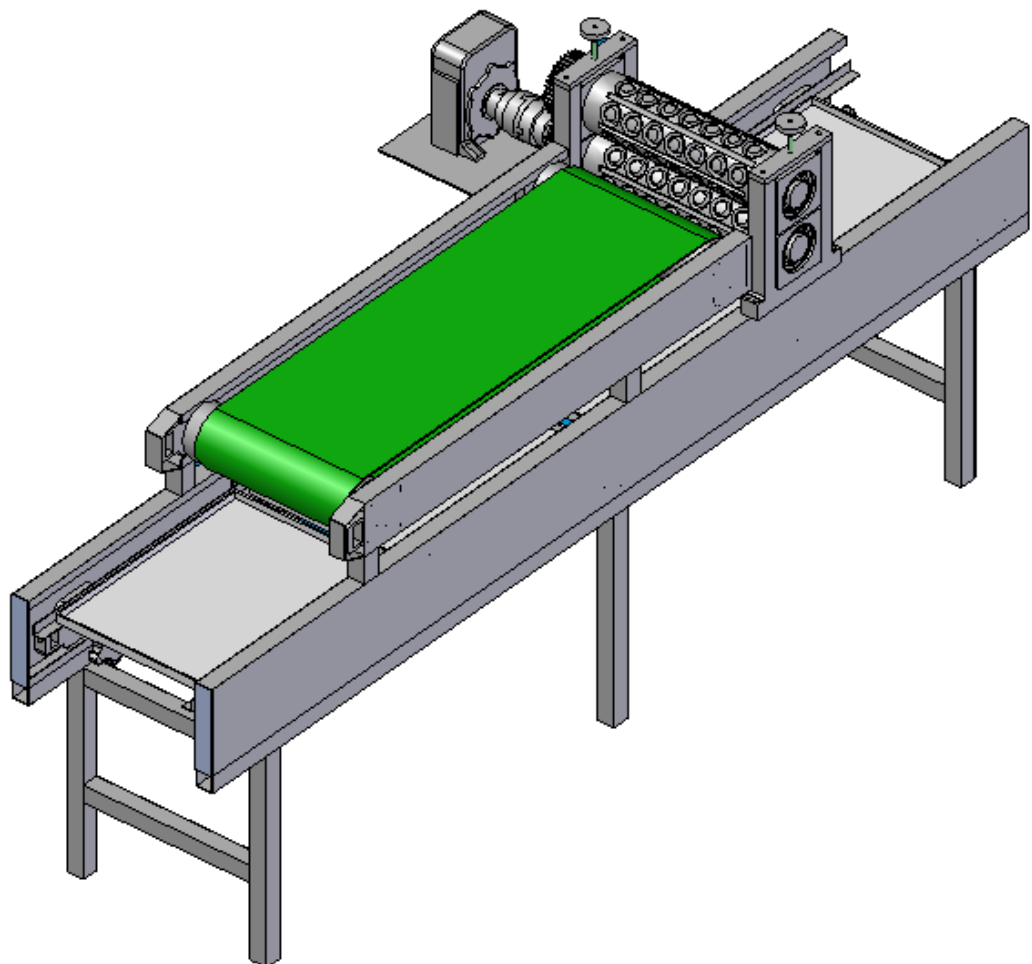
5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MOLDEADORA.

El sistema mecánico consta como se mencionó anteriormente de tres máquinas (amasadora, sobadora y moldeadora), pero como el objetivo fundamental de éste proyecto es en sí la moldeadora del sistema, nos enfocaremos en ella; la moldeadora consta de dos rodillos en acero inoxidable, que giran a una velocidad muy baja, estando en contacto las superficies de cada uno de ellos entre sí, en las que se encuentra estampado el molde del rosquete formando una especie de troquel rotativo. La masa será suministrada a la moldeadora por medio de una banda transportadora, y el rosquete será expulsado a medida que los cilindros giran, debido a la gravedad, consiguiendo así el producto deseado. Los rodillos

serán fácilmente removibles quitando la tapa del bastidor para así garantizar el intercambio de estos y la elaboración de los dos tamaños deseados del producto.

Así mismo la moldeadora cuenta con un sistema motor-reductor para transmitir el movimiento a los rodillos y la potencia necesaria para su funcionamiento. Además posee una estructura en forma de bancada como soporte en el cual se encuentran las bandas transportadoras de masa y de latas.

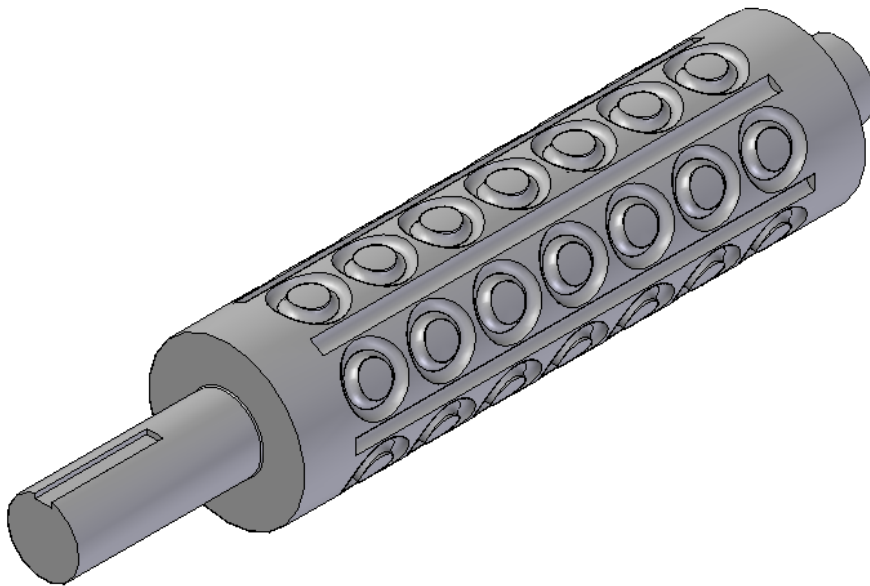
Figura 9. Sistema mecánico



5.2. COMPONENTES PRINCIPALES DE LA MOLDEADORA.

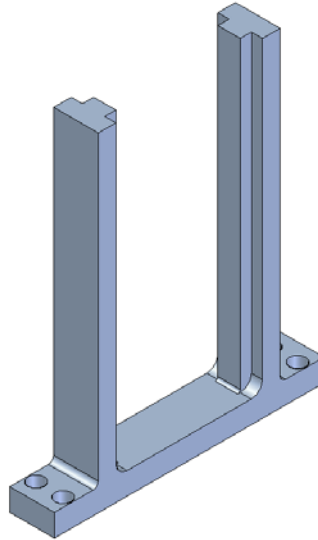
- ❖ **Rodillo.** La moldeadora consta de dos rodillos dispuestos horizontalmente en forma paralela el uno del otro, Cada uno de ellos presenta estampada en su superficie la forma del rosquete, los rodillos se encuentran dispuestos a una separación mínima o casi nula para garantizar el troquelado rotacional deseado. Además este rodillo presenta un cambio de sección en cada uno de sus extremos donde van montados los rodamientos rígidos de bolas. Están fabricados en acero inoxidable AISI 304 debido a que éste es un material utilizado frecuentemente en la construcción de maquinaria para la industria alimenticia por su gran resistencia a la corrosión.

Figura 10. Rodillos



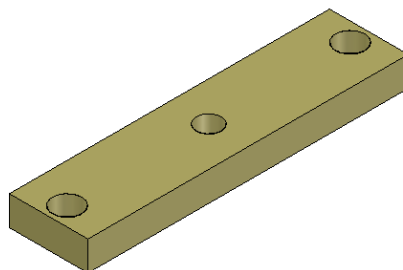
- ❖ **Bastidor.** Es el encargado de alojar las chumaceras donde van montados los rodamientos de bolas que transmiten las cargas al eje y soportan los rodillos.

Figura 11. Bastidor

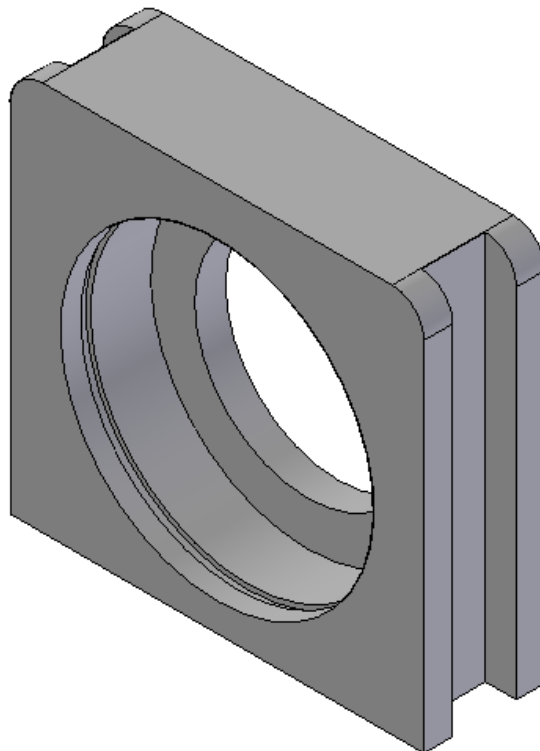


- ❖ **Tapa del bastidor.** Está fabricada de acero A36, presenta un tornillo ajustable que permite el desplazamiento vertical de la chumacera para fijar la distancia mínima entre los rodillos, ésta apernada en sus dos extremos al bastidor lo que la hace fácilmente removible para permitir el intercambio de rodillos de un tamaño a otro. (llamada en planos Tapa Chumacera)

Figura 12. Tapa del bastidor

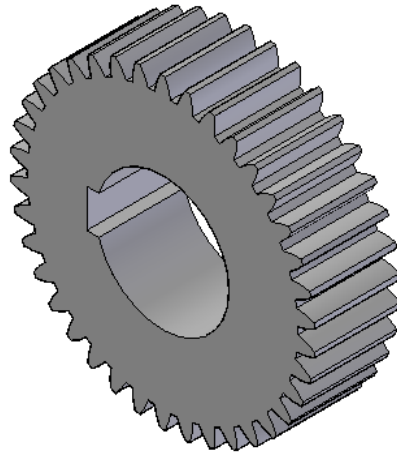


- ❖ **Chumaceras.** Permiten el alojamiento de los rodamientos que soportan los rodillos, van montadas en los bastidores, están construidas en al carbono SAE 8620.



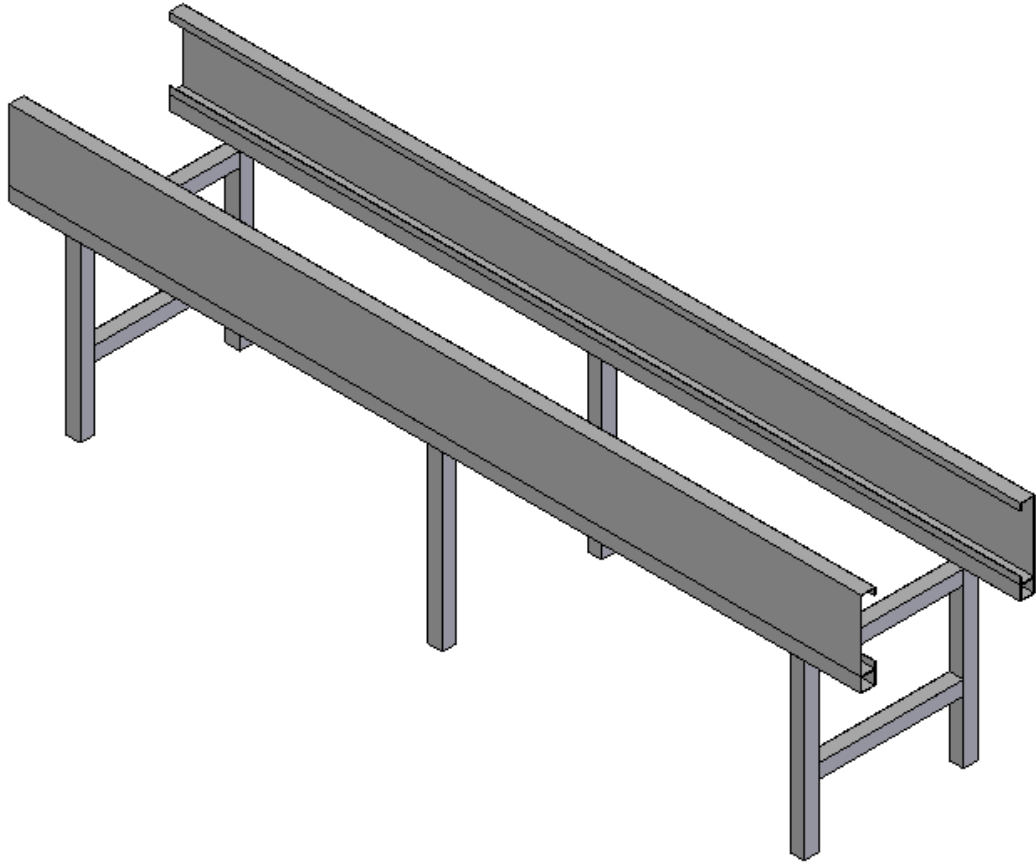
- ❖ **Engranajes.** La transmisión de movimiento de un rodillo al otro se realiza por medio de un tren de engranajes fabricados en acero al carbono SAE 8620, además de permitir el movimiento de los rodillos, tienen como función mantener una sincronización adecuada del troquelado.

Figura 13. Engrane



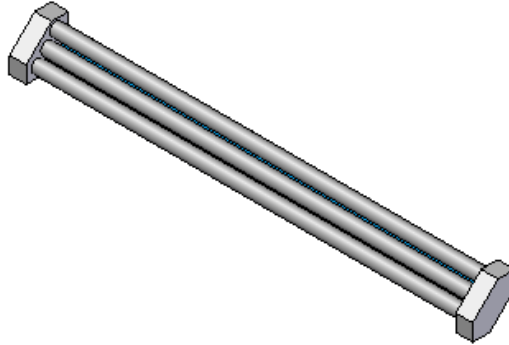
- ❖ **Base o Soporte.** Esta pieza soporta el peso de la moldeadora en general, manteniendo fijo los bastidores a su superficie por medio de unos pernos, de tal manera que no se presente ninguna clase de desajuste cuando la máquina está en funcionamiento, además posee la banda transportadora de masa a la altura de los rodillos; una banda transportadora de latas en la parte inferior y en su parte lateral superior aloja el motor-reductor; está fabricada en lamina HR calibre 12.

