

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la

Producción

“Diseño y Construcción de una máquina para amasar pan
con una capacidad de 100 Kg/h de producción”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Carlos Daniel Espinoza Macías

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2011

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Ernesto Martínez L., Director de Tesis, por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI ESPOSA

A MI HIJO

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Gustavo Guerrero M.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Manuel Helguero G.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Carlos Daniel Espinoza Macías

RESUMEN

La presente tesis se enfocó en la problemática que se da en las panificadoras de la ciudad de Quevedo, dándose aspectos que presionan al propietario a realizar cambios en su infraestructura, presentación del producto, específicamente en el *control de producción: higiene y procesos* empleados, que se debían mejorar o cambiar radicalmente. Es aquí donde participó este proyecto cuyo objetivo fue mejorar los parámetros antes mencionados basado en el proceso de producción del pan, llevándose a cabo: seguimientos de la elaboración del producto en distintas panaderías, observándose problemas como: desgaste físico en el amasado del pan (proceso manual) y que en muchas circunstancias este no era aséptico. Para lo cual se efectuó encuestas a los panificadores sobre diversos temas relacionados con la producción, aplicando *Técnicas Estadísticas* para la identificación del problema como son: *Análisis de Pareto* desarrollada a principios del siglo XX por el economista italiano Wilfredo Pareto y *Diagrama de Causa-Efecto* desarrollada en 1943 por el profesor Kaoru Ishikawa obteniendo los resultados correspondientes a la encuesta realizada, se determinó diseñar y construir una máquina para amasar pan con una capacidad de 100 Kg/h de producción, aplicando todos los recursos tecnológicos que brinda el avance científico de la nueva era como el Diseño en 3D - "SolidWorks", modificando la elaboración manual del producto

para mejorarlo haciendo uso de la amasadora, construida a partir de acero inoxidable, que es el material recomendado para la industria alimenticia y de soldaduras especiales TIG y MIG para el ensamblaje de la máquina, brindando una mejor presentación del producto terminado. Los cambios importantes que se dieron en el proceso productivo, a partir de construir y aplicar la máquina en el amasado fueron: Optimizar el tiempo de producción de 45 a 20 minutos por amasado, evitar la fatiga y el contacto físico de los panificadores con la masa de pan durante el proceso, mejorando de esta manera la calidad del pan y la higiene en elaboración del mismo. Sin olvidarnos de los beneficios económicos que genera fabricar esta máquina a quienes estemos involucrados en la manufactura de la misma, garantizando el trabajo terminado a los panificadores que adquieran el uso de esta máquina para fomentar la participación mecánica en la manufactura del pan.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE PLANOS.....	XI
INTRODUCCION.....	1
 CAPÍTULO 1	
1. ANTECEDENTES.....	2
1.1 Objetivo General.....	5
1.2 Objetivos Específicos.....	5
1.3 Metodología.....	6
1.4 Estructura de la Tesis.....	8
 CAPITULO 2	
2. CONOCIMIENTOS GENERALES ACERCA DEL PAN.....	10
2.1 Historia.....	11
2.2 Sabor del pan.....	13

2.3 Pan y salud.....	14
2.3.1 Enfermedades Asociadas al consumo de pan.....	
2.3.2 Nutrición.....	
2.4 Ingredientes.....	18
2.4.1 Harina.....	18
2.4.2 Agua.....	20
2.4.3 Sal.....	23
2.4.4 Levadura.....	25
2.4.5 Otros ingredientes.....	30
2.5 Proceso para la elaboración del pan.....	32
2.5.1 Formación de la Masa.....	33
2.5.2 Fermentación y reposo.....	41
2.5.3 Horneado.....	44
2.5.4 Enfriamiento.....	45
2.6 Almacenamiento.....	47
CAPITULO 3	
3. LA AMASADORA COMO EQUIPO DE PANIFICACIÓN EN EL MEDIO LOCAL.....	51
3.1 Definición del Problema.....	52
3.2 Encuestas dirigidas a los panificadores para la obtención de	

Datos.....	53
3.3 Técnicas estadísticas para la identificación de problemas:	
Análisis de Pareto y Diagrama de Causa-Efecto.....	53
3.4 Justificación del Diseño de la Amasadora.....	59
CAPITULO 4	
4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA AMASADORA.....	89
4.1 Diseño de Forma.....	90
4.2 Cálculo de los materiales para la construcción de la Amasadora.....	91
4.3 Aplicación del Programa Solidworks para el bosquejo de los Planos de Construcción.....	135
4.4 Diagrama de Gantt.....	135
4.5 Análisis Económico.....	141
4.6 Pruebas y Ajustes.....	147
CAPITULO 5	
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	148
APÉNDICES	
BIBLIOGRAFIA	