Figura 14. Base ó Soporte



- ❖ **Rodillos de entrada.** Su función es facilitar el ingreso de la masa proveniente de la banda transportadora a la moldeadora, consta de tres rodillos dispuestos en forma diagonal a la salida de la banda transportadora de masa, estos giran libremente haciendo mas fácil la llegada de la masa a la maquina moldeadora.

Figura 15. Rodillos de entrada



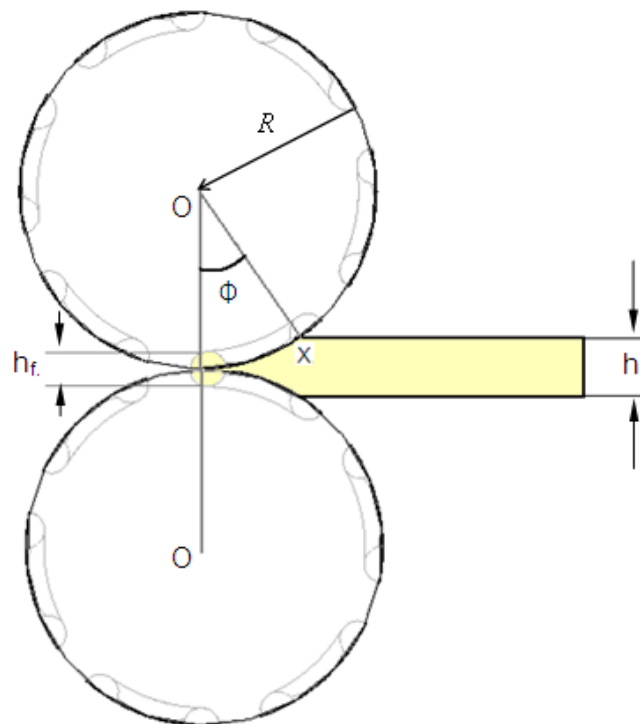
- ❖ **Rodamientos.** Cada rodillo cuenta con dos rodamientos rígidos de bolas para permitir el movimiento de rotación sobre el eje horizontal. Así mismo soportan la carga radial de éstos.
- ❖ **Sellos.** Para garantizar la vida útil de los rodamientos se emplean sellos en las chumaceras con el propósito de evitar la entrada de harina y partículas extrañas a estos, además, asegurar el buen funcionamiento de la maquina.
- ❖ **Motor-reductor.** La potencia requerida por la moldeadora es suministrada por un motor-reductor eléctrico de 2 hp y 6 rpm a la salida, es el encargado de suministrar la energía para realizar el troquelado, se seleccionó de acuerdo a la potencia necesaria para mantener el movimiento.
- ❖ **Acople eje reductor - rodillo.** Es un dispositivo que permite transmitir la potencia y la velocidad a la maquina, ya que permite la unión entre el eje de salida del reductor y el rodillo inferior de la moldeadora. El acople va unido al eje por medio de chavetas.

6. DIMENSIONAMIENTO DE LOS RODILLOS.

El principio fundamental que utilizamos en el dimensionamiento y diseño de los rodillos es el proceso de laminación, debido a su analogía con lo ocurrido en el funcionamiento de la moldeadora, por tanto hay que tener en cuenta algunos factores que influyen en dicho proceso como son la mordedura máxima de los rodillos y el coeficiente de fricción entre los rodillos y el material a trabajar.

Realizando un estudio detallado y teniendo en cuenta algunas recomendaciones se pudo encontrar que el coeficiente de fricción está directamente relacionado con el ángulo de mordido de la siguiente manera:

Figura 16. Angulo de contacto de los rodillos con la masa.



El ángulo (Φ) de la figura 16 formado por la línea determinada por el punto de contacto X, el centro O del cilindro y la línea de centros OO, se llama “ángulo de contacto” ó “ángulo de mordido”. Para que el material pueda entrar en el laminador se debe cumplir que:

$$\text{Tan } (\Phi) < \mu$$

De esto se deduce que el coeficiente de fricción (μ) es el que determina la mordedura máxima que pueden tomar los cilindros.

El coeficiente de fricción en el laminado depende de varios factores como lubricación, material de trabajo y temperatura de laminado, en la tabla siguiente se dan algunos valores típicos de coeficientes de fricción según el tipo de laminado.

Tabla 4. Coeficiente de fricción según el tipo de laminado.

Tipo de laminado	Coeficiente de Fricción μ
Laminado en frío	0.1
Laminado en tibio	0.2
Laminado en caliente	0.4

Fuente: UMSS – Facultad de Ciencias y Tecnología (Ing. Mecánica – Tecnología Mecánica II)

Tomamos un valor de $\mu = 0.2$ debido a que el proceso en este caso genera un leve calentamiento de los rodillos.

$$\text{Tan } (\Phi) = 0.2$$

$$(\Phi) = \text{Tan}^{-1}(0.2) = 11.31^\circ$$

El seno del ángulo (Φ) es igual a la proyección horizontal del arco de contacto dividido por el radio del cilindro:

$$\text{Sen}(\phi) = \left[\frac{2 * (h_i - h_f)}{D} \right]^{1/2}$$

$$\text{Sen}(11.31) = \left[\frac{2 * (1.75 - 1.5)}{D} \right]^{1/2}$$

$$D \approx 13\text{cm.}$$

En el mercado no se encontró un material de acero inoxidable AISI 304 de 13 cm de diámetro, por lo tanto se normaliza al valor más cercano por encima que es de 6 plg. es decir aproximadamente 15.24 cm.; con esto queda dimensionado el rodillo en diámetro y longitud la cual es de 55 cm.

Según recomendación de Lasheras E. el diámetro (d) de los cuellos de los rodillos debe ser aproximadamente igual a:

$$d = (0.4 \text{ a } 0.55) * D$$

Donde, D = diámetro de los rodillos

d = diámetro del cuello de los rodillos.

Tomando un valor de 0.46 entonces $d = 0.46 * 152.4 = 70 \text{ mm.} = 7 \text{ cm.}$

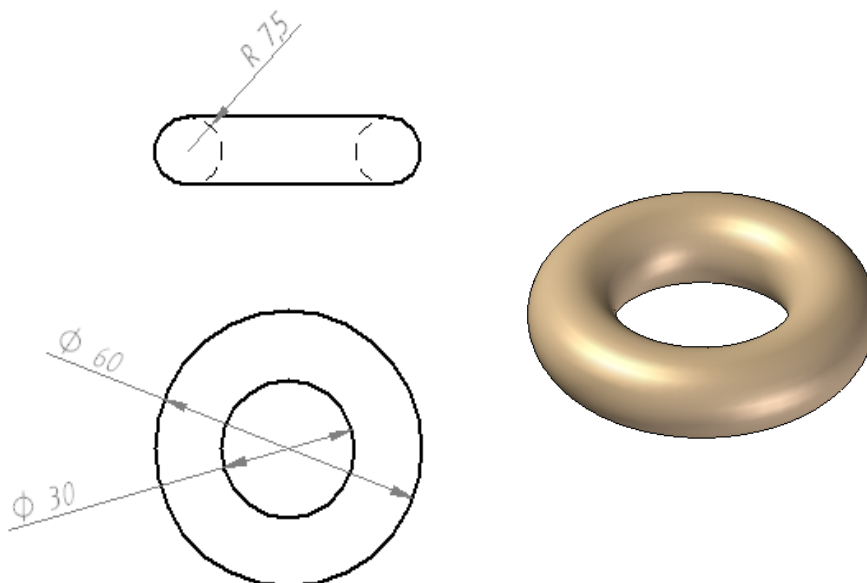
6.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS MOLDES DE LOS ROSQUETES EN LA SUPERFICIE DEL CILINDRO.

Para la distribución de los moldes en la superficie de los rodillos se tuvo en cuenta principalmente el proceso de manufactura del rodillo y las dimensiones de cada uno de los tamaños del producto a obtener (rosquetes cocidos).

Después de consultar acerca del proceso de manufactura y la posibilidad de un maquinado adecuado para que el rodillo cumpla con el fin deseado, pudimos concluir que la separación que debía existir entre molde y molde sería de 5 mm una distancia considerable que no afecta el maquinado del rodillo, con este dato y conociendo las dimensiones del rosquete en sus dos tamaños procedimos a la distribución de los moldes de la siguiente manera:

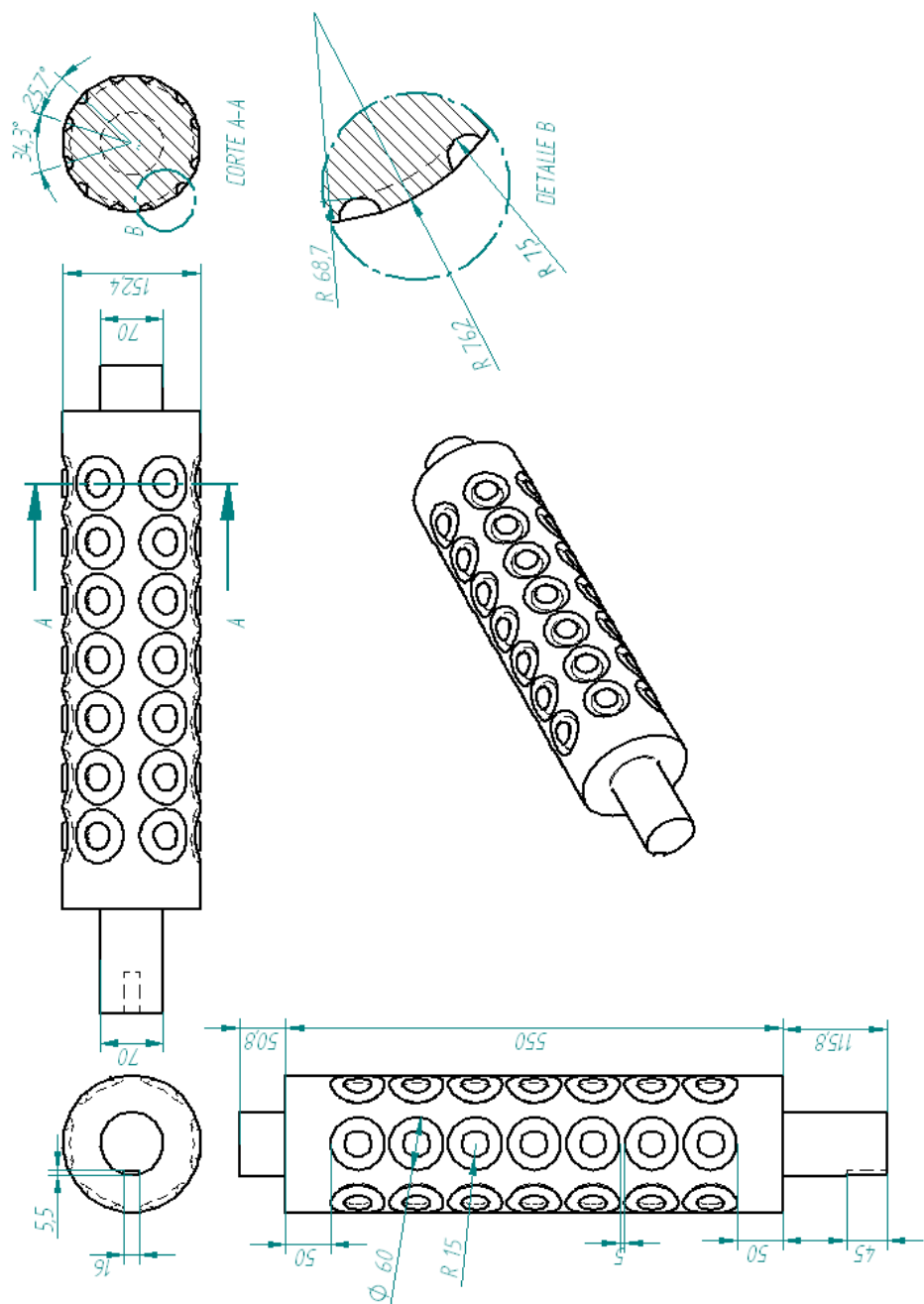
Del tamaño pequeño cuyas dimensiones son las mostradas a continuación;

Figura 17. Dimensiones del rosquete en tamaño pequeño.



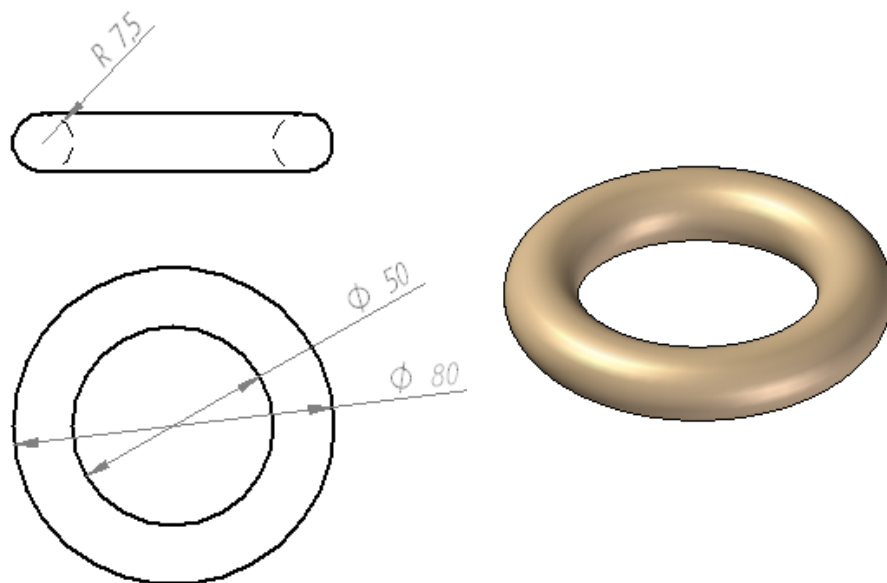
Se colocaron siete moldes a lo largo de la longitud del rodillo con una separación de 5 mm entre ellos y seis filas alrededor del mismo separadas por un ángulo de 25.7° , para un total de 42 rosquetes en la superficie total del rodillo. Con esto queda totalmente dimensionado el rodillo para el tamaño pequeño como se ilustra a continuación:

Figura 18. Dimensiones del rodillos con la distribución de los moldes del rosquete tamaño pequeño en la superficie.



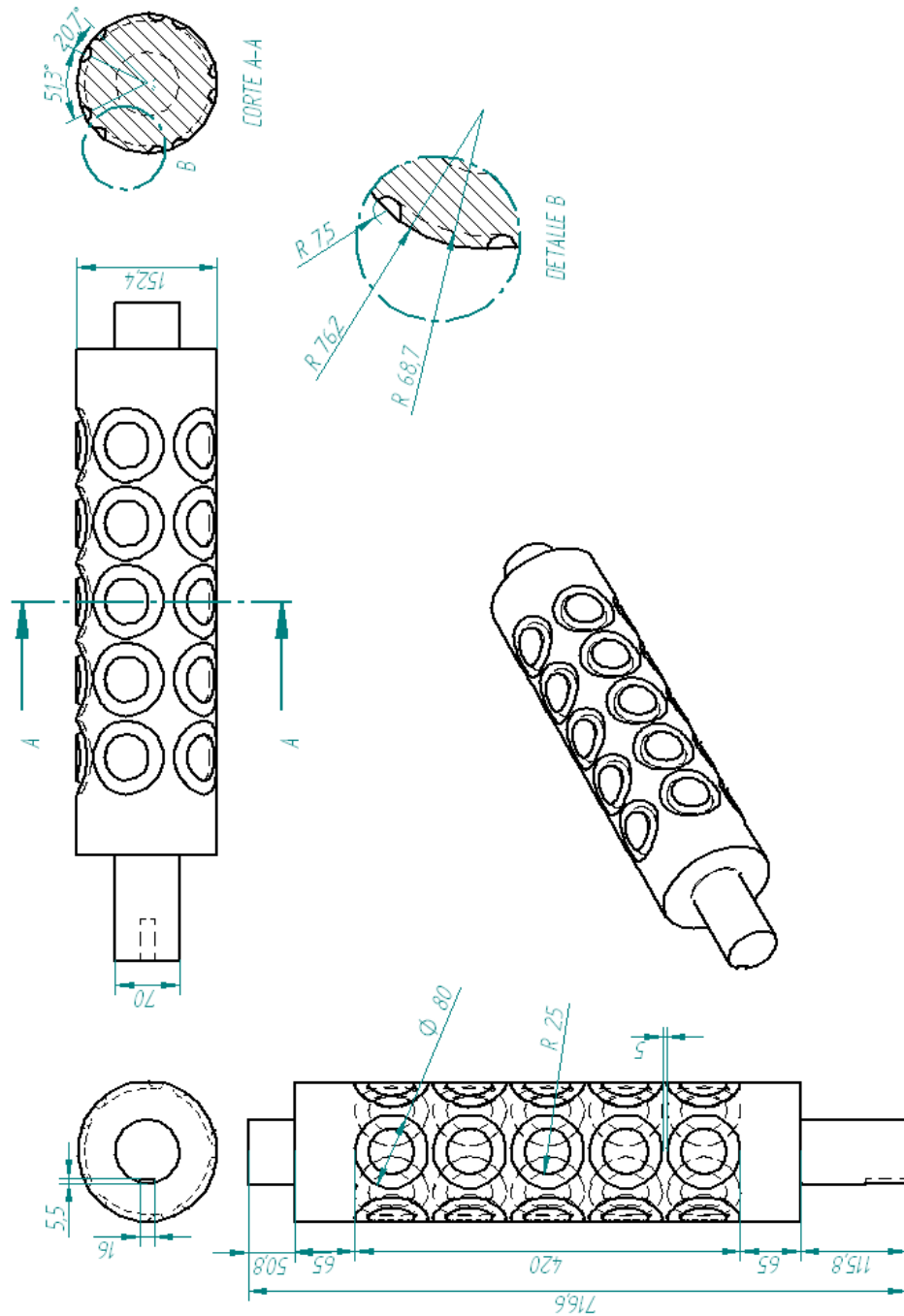
Del tamaño grande cuyas dimensiones son las mostradas a continuación:

Figura 19. Dimensiones del rosquete en tamaño grande.



Se colocaron cinco moldes a lo largo de la longitud del rodillo con una separación de 5 mm entre ellos y cinco filas alrededor del mismo, separadas por un ángulo de 20.7° , para un total de 25 rosquetes en la superficie total del rodillo. Con esto queda totalmente dimensionado el rodillo para el tamaño grande como se ilustra a continuación:

Figura 20. Dimensiones del rodillos con la distribución de los moldes del rosquete tamaño grande en la superficie.



7. CALCULO DE LAS FUERZAS EN EL PROCESO.

Teniendo totalmente definida la geometría de los rodillos, se procede a la determinación de las fuerzas involucradas en el proceso.

7.1. CÁLCULO DE LA FUERZA DE LAMINACIÓN SEGÚN EKELEUD.

En el año de 1927, el diseñador suizo Ekeleud analizó las fuerzas en la garganta del cilindro y llegó a una expresión simple para calcular cargas de laminación. Hasta hace poco esa expresión de Ekeleud había sido ignorada, pero, recientemente los investigadores Cook, Larke y Ford han comparado resultados obtenidos utilizando la expresión simple de Ekeleud con aquellos calculados con el complejo método de diagrama de presión no homogénea descrito por Orowan y se ha llegado a la conclusión que el porcentaje de error es despreciable.

En su forma simplificada la formula simple de Ekeleud es:

$$P = b * k_m * \sqrt{R * (h_i - h_f)} * \left[\frac{1 + 1.6 * \mu * \sqrt{R * (h_i - h_f)} - 1.2 * (h_i - h_f)}{h_i + h_f} \right]$$

Para poder usar las formula se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones.

1. El arco de contacto permanece circular, aún cuando ocurra aplastamiento.
2. El coeficiente de fricción es constante en toda la longitud del arco de contacto.
3. La deformación es totalmente homogénea.

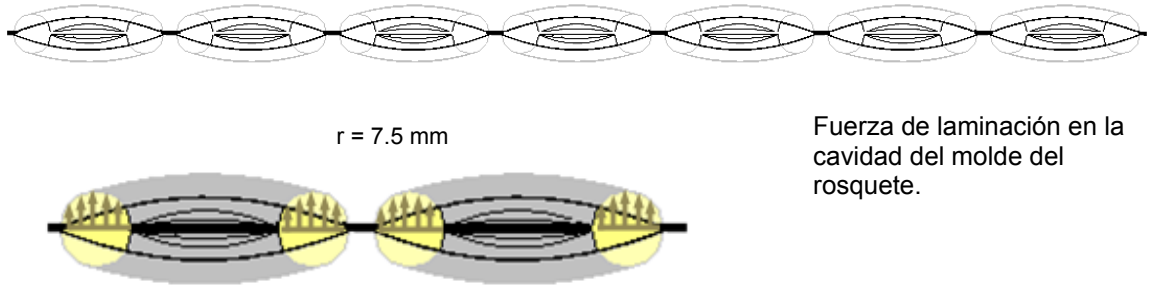
Donde:

b es el ancho de la placa a laminar, k es la resistencia a la deformación plana del material a laminar, R es el radio del cilindro y μ es el coeficiente de fricción.

A continuación se mostrará cómo se obtuvieron los valores de b , k , h_i y h_f .

Para el cálculo de b se analizó que el material estaría en contacto no con una longitud lisa del rodillo como generalmente sucede en la laminación sino con las cavidades del molde del rosquete en las cuales se realiza el troquelado, que es en donde entra material que intentará separar los cilindros y por ende producir una fuerza para ello; en el resto del rodillo las fuerzas serían mínimas o casi nulas debido a que los rodillos estarán en contacto entre sí y no habrá paso de material como se observa en la figura 21. Aclaramos que el cálculo se realizó para el caso más crítico que es el tamaño pequeño.

Figura 21. Cálculo de la longitud del material que produce la fuerza de laminación.



Fuerza de laminación nula, debido a que los rodillos están en contacto entre si y no hay paso de material.

En la figura 21 observamos que la longitud efectiva de contacto entre los rodillos y el material a laminar (masa) es un semicírculo con radio $r = 7.5 \text{ mm}$ por tanto tenemos:

$$l = \left[\frac{2\pi r}{2} \right] = (2 \cdot \pi \cdot 7.5) / 2 = 23.562 \text{ mm} \quad l = \text{longitud de medio rosquete.}$$

Para tener la longitud de contacto de un rosquete $L_1 = 2 \cdot l$
 $L_1 = 2 \cdot (23.562) = 47.123 \text{ mm.}$

Para la longitud total de contacto entre el rodillo y el material, conocemos que hay siete moldes a lo largo del rodillo por tanto $b = 7 \cdot L_1$

$$b = 7 \cdot (47.123) = 329.87 \text{ mm.}$$

Tomamos un valor de $b = 330 \text{ mm} = 33 \text{ cm.}$

Para el valor de K (resistencia a la deformación plana) del material a laminar, en nuestro caso la masa utilizada en la fabricación del rosquete, se tomo un valor promedio de una gama de materiales cuyos comportamientos cumplen aproximadamente con las características de la masa; teniendo en cuenta que para realizar la medición en forma empírica de el valor real de la resistencia a la deformación plana de la masa se convierte en un proceso un poco complejo el cual toma un tiempo considerable con un resultado no muy confiable; dicho valor es $K = 176.4 \text{ kg/cm}^2$.

h_i es la altura inicial del material que se va a introducir en la moldeadora, dicho valor está determinado por la altura con la que sale el material de la sobadora en este caso es de 1.75 cm.

h_f es la altura final con la que sale el material de la moldeadora por lo tanto sabiendo que el espesor de el rosquete es de 1.5 cm este valor será la altura final de salida de la masa.

Para nuestro caso los valores son los siguientes:

$$b=33 \text{ cm.}$$

$$k=1220 \text{ Kg/cm}^2$$

$$h_i=1.75 \text{ cm.}$$

$$h_f=1.5 \text{ cm.}$$

$$R=7.62 \text{ cm.}$$

$$\mu=0.2$$

$$P = 33 * 176.14 * \sqrt{7.62 * (1.75 - 1.5)} * \left[\frac{1 + 1.6 * 0.2 * \sqrt{7.62 * (1.75 - 1.5)} - 1.2 * (1.75 - 1.5)}{1.75 + 1.5} \right]$$

$$P = 2818.23 \text{ _Kg.}$$

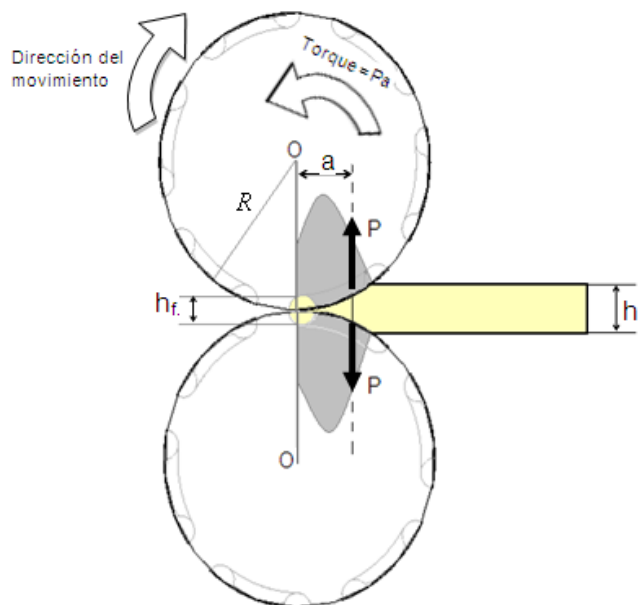
La carga para el diseño de tomara afectando la carga teórica por un coeficiente de seguridad basado en la resistencia a la fluencia, el cual puede tomarse como (N = 3) para carga aplicada gradualmente en una dirección y con choque suave.

$$P_{trabajo} = P * 3 = 8454 \text{ _Kg.}$$

7.2. APROXIMACIÓN PRÁCTICA PARA DETERMINACIÓN DEL TORQUE.

La fuerza de separación de los cilindros se extiende sobre toda su superficie, pero ésta distribución a lo largo del arco de contacto varía de la manera indicada en la figura.

Figura 22. Aproximación practica para la determinación del torque.



Los diferentes torques ocasionados por todas las fuerzas distribuidas bajo el área sombreada, se adicionan para obtener el momento total de oposición al movimiento siendo la suma de cada uno de los torques individuales igual al torque básico total ($P \cdot a$) aplicado al cilindro como puede observarse en la figura 22. La carga P actúa del mismo modo para ambos cilindros y por consiguiente el torque total de oposición aplicado a ambos cilindros es:

$$T = 2 \cdot P \cdot a$$

Donde: a = brazo de la fuerza (P) de separación cm

T = Torque básico asociado con la reducción del material. Kg-cm

La resistencia a la deformación del material y las fuerzas de fricción producidas entre la superficie del material a laminar y los cilindros, conduce al crecimiento de la fuerza de separación de los cilindros (P), cuya línea de acción resultante puede ser tomada a una distancia igual al valor del brazo del torque (a), (figuras 22 y 23).

7.2.1. Longitud del brazo del torque.

Para cualquier clase de condiciones dadas de laminación, la carga total de laminación desarrollada puede ser determinada usando cualquier método, y en consecuencia, si se conoce la longitud del correspondiente brazo (a), la potencia básica que debe ser desarrollada para efectuar solamente la reducción de material, puede ser fácilmente calculada. Naturalmente para el amplio rango de condiciones que ocurren en la laminación, la longitud del brazo variará y, por esta causa es más usual considerar la relación de la longitud del brazo a la longitud del arco de contacto proyectado es decir:

$$\lambda = \frac{a}{\sqrt{R(h_i - h_f)}}$$

Siendo λ un coeficiente establecido por Ford basado en consideraciones prácticas; estableció dos valores de la siguiente manera:

$\lambda = 0.43$ para cilindros con acabado mate

$\lambda = 0.48$ para cilindros con superficie pulida

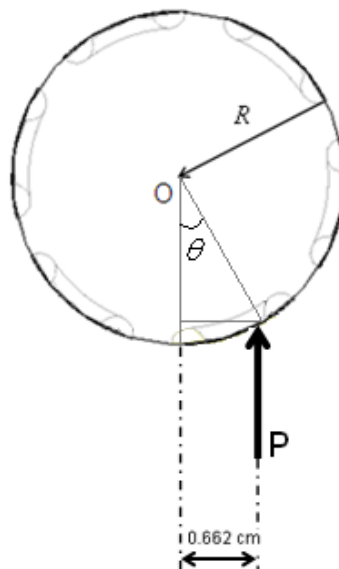
Para nuestro caso $\lambda = 0.48$ de donde se obtiene que:

$$a = \lambda * \sqrt{R(h_i - h_f)} \qquad a = 0.48 * \sqrt{7.62(1.75 - 1.5)}$$

$$a = 0.662 \text{ cm.}$$

Con el valor de la carga de laminación y la línea de acción de aplicación de dicha carga podemos encontrar el valor de las fuerzas radial y tangencial involucradas en el proceso de la siguiente manera.

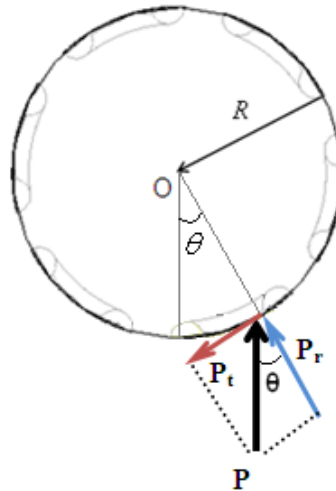
Figura 23. Longitud del brazo del torque.



Con los catetos del triángulo rectángulo que se observa en la grafica anterior podemos determinar el valor del ángulo que me ayudará a la determinación de las fuerzas.

$$\theta = \text{Sen}^{-1}\left(\frac{0.662}{7.62}\right) = 4.98^\circ$$

Figura 24. Descomposición de la fuerza de laminación en sus dos componentes.



Observando la figura anterior entonces la fuerza radial es:

$$P_r = P \cos \theta \quad P_r = 8454 * \cos(4.98) = 8422 \text{ kg-f.}$$

Y la fuerza tangencial será:

$$P_t = P \sin \theta \quad P_t = 8454 * \sin(4.98) = 733.87 \text{ kg-f.}$$

Estas fuerzas son en realidad fuerzas distribuidas a lo largo de la parte del rodillo por donde va a incidir la masa a laminar, el cual es para nosotros 45 cm. Por lo tanto el valor de estas fuerzas distribuidas es el siguiente.

$$P_r = 8422 \text{ kg-f} / 45 \text{ cm.} = 187.15 \text{ kg-f/cm.}$$

$$P_t = 733.87 \text{ kg-f} / 45 \text{ cm.} = 16.3 \text{ kg-f/cm.}$$

8. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA MOLDEADORA.

Previo al diseño de la moldeadora, y teniendo en cuenta que dicho sistema mecánico aún no existe en la industria, se realizaron algunos estudios para tener una noción del comportamiento del material que se iba a trabajar (masa) y el producto final deseado (rosquete), una vez definidos estos parámetros y observando que la propuesta inicial de la máquina no llenaba por completo las expectativas del cliente, se procedió a la reforma de dicha propuesta haciendo algunos cambios para satisfacer totalmente la necesidad y dar solución al problema planteado, una vez definida la estructura final de la máquina y el funcionamiento de todos sus componentes se debía estar totalmente seguros que la respuesta de la máquina sería la esperada, por esta razón se procedió a la construcción de un modelo de madera que asemejara lo más cercano a la realidad el comportamiento de la máquina (ver fig. 25) y así llevar a cabo la realización de diferentes pruebas técnicas que nos permitieran tener un criterio de análisis en la viabilidad del proyecto (ver fig. 26).

Figura 25. Modelo de madera para la realización de pruebas técnicas.



Figura 26. Realización de las pruebas para comprobar el principio de funcionamiento del modelo planteado.



a. Etapa de suministro de la masa.



b. Etapa de moldeo ó troquelado.



c. Etapa de descarga y obtención de los moldes de rosquetes.

Después de la realización de las pruebas con el modelo de madera se aclararon algunas dudas y se obtuvieron las siguientes conclusiones que dieron viabilidad técnica para la realización del proyecto:

- El troquelado se realiza en forma satisfactoria arrojando el producto deseado.
- La masa no se adhiere a la madera, es decir que en los rodillos de acero inoxidable los moldes serán arrojados con facilidad.
- Con el modelo de madera y sin ningún tipo de cuchillas cortadoras, al pasar la masa por los rodillos, algunos de los moldes salían prácticamente cortados; cosa que al averiguar en el centro de mecanizado concluimos que al trabajar el mecanizado de los moldes y dejando los filos vivos con toda seguridad el molde del rosquete saldría totalmente formado.

8.1. VELOCIDAD DE FUNCIONAMIENTO.

Para la determinación de la velocidad de la máquina se tomaron en cuenta las recomendaciones de diferentes fabricantes de laminadoras, debido a que el principio fundamental de funcionamiento de la moldeadora es la laminación, en el proceso de laminación ya sea de materiales metálicos o en la misma laminación de masa se encontró una velocidad recomendada de 11.5 rpm, pero teniendo en cuenta que el proceso a realizar con la moldeadora no es en si la laminación de masa sino el troquelado rotativo por lo tanto hay que dar el tiempo necesario a la masa para que llene las cavidades de los moldes de rosquetes estampados en la superficie de los rodillos; además teniendo en cuenta las pruebas realizadas con el modelo de madera finalmente se diseño para una velocidad de 3 rpm y así garantizar el buen funcionamiento de la máquina.

8.2. DISEÑO DEL TREN DE ARRASTRE.

Para el diseño del tren de arrastre se requiere calcular el torque resistente total en los cuellos de los cilindros que se expresa como:

$$T = T_L + T_C$$

Donde,

T_L = torque básico de laminación por cada cilindro (kg-cm.)

T_C = torque requerido para vencer la fricción en los rodamientos (kg-cm)

El torque básico de laminación como se observa en la figura 23. es igual a:

$$T_L = P \cdot a$$

Siendo a = brazo de la fuerza P ; $a = 0.662$ cm.

$$\text{Por tanto } T_L = 8454 \cdot 0.662 = 5596.54 \text{ kg-cm.}$$

El torque requerido para vencer la fricción en los rodamientos (T_C) se expresa como:

$$T_C = 2 \cdot \mu_c \cdot (P/2) \cdot (d/2)$$

Donde:

μ_c = coeficiente de fricción en el rodamiento; generalmente 0.12

d = diámetro del cuello del cilindro; $d = 7$ cm.

$$\text{Entonces se tiene que: } T_C = 2 \cdot 0.12 \cdot (8454/2) \cdot (7/2) = 3550.68 \text{ kg-cm.}$$

Luego el torque total (T) será:

$$T = T_L + T_C = 5596.54 + 3550.68 = 9147.22 \text{ kg-cm}$$

Ahora procedemos al diseño del tren de arrastre de la siguiente manera:

Cada engranaje debe suministrar el torque (T) correspondiente a un cilindro de troquelado de valor ya calculado $T = 9147.22$ kg-cm.

Teniendo en cuenta que la moldeadora aquí proyectada será utilizada durante cortos periodos de tiempo en el día, es por eso que los engranajes serán

diseñados para “servicio intermitente” y sin considerar el desgaste del diente como factor importante, ya que ellos operaran a una velocidad de giro muy baja (5 rpm). Para estas características de operación debe cumplirse que:

$$F_s \geq F_d \text{ (criterio de diseño)}$$

$$\text{Siendo, } F_s = \text{resistencia del diente} = \left(\frac{S * b * Y * m}{10 * K_f} \right) \text{ (kg)}.$$

$$F_d = \text{fuerza dinámica sobre el diente} = \left(\frac{183 + V_m}{183} \right) * F_t \text{ (kg)}$$

S = esfuerzo de cálculo del material (kg/cm²).

b = ancho de la cara del diente (cm).

Y = factor de forma de Lewis.

Kf = coeficiente de reducción de resistencia.

m = módulo de los engranajes.

V_m = velocidad en la circunferencia primitiva de los engranajes (m/min).

F_t = fuerza tangencial media en los dientes (kg).

El esfuerzo de cálculo del material de los engranajes, se toma como el límite de fatiga. Seleccionando acero SAE 8620 como material de construcción, se tiene que el valor de dicho esfuerzo es de:

$$S = 68 \text{ kg/mm}^2 = 6800 \text{ kg/cm}^2$$

La velocidad periférica se obtiene a partir de:

$$V_m = \left(\frac{\pi * D * n}{100} \right)$$

Siendo: D = diámetro primitivo del engranaje = m*Z (cm).

n = velocidad de rotación del engranaje = 5 rpm.

Z = numero de dientes del engranaje.

La fuerza tangencial en los dientes se calcula como:

$$F_t = 2*T/D$$

Asumiendo un modulo (m = 4) y (Z= 38 dientes), se tiene que:

$$D = m*Z = 4*38 = 152 \text{ mm.} = 15.2 \text{ cm.}$$

Se recomienda tomar el ancho de la cara del diente (b) dentro de los siguientes límites:

$$8*m \leq b \leq 12.5*m \quad (\text{en milímetros})$$

$$32 \leq b \leq 50$$

$$\text{Estimamos } b = 45 \text{ mm} = 4.5 \text{ cm.}$$

Para carga aplicada en la parte superior del diente se recomienda usar $K_f = 1.7$.

En la tabla N° 7 (J. L. Moya Rodríguez *, J. A. Velázquez Pérez, Particularidades del cálculo de engranajes plásticos, ver Bibliografía), para engranajes de Z = 38 y (Φ = ángulo de presión = 20°) el factor de Lewis se escoge como $Y = 0.383$.

Reemplazando las diferentes variables se tiene:

$$F_s = \left(\frac{6800 * 4.5 * 0.383 * 4}{10 * 1.7} \right) = 2757.6 \text{ kg.}$$

$$V_m = \left(\frac{\pi * 15.2 * 5}{100} \right) = 2.387 \text{ m/min.}$$

$$F_t = 2 * 9147.22 / 15.2 = 1203.58 \text{ kg.}$$

$$F_r = \tan(\Phi) * F_t \quad \longrightarrow \quad F_r = \tan(20^\circ) * 1203.58 = 438.06 \text{ kg.}$$

$$F_d = \left(\frac{183 + 2.387}{183} \right) * 1203.58 = 1229.28 \text{ kg.}$$

Tenemos que se cumple ($F_s \geq F_d$), luego queda comprobada la resistencia de los dientes del engranaje.

8.2.1. Dimensiones de las chavetas para el tren de arrastre.

Seleccionando acero SAE 1020 para las chavetas, las características mecánicas requeridas para el diseño de ellas son:

$$S_o = \text{resistencia a la fluencia en tracción} = 2857 \text{ kg/cm}^2.$$

$$S_s = \text{esfuerzo cortante admisible} = 0.5 * (S_o / N) = 0.5 * (2857 / 3) = 476 \text{ kg/cm}^2.$$

$S_c =$ resistencia admisible a compresión = $(S_o/N) = 2857/3 = 952 \text{ kg/cm}^2$.

Siendo (N) el coeficiente de cálculo cuyo valor se adoptó igual a 3.

El diámetro del eje de transmisión es $(d = 70 \text{ mm.} = 7 \text{ cm.})$

El torque en los engranajes del tren de arrastre es de $(T = 9147.22 \text{ kg-cm.})$

De acuerdo a la tabla AT- 19 de V. M. Faires (anexo B.), las dimensiones recomendadas de la chaveta son $(b*t = (15.9)*(11.1) \text{ mm.})$

Para resistir los esfuerzos de corte la longitud de la chaveta debe ser:

$$L = \left(\frac{2*T}{S_s * b * d} \right) = \left(\frac{2*9147.22}{476 * 1.59 * 7} \right) = 3.45 \text{ cm.}$$

La longitud necesaria de la chaveta para resistir los esfuerzos de compresión es:

$$L = \left(\frac{4*T}{S_c * t * d} \right) = \left(\frac{4*9147.22}{952 * 1.1 * 7} \right) = 4.99 \text{ cm.}$$

Se adoptaron chavetas con una longitud $L = 50 \text{ mm} = 5.0 \text{ cm.}$

8.3. DISEÑO DE LOS RODILLOS.

Para la realización del diseño de los rodillos se tomaron las siguientes consideraciones:

- El diámetro de los rodillos debe ser el adecuado para que asegure el arco de contacto necesario entre la masa y el rodillo, y así se realice adecuadamente el troquelado rotativo deseado; dicho diámetro ya establecido en el dimensionamiento de los rodillos.
- La longitud del rodillo es la necesaria para cumplir con las dimensiones de la masa proveniente de la sobadora que es el proceso inmediatamente anterior del cual sale la masa con un ancho determinado de 55 cm.
- Los rodillos deben cumplir con las normas de calidad en cuanto el material de fabricación (acero inoxidable) debido a que van a ser utilizados en la industria alimenticia.
- En el diseño de los rodillos se tendrá en cuenta las dimensiones ya establecidas en el dimensionamiento de los mismos; simplemente se comprobará su resistencia como tal.
- Para el diseño del eje se analizó la situación a la que va a estar sometido, ya que la máquina no presenta continuidad en su operación debido a que se va a estar encendiendo y apagando cada ciclo de producción, por esta razón el diseño se realizó por fatiga.

A continuación se muestra el diagrama de cuerpo libre del rodillo y los diagramas de cortante y de momento para los planos (x-y) y (x-z) además del diagrama de torsión.

8.3.1. Análisis de carga.

Figura 27. DCL del rodillo en el momento del troquelado.

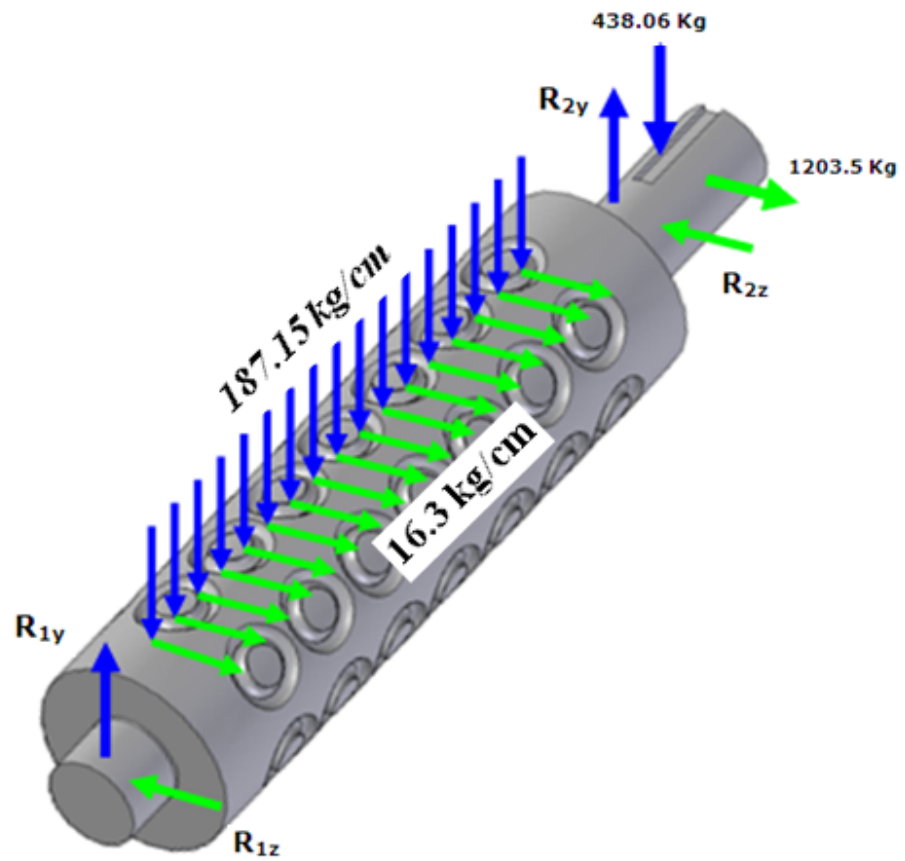


Figura 28. Diagrama de fuerzas y momentos Plano X-Y.

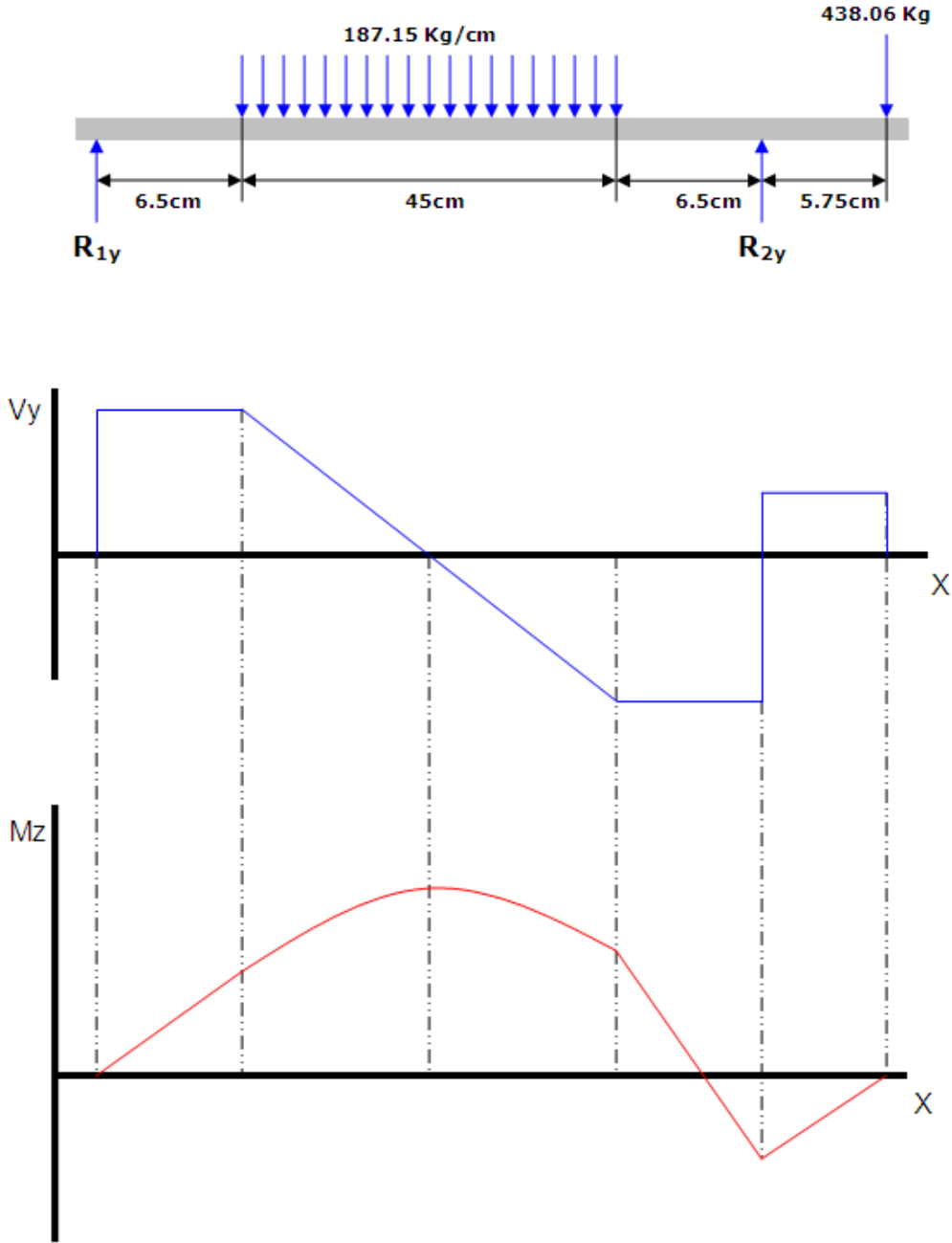


Figura 29. Diagrama de fuerzas y momentos Plano X-Z.

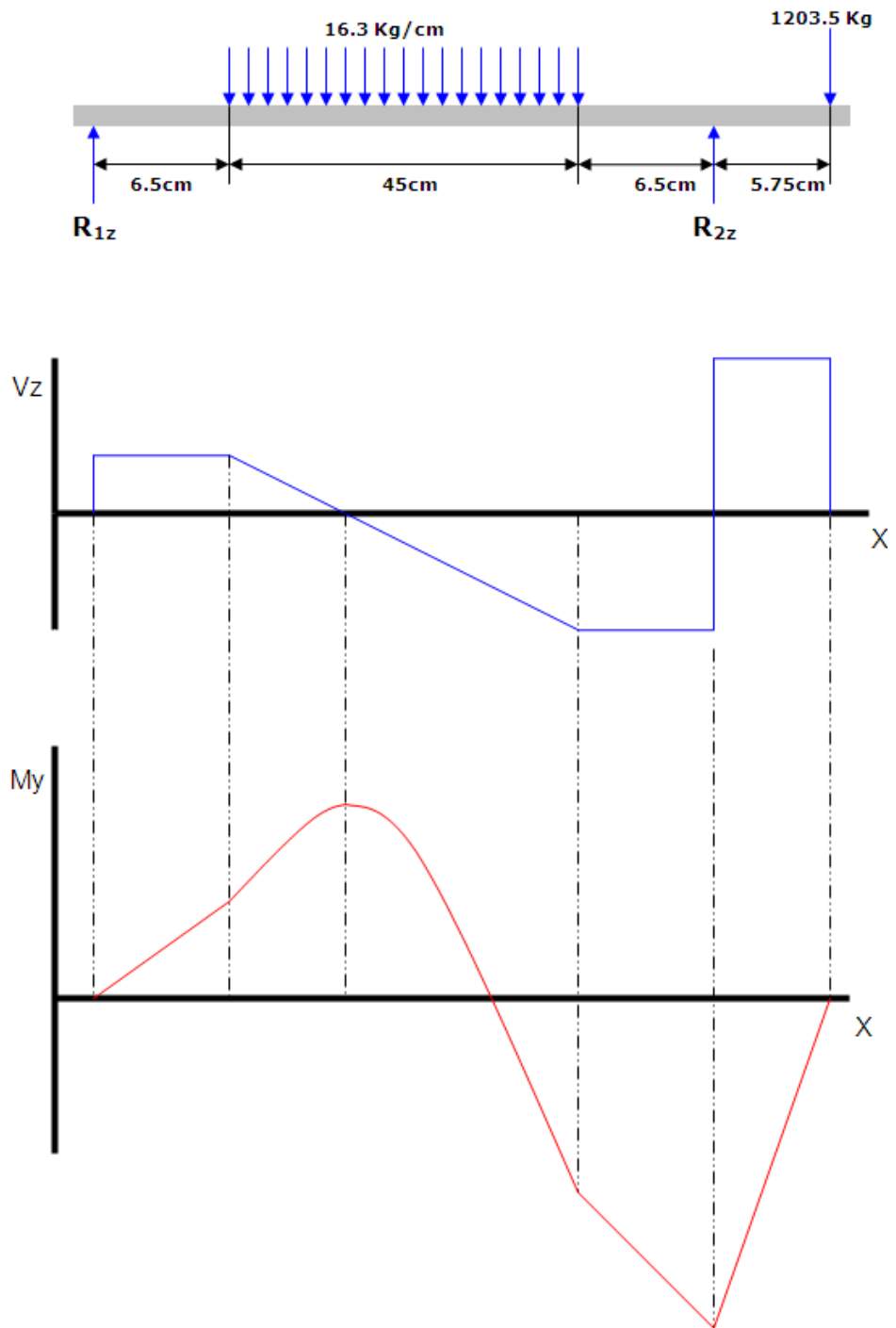
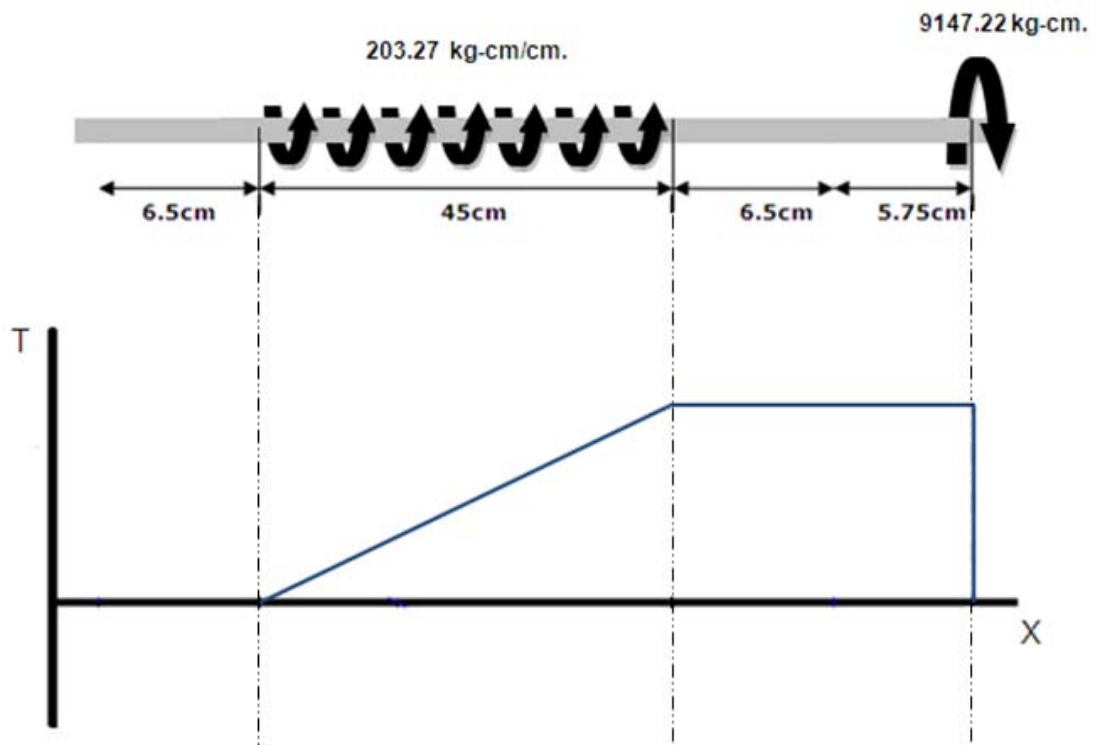


Figura 30. Diagrama de torsión.



Observando los diagramas estáticos presentados anteriormente, encontramos que el punto crítico de este eje es el cambio de sección derecho debido a que además de estar sometido a momento flector también soporta un torque considerable.

Para los cálculos tenemos que el diámetro en el cambio de sección es $d = 7 \text{ cm}$, y está fabricado de acero inoxidable AISI 304 con $S_u = 750 \text{ N/mm}^2 = 7653 \text{ kg/cm}^2$.

Por tanto; las cargas en este punto son las siguientes:

$$M_r = 4562.86 \text{ kg-cm.}$$

$$T = 9147.22 \text{ kg-cm.}$$

8.3.2. Análisis de esfuerzos

Esfuerzos máximos y mínimos.

$$\tau_{\text{máximo}} = \frac{16 * T}{\pi * d^3} = \frac{16 * 9147.22}{7^3} = 135.82 \text{ _kg/cm}^2$$

$$\tau_{\text{mínimo}} = 0$$

$$\sigma_{\text{máximo}} = \sigma_{\text{axial}} + \sigma_{\text{fleccion}}$$

$$\sigma_{\text{axial}} = 0$$

$$\sigma_{\text{fleccion}} = \frac{32 * M}{\pi * d^3} = \frac{32 * 4562.86}{\pi * 7^3} = 135.5 \text{ _kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{máximo}} = 0 + 135.5 = 135.5 \text{ _kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{mínimo}} = \sigma_{\text{axial}} - \sigma_{\text{fleccion}}$$

$$\sigma_{\text{mínimo}} = 0 - \frac{32 * M}{\pi * d^3} = -\frac{32 * 4562.86}{\pi * 7^3} = -135.5 \text{ _kg/cm}^2$$

Esfuerzos medio y alternativo

$$\sigma_{medio} = \frac{\sigma_{maximo} + \sigma_{minimo}}{2} = \frac{135.5 + (-135.5)}{2} = 0$$

$$\sigma_{alternativo} = \frac{\sigma_{maximo} - \sigma_{minimo}}{2} = \frac{135.5 - (-135.5)}{2} = 135.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{medio} = \frac{\tau_{maximo} + \tau_{minimo}}{2} = \frac{135.82 + 0}{2} = 67.91 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{alternativo} = \frac{\tau_{maximo} - \tau_{minimo}}{2} = \frac{135.82 - 0}{2} = 67.91 \text{ kg/cm}^2$$

Calculo de Se y Se'

$$Se = 0.5 * Su$$

$$Se = 0.5 * 7653 = 3826.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$Se' = Cl * Ct * Cd * Cm * Cc * Cs * Se$$

Cálculo de los factores de corrección:

- Factor de carga: **Cl = 1**
- Factor de temperatura: **Ct = 1, T < 50 °F ≈ 61°C**
- Factor de tamaño: **Cd = 0.8**
- Factor de varios: **Cm = 1**
- Factor de confiabilidad: **Cc = 0.897, 90%**

- Factor de acabado superficial: **Cs = 0.83**

$$Se' = Cl * Ct * Cd * Cm * Cc * Cs * Se = 1 * 1 * 0.8 * 1 * 0.897 * 0.83 * 3826.5 = 2279 \text{ _kg / cm}^2$$

Con lo anteriormente calculado podemos aplicar el criterio de Misses-Soderberg para fatiga y verificar el factor de seguridad. Pero para esto debemos primero realizar el cálculo del factor de concentrador de esfuerzos por fatiga en el chavetero.

Tomando un radio de entalladura de 1.2 mm. Y el diámetro de 7 cm. calculamos:

$$q = 0.78$$

$$q_s = 0.9$$

$$K_t = 2.2$$

$$K_{ts} = 1.7$$

$$K_f = 1 + q * (K_t - 1) = 1 + 0.78 * (2.2 - 1) = 1.936$$

$$K_{fs} = 1 + q_s * (K_{ts} - 1) = 1 + 0.9 * (2.9 - 1) = 2.71$$

$$\frac{1}{N} = \left[\left(\frac{\sigma_m}{Su} + K_f * \frac{\sigma_a}{Se'} \right)^2 + 3 * \left(\frac{\tau_m}{Su} + K_{fs} * \frac{\tau_a}{Se'} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\frac{1}{N} = \left[\left(0 + 1.936 * \frac{135.3}{2279} \right)^2 + 3 * \left(\frac{67.91}{7653} + 2.71 * \frac{67.91}{2279} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\frac{1}{N} = 0.193 \quad \longrightarrow \quad \mathbf{N = 5.17}$$

Como el N es mayor que 3 entonces el diámetro y el material escogido cumplen con las condiciones garantizándonos que no va a fallar.

8.4. SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS.

Los rodamientos que van a ser utilizados en este caso únicamente resisten carga radial producida por la fuerza de laminación y el peso de las masas soportadas.

Para la selección de los rodamientos tomamos el caso más crítico siendo éste el rodamiento del lado derecho de los rodillos con una fuerza radial resultante $F_r = 4987 \text{ kg.} = 48872.6 \text{ N.}$ ésta resultante es producida por la fuerza de laminación; además resiste la fuerza del peso de las masas equivalente a 768 N. en conclusión se soporta una carga radial total igual a $49640.6 \text{ N} = 49.64 \text{ KN.}$

Con el valor del diámetro del eje ($d = 70 \text{ mm.}$) se busca en el manual del fabricante de rodamientos en este caso SKF uno que soporte la carga anteriormente calculada; como se puede observar en el anexo A.

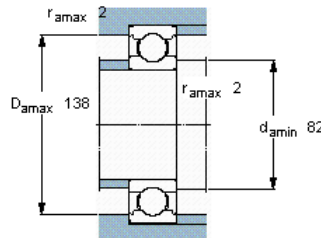
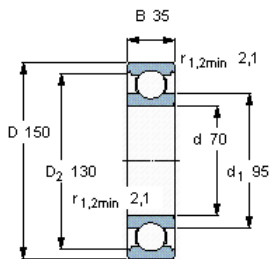
Se selecciona un rodamiento rígido de bolas 6314* mostrado en la figura 31, el cual presenta las siguientes características:

Figura 31. Dimensiones del rodamiento 6314*.

SKF

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera, no están obturados

Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	C	C_0		Velocidad de referencialímite	Velocidad de referencialímite		
mm			kN		kN	rpm		kg	* - Rodamiento SKF Explorer
70	150	35	111	68	2,75	9500	6300	2,50	6314 *



Factores de cálculo

k_r 0,03
 f_0 13

8.5. SELECCIÓN DEL MOTOR-REDUCTOR.

Para garantizar una velocidad constante de salida y un buen funcionamiento de la máquina necesitamos una potencia de entrada, por lo cual se debe utilizar un mecanismo de reducción de velocidad. Está formado básicamente por un motor-reductor con una potencia de 2 Hp, el cual transmite una velocidad de salida de 3 rpm. al tren de arrastre para generar finalmente el movimiento de los rodillos.

Se procedió a hacer la reducción en una sola etapa debido a que la velocidad requerida era muy baja por lo tanto el precio entre los motor-reductores que nos entregaban una velocidad de 3 rpm y los que se acercaban a ella no era considerable lo que condujo a hacer la inversión completa de este motor-reductor y así evitar la segunda etapa de reducción.

9. OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.

Teniendo el sistema mecánico finalizado y totalmente armado se comprobó su funcionamiento, y la capacidad de operación.

Inicialmente se comprobó el funcionamiento de la máquina sin carga, es decir sin masa, teniendo un funcionamiento adecuado, operando a 3 rpm. Sin recalentamiento.

Funcionamiento del sistema mecánico en el proceso de elaboración de los rosquetes, la prueba de preparación de los rosquetes cocidos fue realizado por los propietarios de la empresa PANADERIA PINTO, acompañados de los ingenieros encargados de la construcción de la máquina y el profesor Leonidas Vásquez, quienes dieron un juicio valorativo de la máquina basados en el conocimiento propio desde el punto de vista de su área de manejo.

El primer paso fue encender la máquina sin masa, para evitar el exceso de consumo de corriente al arranque y al mismo tiempo para no forzar el motor. Después de encendida la máquina procedimos a cargarla con la masa; se dejó que la banda transportadora de masa arrastrara la masa hacia los rodillos realizándose el troquelado rotativo por un periodo de 20 minutos y posteriormente la obtención el producto.

Pasado ese tiempo, se pudo apreciar la obtención de un producto uniforme y con las características deseadas, hay que tener en cuenta que para el buen funcionamiento de la máquina es necesario que la masa se encuentre con la cantidad de harina necesaria para que el rosquete despegue satisfactoriamente de los rodillos.

Durante el funcionamiento de la máquina, se pudo apreciar el buen funcionamiento de los rodillos en el proceso de troquelado y el la respuesta adecuada del principio utilizado y comprobado con el modelo de madera.

La velocidad de operación, fue la adecuada, y la vibración que se presento fue muy poca o casi nula.

En conclusión, el profesor y los observadores, de acuerdo a su experiencia opinaron que el funcionamiento y el rendimiento del equipo era bueno.

10. ANALISIS DE COSTOS.

A continuación se hace una presentación de los costos en que se incurrió para el diseño y la construcción del sistema mecánico para la elaboración de moldes de rosquetes cocidos. El precio de los diversos elementos y partes que lo constituyen se da a la medida del tiempo con que se fue comprando cada uno de ellos.

El costo total de la máquina fue de 15'890.874, el cual se encuentra distribuido entre; rodillos, bastidores, chumaceras, estructura, bandas transportadores, rodamientos, tapa de la los bastidores, motor - reductor, y otros elementos mecánicos que hicieron parte del diseño final. Dentro de este valor se encuentra la mano de obra, el costo de los materiales, sin incluir valor intelectual, asesoría ingenieril ni costo de las memorias.

A continuación se muestra una tabla en donde están detallados todos los costos de fabricación del sistema mecánico.

Tabla 5. Análisis de Costos.

DESCRIPCION		MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO
Rodillo	Diametro 6 pulg	Acero inoxidable SAE 304	2	2,883,428
	longitud 600 mm			
Piñones	Diametro 6 pulg	Acero SAE 8620	2	103,680
	longitud 45 mm			
Piñones banda	35B23	Acero	4	160,622
	35B34		2	
Acople de cadena	C-60-22		1	315,000
Cortes de lamina	50,8mmx309mmx378mm	Acero A-36	2	369,751
Cortes de lamina	50,8mmx158mmx170mm	Acero A-36	2	86,635
Cortes de lamina	50,8mmx168mmx168mm	Acero A-36	2	90,956
Cortes de lamina	19,05mmx53mmx208mm	Acero A-36	2	12,016
Cortes redondo	165,1mmx47mm	Acero SAE 8620	2	121,003
Cortes redondo	86,5mmx8mm	Acero 1,2510	1	15,030
Cortes redondo	95mmx225mm	Acero SAE 1045	2	121,786
Cortes redondo	95mmx100mm	Acero SAE 1045	2	55,018
Estructural cuadrado	50mmx2mmx6mts	Acero	2	122,414
Chumacera NKB	UCP-207-20	Acero	2	40,320
	UCT-207-20	Acero	2	47,520
Chumacera	UCP-207-20	Acero	2	40,320
	UCT-207-20	Acero	2	47,520
Piñones	35B32	Acero	2	71,820
	35B33		2	73,530
Cadena	35-1	Acero	1	156,465
Estructural cuadrado	50mmx2mmx6mts	Acero	2	122,414
Banda sintetica	blanca – alimenticia	Sintetico	1	435,000
Tubos	50cmx6pulg	Acero	2	36,000
Tornillo Hexagonal	UNC 1/2x2, 1/2	Acero	8	5,408
Tuerca Hexagonal	UNC ½	Acero	8	1,256
Esmalte	Amarillo ¼		1/4 pintura	8,621
Rodamiento	FOG 6214	Acero	4	396,552
Soldadura	6013 1/8		5 kilos	27,586
Angulo	1/4pulgx1/8pulg	Acero	1	20,172
Eje redondo	600mmx38,1mm	Acero SAE1020	4	123,600
Chavetas		Acero	4	60,000
Lamina HR	HR C-12 1,2x6mts (2,5mm)	Acero	4,5	163,103
Corte y pliegue			7	7,328
Mecanizado	Rodillos		2	2,184,000

Mecanizado	puntas para rodillos		4	120,000
Mecanizado	Bastidores para chumaceras		2	440,000
Mecanizado	Piñon de movimiento		2	350,000
Mecanizado	Perillas		2	50,000
Mecanizado	Tapas de bastidores		2	40,000
Estructura	ensamblada y soldada		1	180,000
Montaje	Reductor, ensamble general, soldadura y pintura		1	240,000
Mecanizado	Ranuras en rodillo		12	720,000
Fabricacion	Transportador de bandejas y de masa		1	2,400,000
motorreductor	2 HP, Entrada 1200rpm, salida 6rpm, trifasico		1	1,800,000
variador de velocidad			1	1,025,000

TOTAL	15,890,874
--------------	-------------------

CONCLUSIONES

- ❖ Se diseño y construyó un “*SISTEMA MECANICO*” novedoso en la industria para la empresa Panadería Pinto. el cual va a garantizar un moldeo satisfactorio de los productos que dicha empresa produce, contribuyendo esto al mejoramiento de la producción de la empresa. De esta forma la escuela de ingeniería mecánica en particular y la UIS en general cumplen su misión de servicio a la comunidad, aportando su tecnología para dar un alto rendimiento en la producción de rosquetes cocidos.
- ❖ Se diseñó y construyó un sistema mecánico de fácil mantenimiento, ya que todo su sistema está unido por tornillos, lo cual hace que todo el sistema sea fácilmente desarmable para garantizar así el cambio de los rodillos y la elaboración de los dos tamaños de rosquetes cocidos, además ante un daño de las partes sea de fácil reemplazo.
- ❖ Para el diseño mecánico de la máquina se utilizó la herramienta de diseño CAD, atreves del uso del Solid Edge Academic. Que nos da una visión real en el dimensionamiento de cada uno de los componentes del sistema mecánico.
- ❖ Se diseñó y construyó un sistema mecánico lo más hermético posible en cuanto a la protección de los elementos que lo conforman debido a que se necesita harina seca en abundancia en su superficie para que no se pegue en las bandas ni en los rodillos y previniendo el daño que con el tiempo puede ocasionar dicha harina al motor, al interruptor y en su defecto hasta a la transmisión.

- ❖ El sistema mecánico es una máquina que permite al panadero realizar el mismo trabajo de elaboración del rosquete, pero más fácil, rápido y menos cansado que si lo realizara manualmente, esto significa más trabajo en menos tiempo y por consiguiente más calidad.

RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar el montaje en una base de concreto dispuesta de tornillos de nivelación que proporcionen un ángulo recto entre el rodillo y la base o soporte.
- ❖ Revisar constantemente el anclaje del soporte de la máquina, ya que una soltura produciría sobre esfuerzos en el reductor además de un desalineamiento de los rodillos y por lo tanto una posible falla.
- ❖ Estar pendiente del funcionamiento de los engranajes los cuales permiten la transmisión del movimiento a los rodillos y el ajuste angular de los mismos.
- ❖ El operario no debe involucrar las manos en el proceso una vez se enciende la máquina.
- ❖ Limpiar periódicamente la máquina, ya que constantemente esta expuesta a partículas de harina y residuos de masa; Antes de efectuar cualquier trabajo sobre la máquina verificar que este desconectada y que no es posible su conexión.
- ❖ Cuidar el sistema mecánico de la contaminación ambiental, colocándolo en un lugar con las condiciones higiénicas necesarias para llevar a cabo el proceso de fabricación de los moldes de rosquetes cocidos.

- ❖ Antes de iniciar el proceso de fabricación de los moldes se debe colocar la masa entre los rodillos con el motorreductor apagado, para así evitar un accidente por parte del operario que manipule la maquina.

- ❖ Hacer una limpieza de los rodillos después de cada ciclo para evitar la contaminación de estos, pero siempre teniendo el motor fuera de funcionamiento.

- ❖ Disminuir el espesor de la masa para lograr así un mejor troquelado, evitando con ello que se genere una alta presión debido a la acumulación de esta antes de entrar al rodillo.

- ❖ Hacer una limpieza de la banda transportadora antes y después de llevar a cabo el proceso de fabricación de los moldes de los rosquetes cocidos.

BIBLIOGRAFIA

J. L. Moya Rodríguez *, **J. A. Velázquez Pérez** .Particularidades del cálculo de engranajes plásticos. Centro de Estudios CAD - CAM – CAQ Universidad Central de Las Villas. Cuba. Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad Veracruzana. Xalapa . México.. 17 de marzo del 2003.

NORTON, Robert. Diseño de elementos de máquinas México: Prentice hall.
1992. 787 p.

ROJAS, García Hernán. Diseño de máquinas II. Bucaramanga: UIS. 1992. 562 p.

SHIGLEY, Joseph Y MISCHKE, Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.
McGraw Hill, 1996.

ANEXOS

ANEXO A. TABLA DE RODAMIENTOS

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera

Dimensiones principales		Capacidades de carga			Carga límite de fatiga	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	C	C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite	kg	
mm		mm	kN		kN	rpm			
65	160	37	119	78	3,15	9500	6000	3,30	6413
69,85	168,75	34,925	104	68	2,75	9000	6300	3,00	RMS 22
70	90	10	12,4	13,2	0,56	15000	9000	0,14	61814
70	90	10	12,4	13,2	0,56	-	4300	0,14	61814-2RS1
70	90	10	12,4	13,2	0,56	15000	7500	0,14	61814-2RZ
70	100	16	23,8	21,2	0,9	14000	8500	0,35	61914
70	100	16	23,8	21,2	0,9	-	4000	0,35	61914-2RS1
70	100	16	23,8	21,2	0,9	14000	7000	0,35	61914-2RZ
70	110	13	29,1	25	1,06	13000	8000	0,43	16014*
70	110	20	39,7	31	1,32	13000	8000	0,60	6014*
70	110	20	39,7	31	1,32	-	3600	0,60	6014-2RS1*
70	110	20	39,7	31	1,32	13000	6300	0,60	6014-2Z*
70	110	20	39,7	31	1,32	-	3600	0,60	6014-RS1*
70	110	20	39,7	31	1,32	13000	8000	0,60	6014-Z*
70	125	24	63,7	45	1,9	11000	7000	1,05	6214*
70	125	24	63,7	45	1,9	-	3400	1,10	6214-2RS1*
70	125	24	63,7	45	1,9	11000	5600	1,10	6214-2Z*
70	125	24	63,7	45	1,9	-	3400	1,10	6214-RS1*
70	125	24	63,7	45	1,9	11000	7000	1,10	6214-Z*
70	125	31	60,5	45	1,9	-	3400	1,30	62214-2RS1
70	150	35	111	68	2,75	9500	6300	2,50	6314*
70	150	35	111	68	2,75	-	3000	2,50	6314-2RS1*
70	150	35	111	68	2,75	9500	5000	2,50	6314-2Z*
70	150	35	111	68	2,75	-	3000	2,50	6314-RS1*
70	150	35	111	68	2,75	9500	6300	2,50	6314-Z*

* - Rodamiento SKF Explorer

Sólo proveedores de recambios

ANEXO B. TABLA DE CHAVETAS

Tabla -1 Tamaño de cuña contra tamaño de flecha

Diámetro nominal de la flecha		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (incluso)	Espesor, <i>W</i>	Altura, <i>H</i>	
			Cuadrada	Rectangular
$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$
$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$
$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$
$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	1	1
$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$
$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$
$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$
$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	2	2
1	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$
1	2	3	3	3
$1\frac{1}{4}$	2	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$
$1\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$	4		4
$1\frac{1}{4}$	3	5		5
$1\frac{1}{2}$	3	6		6
$1\frac{1}{2}$	4	7		7

Nota: Se recomiendan los valores que no aparecen en las áreas sombreadas. Las dimensiones están en pulgadas.
Fuente: ANSI Standard B17.1-1967, *Keys and Keyseats* (American Society of Mechanical Engineers, Nueva York).

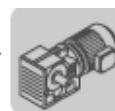
Tabla -2 Radios y chafilanes para cuñas que se sugieren

Profundidad del cuñero $\frac{1}{2}$		Radio del chafilán	Chafilán a 45°
Más de	Hasta (incluso)		

ANEXO C. MOTOR - REDUCTOR

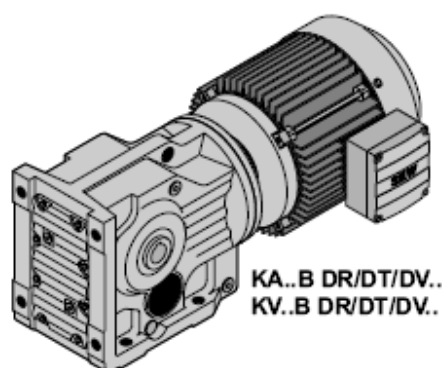
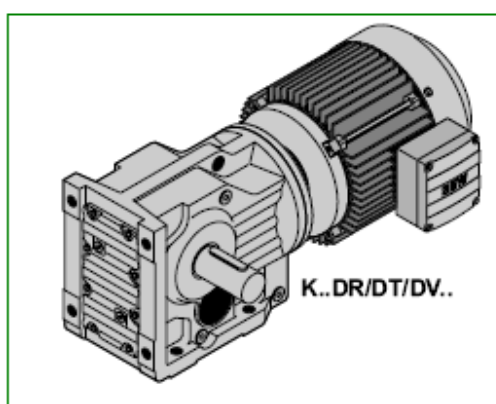
SELECCIÓN DEL MOTOREDUCTOR

Inicialmente observamos en forma general el tipo de motoreductor que se va a utilizar según el espacio disponible y la configuración a utilizar.

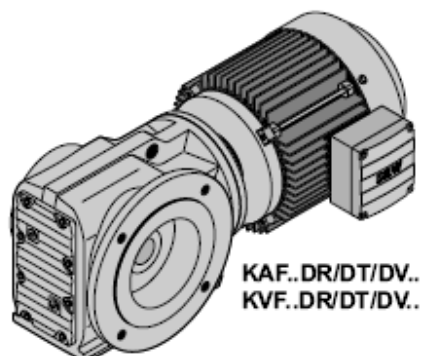
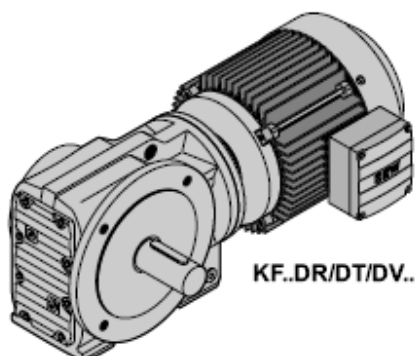
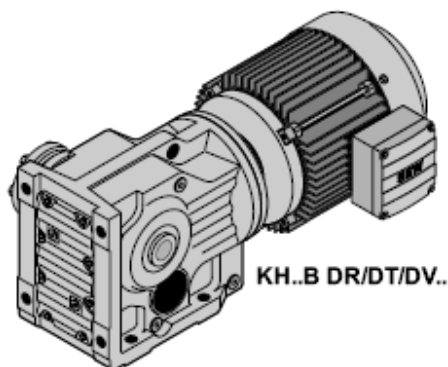


5

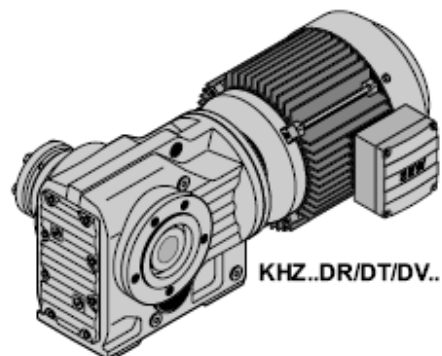
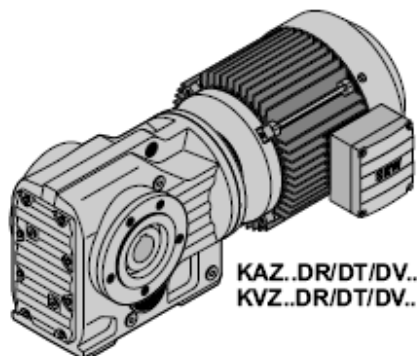
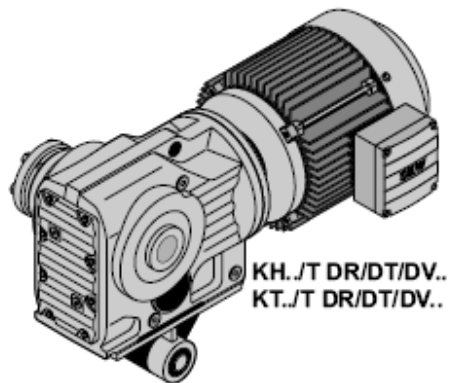
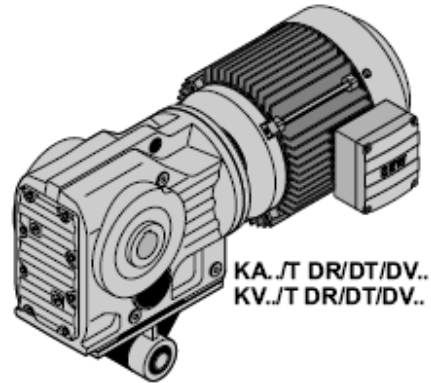
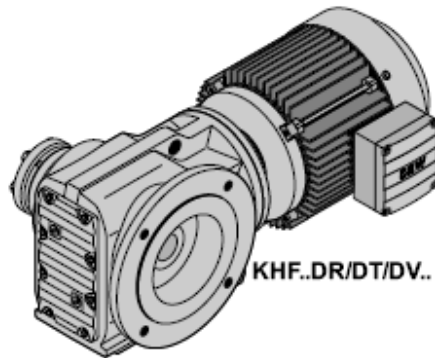
5 K..DR/DT/DV



5



04456AXX



04457AXX

Conociendo la potencia necesaria y la velocidad de salida nos dirigimos a las tablas para seleccionar la el grupo de motoreductores que cumplen con las condiciones dadas.

Para una potencia de 1.5 Kw. y una velocidad de salida de 6 rpm. tenemos los siguiente motoredutores

5

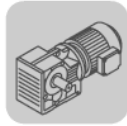


K..DR/DT/DV
K..D.. [kW]

P_m [kW]	n_a [1/min]	M_a [Nm]	i	$F_{Ra}^{1)}$ [N]	SEW f_B		m [kg]		
1.5	0.35	36700	4079	150000	0.85				
	0.42	30500	3376	150000	1.05	K	167 R97	DT 90L4	1190 417
	0.51	24700	2755	150000	1.30	KH	167 R97	DT 90L4	1150 417
	0.65	20000	2182	150000	1.60				
	0.83	15500	1704	150000	2.1	K	167 R97	DT 90L4	1190 417
	1.0	12900	1408	150000	2.5	KH	167 R97	DT 90L4	1150 417
	1.1	11800	1296	150000	2.7				
	0.61	20500	2322	110800	0.90	K	157 R97	DT 90L4	800 417
						KF	157 R97	DT 90L4	880 417
						KA	157 R97	DT 90L4	760 417
						KAF	157 R97	DT 90L4	820 417
	0.85	15200	1659	113500	1.20				
	1.0	12400	1365	114800	1.45				
	1.2	11100	1229	115000	1.65	K	157 R97	DT 90L4	790 417
	1.3	9840	1093	115300	1.85	KF	157 R97	DT 90L4	870 417
1.5	8480	942	115700	2.1	KA	157 R97	DT 90L4	760 417	
1.7	7630	854	115900	2.4	KAF	157 R97	DT 90L4	820 417	
2.5	5010	567	116300	3.6					
2.8	4480	504	116400	4.0					
2.6	4830	536	82300	2.7	K	127 R87	DT 90L4	500 417	
3.4	3800	418	82500	3.4	KF	127 R87	DT 90L4	540 417	
3.8	3350	367	82600	3.9	KA	127 R87	DT 90L4	470 417	
					KAF	127 R87	DT 90L4	510 417	
0.80	16400	1757	73100	0.80					
0.91	14300	1541	77300	0.90					
1.1	12500	1342	79500	1.05					
1.2	10900	1177	80300	1.20					
1.4	9550	1025	80900	1.35	K	127 R77	DT 90L4	480 417	
1.6	8360	899	81300	1.55	KF	127 R77	DT 90L4	520 417	
1.8	7240	790	81700	1.80	KA	127 R77	DT 90L4	450 417	
2.0	6520	704	81900	2.0	KAF	127 R77	DT 90L4	490 417	
2.3	5620	610	82200	2.3					
2.6	5080	549	82300	2.6					
3.0	4370	477	82400	3.0					
3.4	3870	418	82500	3.4					
1.4	9520	1030	65000	0.85					
1.6	8320	904	65000	0.95					
1.8	7390	793	65000	1.10					
2.0	6470	696	65000	1.25	K	107 R77	DT 90L4	320 417	
2.3	5670	615	65000	1.40	KF	107 R77	DT 90L4	330 417	
2.7	4810	522	65000	1.65	KA	107 R77	DT 90L4	290 417	
3.1	4230	461	65000	1.90	KAF	107 R77	DT 90L4	315 417	
3.5	3740	408	65000	2.1					
3.9	3370	364	65000	2.4					
4.4	2940	318	65000	2.7					
2.5	5420	573	39400	0.80					
2.8	4680	504	40000	0.90					
3.2	4050	437	40000	1.05					
3.7	3570	382	40000	1.20	K	97 R57	DT 90L4	190 417	
4.1	3160	342	40000	1.35	KF	97 R57	DT 90L4	210 417	
4.6	2880	305	40000	1.50	KA	97 R57	DT 90L4	170 417	
5.5	2430	258	40000	1.75	KAF	97 R57	DT 90L4	195 417	
6.1	2190	232	40000	1.95					
7.1	1870	199	40000	2.3					
4.3	3070	330	26800	0.90					
4.8	2750	294	27200	1.00	K	87 R57	DT 90L4	130 417	
5.6	2360	250	27700	1.15	KF	87 R57	DT 90L4	140 417	
6.0	2230	236	27800	1.20	KA	87 R57	DT 90L4	120 417	
7.0	1890	201	28200	1.45	KAF	87 R57	DT 90L4	130 417	
7.7	1720	183	28300	1.55					
4.9	2940	143.47*	65000	2.7	K	107	DV 112M8	300 398	
5.8	2490	121.46	65000	3.2	KF	107	DV 112M8	310 399	
6.2	2300	112.41*	65000	3.5	KA	107	DV 112M8	270 400	
					KAF	107	DV 112M8	295 399	

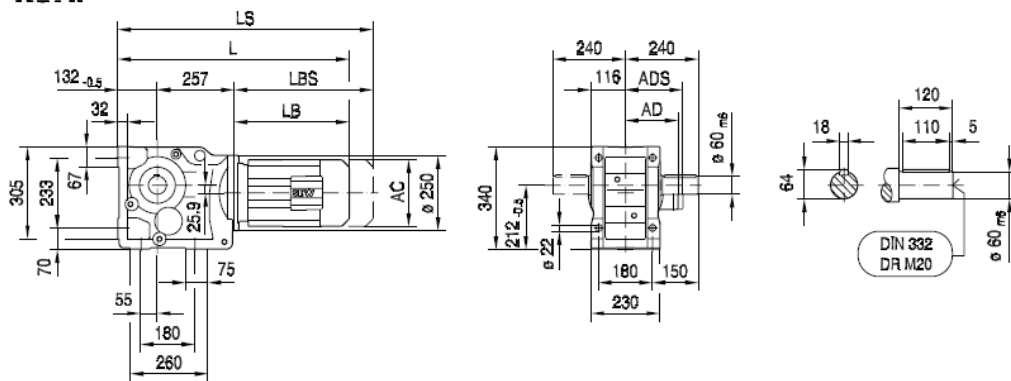
A continuación se muestra los planos del motoreductor seleccionado finalmente.

5



K..DR/DT/DV
K.. [mm]

K87..

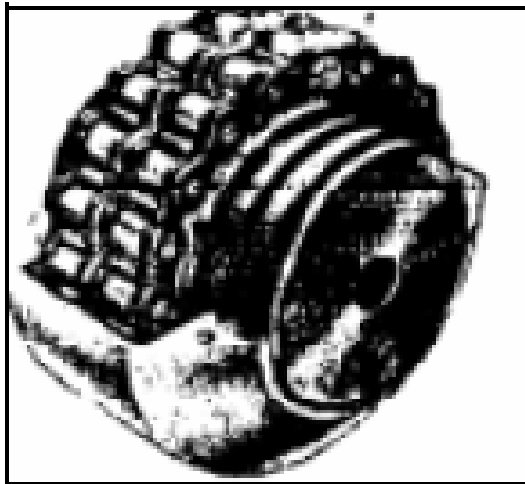


(→ [] 11)	DT80..	DT90..	DV100M	DV100L	DV112M	DV132S	DV132M	DV132ML	DV160M	DV160L	DV180..
AC	145	197	197	197	221	221	275	275	275	331	331
AD	122	154	166	166	179	179	230	230	230	258	258
ADS	127	161	166	166	182	182	230	230	230	258	258
L	627	646	696	726	729	774	796	856	856	903	975
LS	691	731	781	811	809	854	908	968	968	1059	1131
LB	238	257	307	337	340	385	407	467	467	514	586
LBS	302	342	392	422	420	465	519	579	579	670	742

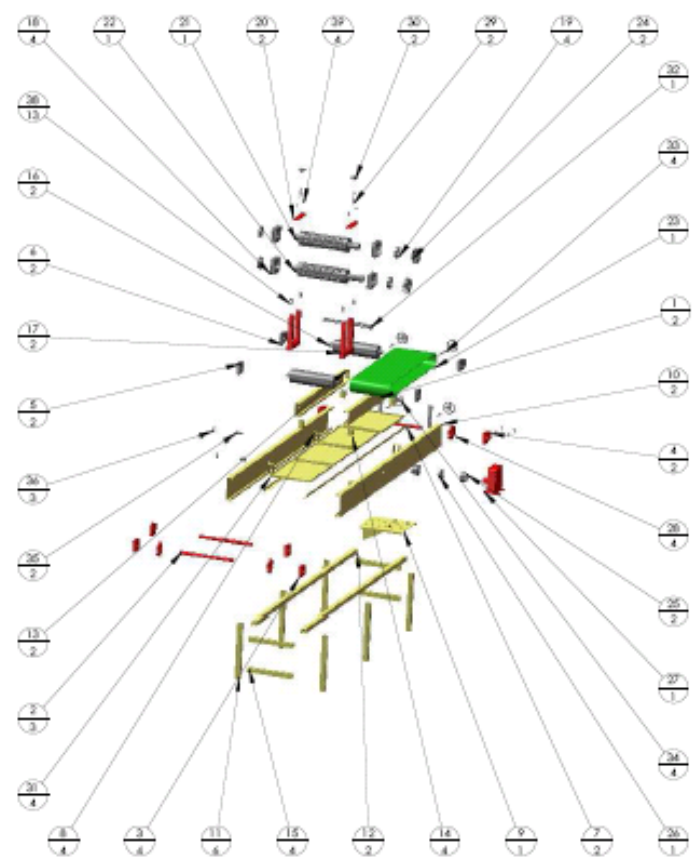
ANEXO D. ACOPLES

➤ ***Acoplamiento de cadena***

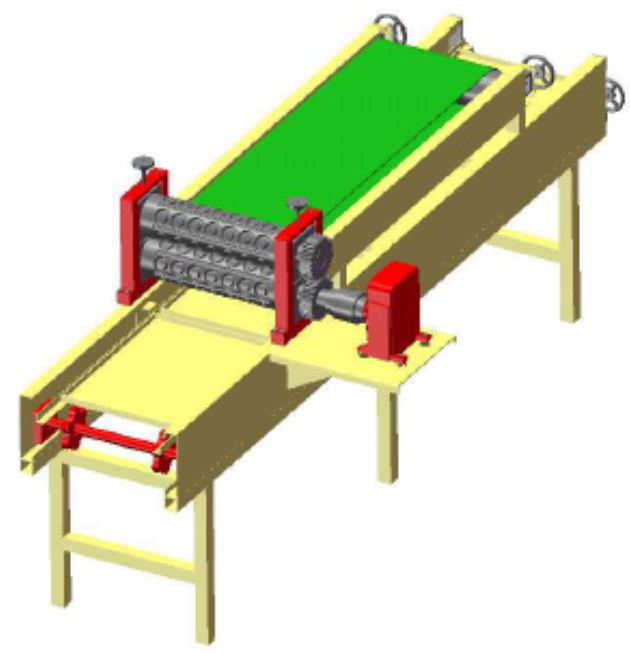
Los acoplamientos de cadenas sobresalen por su sencillez. Todo lo que se necesita son dos ruedas dentadas y un trozo de cadena doble. Por lo general se utiliza a baja velocidades, excepto cuando se les agrega una cubierta especial, metálica o de plástico, para contener el lubricante de lo contrario sería expulsado por la acción de las fuerzas centrífugas. Este tipo se utiliza en aplicaciones acopladas cerradas.



ANEXO E. PLANOS



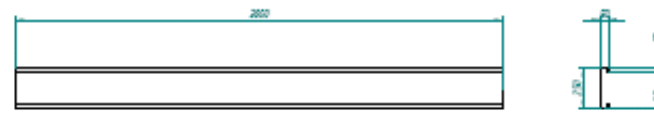
Nº DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	CAPA C. GRANDE	Imperio UB C-12	2
2	EJE TRANSPORTADOR BANDAS	Acero al carbono 1045	2
3	CHUMACERA, EJE DE BANDAS 2	Chumacera UIC-207-20	4
4	CHUMACERA, EJE DE BANDAS	Chumacera tenso UIC-207-20	2
5	CHUMACERA, BANDA ALMIBIEN 2	Chumacera UIC-207-20	2
6	CHUMACERA, BANDA ALMIBIEN	Chumacera tenso UIC-207-20	2
7	BIEL	Acero al carbono 1045	2
8	RODILLO BIEL	Acero al carbono 1045	4
9	RODILLO MOTOR	Acero al carbono 1045	1
10	BANDA USBA C. GRANDE	Acero al carbono 1045	2
11	BANDAS PARALEL	Acero al carbono 1045	4
12	BANDAS BAZO LA C. GRANDE	Acero al carbono 1045	2
13	BANDA USBA C. PEQUEÑA	Acero al carbono 1045	2
14	BANDAS BAZO C. PEQUEÑA	Acero al carbono 1045	4
15	BANDAS HORIZONTALES	Acero al carbono 1045	4
16	RODILLO BANDAS	Acero al carbono 1045	2
17	BANDAS	Acero AISI	2
18	CHUMACERA	Acero AISI	4
19	RODAMIENTO	SKF 6214	4
20	CAPA CHUMACERA	Acero AISI	2
21	RODILLO SUPERIOR	Acero inoxidable AISI 304	1
22	BANDEJA INFERIOR	Acero inoxidable AISI 304	1
23	BANDA LIMPIA	Banda sintética blanca grado alimenticio	1
24	ENGRENANIE	Acero AISI 304, dientes 36, módulo 4	2
25	ACOPLE 1	Acople de castaño L-10-22	2
26	ACOPLE 2	Acople de castaño L-10-22	1
27	MOTOR	Motorreductor, entrada 1.900rpm, salida 4rpm, 2HP de potencia	1
28	PIÑON BANDAS DE CADENAS	Piñones 28-33	4
29	CHUMACEROLA DE AJARTE	Forma de U	2
30	BANDA DE AJARTE	Acero al carbono 1045	2
31	BANDAS	Acero inoxidable AISI 304	4
32	RODILLOS INFERIA	Acero inoxidable AISI 304	1
33	RODILLO VOLANTE	Acero al carbono 1045	4
34	RODILLOS	Acero al carbono 1045	4
35	RODILLO PINCH	Acero al Carbono 1045	2
36	PIÑON TRANSMISOR	Piñones 28-33	2
37	PIÑON TRANSMISOR EJE	Piñones 28-33	2
38	CHUMACEROLA	Hexagonal de 100 - Pared 17MM 1/2	14
39	CHUMACEROLA	Hexagonal 1/2	4



Nombres		UIS
Dibujante	Alvaro Palermín Jovanay Chaparro	
Director		Trilvo
Sociedad Vasquez		Planos del Sistema Mecánico
Todas las cotas se encuentran en milímetros		Al Fecha: 04/05/09 Archivo: Planos finales

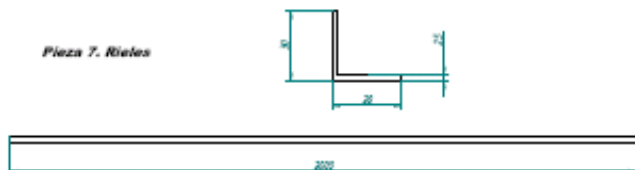


Pieza 13. Estructura C Pequeña



Pieza 10. Estructura C Grande

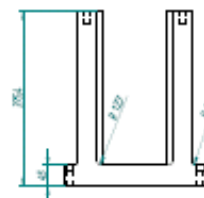
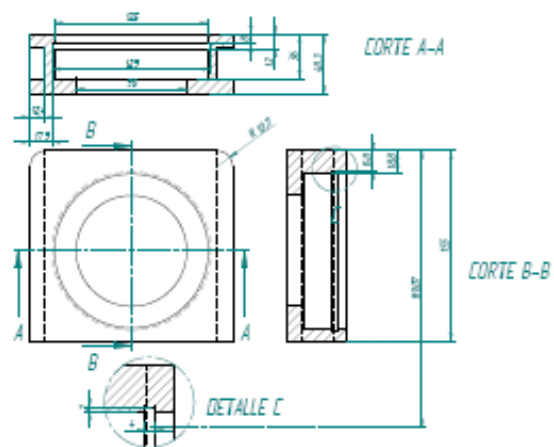
Pieza 7. Rieles



Pieza 11. Tubos Paralelos



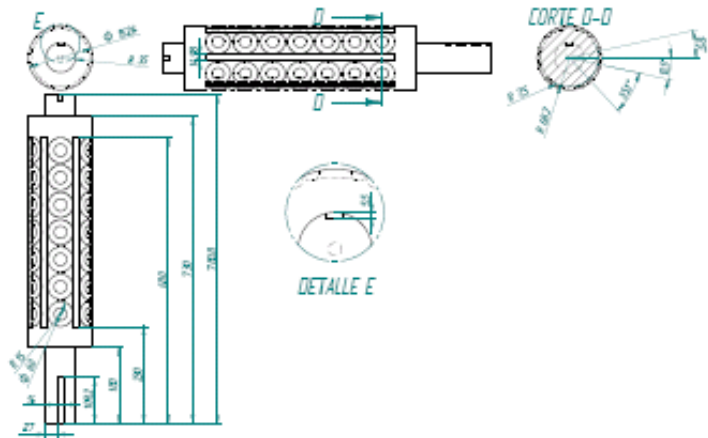
Pieza 18. Chumacera



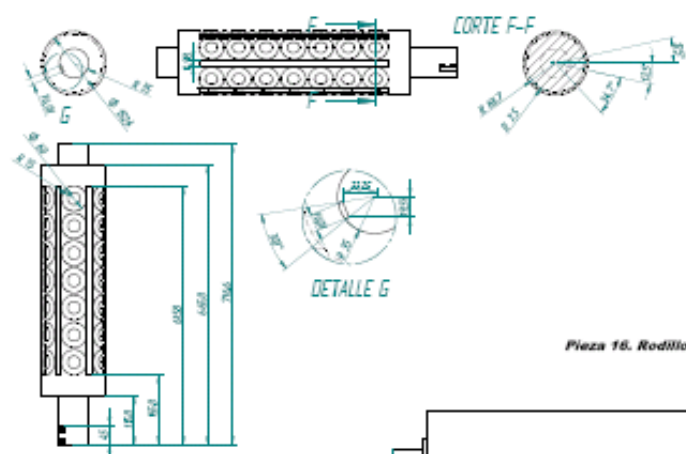
Pieza 17. Bastidor

for evaluation only

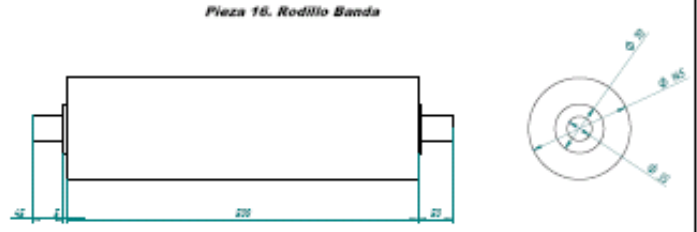
Nombre		UIS	
Elaborado	Gerardo Palomares	Título	
Director	Gerardo Palomares	Plano del Sistema Mecánico	
Talla (en milímetros)		A1	Hoja 04/04
Escala		Hoja 04/04	



Pieza 22. Rodillo Inferior

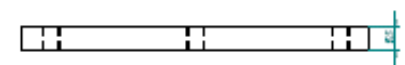


Pieza 21. Rodillo Superior



Pieza 16. Rodillo Banda

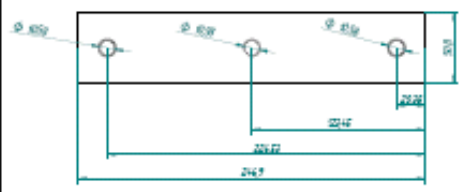
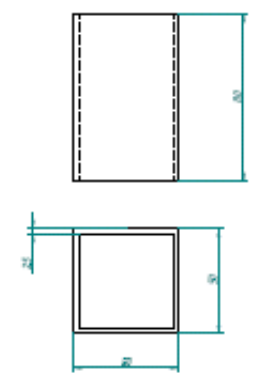
Pieza 20. Tapa Chumacera



Pieza 12. Tubo Bajo la C Grande



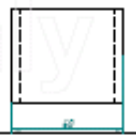
Pieza 14. Tubo Base C Pequena



Pieza 15. Tubo Horizontal



Pieza 5. Soporte Rieles



Nombre		UIS	
Elaborado	Gerardo Maldonado	Diseño	
Director	Juan Luis Torres	Piezas del Sistema Mecánico	
Fecha de entrega de especificaciones al cliente		A1	Fecha 2018.01
		Instituto PUCP - PUCP.UM	