ABREVIATURAS

A	Amperio
AWS	American Welding Society
C	Carbono
cm	Centímetro
g	Gramo
°C	Grados centígrados o Celsius
GPM	Golpes por Minuto
H	Hidrógeno
HP	Caballo de Fuerza
Hz	Hertz
IPC	Índice de Precios al Consumo
in	Pulgada
Kg	Kilogramo
Kg/cm	Kilogramo por Centímetro
Kg/cm ²	Kilogramo por Centímetro Cuadrado
Kg/mm ²	Kilogramo por Milímetro Cuadrado
lt	litro
MIG	Metal Inert Gas
m	Metro
mm	Milímetro
mm ²	Milímetro Cuadrado
N	Newton
O	Oxígeno
Pa	Pascales
RPM	Revoluciones por Minuto
TIG	Tungsten Inert Gas
V	Voltios
%	Porcentaje

SIMBOLOGÍA

γ	Peso específico
V	Volumen
Γ	Ingredientes
τ	Tensión de corte
$\frac{dv}{dy}$	Gradiente de velocidad
μ	Viscosidad
∇f	Gradiente de la función
λ	Multiplicador de Lagrange
∇g	Condición
V (\emptyset, L)	volumen en función del diámetro y la longitud
\emptyset :	diámetro del cilindro
L:	longitud del cilindro
σ_o	tensión de fluencia
F	fuerza de estiramiento
F_{max}	Fuerza máxima de estiramiento
F_{min}	Fuerza mínima de estiramiento
α	radio en el plano de penetración de un cono de ángulo recto
P	presión interna
t:	espesor de la bandeja,
n	factor de seguridad
σ_a	esfuerzo de arco
τ_c	Esfuerzo cortante
S_y	Esfuerzo de fluencia
T_r	torque resistente
$\sum f_y$	Sumatoria de Fuerzas
$\sum M$	Sumatoria de momentos
I	momento de inercia
M_F	momento flector
V	cortante
f_s	Factor de esfuerzos estáticos
C_o	Capacidad de carga estática
P_o	Carga estática equivalente
P_o	Carga estática equivalente
F_r	Carga radial
F_a	Carga axial
X_o	Factor radial
Y_o	Factor axial

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1	Flujo de la Metodología.....	6
Figura 2.1	Amasadora de Espiral.....	37
Figura 2.2	Amasadora de Brazos.....	39
Figura 2.3	Amasadora de Eje Oblicuo.....	40
Figura 3.1	Gráfica de Barras 1.....	59
Figura 3.2	Gráfica de Sectores 1.....	60
Figura 3.3	Gráfica de Sectores 2.....	61
Figura 3.4	Gráfica de Sectores 3.....	62
Figura 3.5	Gráfica de Barras 2.....	63
Figura 3.6	Gráfica de Sectores 4.....	64
Figura 3.7	Gráfica de Sectores 5.....	65
Figura 3.8	Gráfica de Sectores 6.....	64
Figura 3.9	Gráfica de Sectores 7.....	67
Figura 3.10	Gráfica de Sectores 8.....	68
Figura 3.11	Gráfica de Sectores 9.....	69
Figura 3.12	Gráficas de Sectores 10.....	69
Figura 3.13	Gráfica de Sectores 11.....	70
Figura 3.14	Gráfica de Sectores 12.....	71
Figura 3.15	Gráfica de Sectores 13.....	72
Figura 3.16	Gráfica de Barras 3.....	73
Figura 3.17	Gráfica de Barras 4.....	73
Figura 3.18	Gráfica de Sectores 14.....	74
Figura 3.19	Gráfica de Sectores 15.....	74
Figura 3.20	Gráfica de Barras 5.....	75
Figura 3.21	Gráfica de Barras 6.....	76
Figura 3.22	Gráfica de Sectores 16.....	76
Figura 3.23	Gráfica de Sectores 17.....	77
Figura 3.24	Gráfica de Barras 7.....	78
Figura 3.25	Gráfica de Sectores 18.....	78
Figura 3.26	Gráfica de Barras 8.....	79
Figura 3.27	Gráfica de Sectores 19.....	79
Figura 3.28	Gráfica de Barras 9.....	80
Figura 3.29	Gráfica de Sectores 20.....	81
Figura 3.30	Gráfica de Barras 10.....	81
Figura 3.31	Gráfica de Sectores 21.....	82
Figura 3.32	Gráfica de Barras 11.....	83

Figura 3.33	Gráfica de Sectores 22.....	83
Figura 3.34	Gráfica de Sectores 23.....	84
Figura 3.35	Gráfica de Barras 12.....	85
Figura 3.36	Gráfica de Sectores 24.....	86
Figura 3.37	Gráfica de Sectores 25.....	87
Figura 4.1	Diagrama Reològico.....	95
Figura 4.2	Eje y Brazos para el Amasado.....	103
Figura 4.3	Diagrama de Cortante y Momento Flector.....	105
Figura 4.4	Diagrama de Cortante y de Momento.....	106
Figura 4.5	Cargas actuantes en el Bastidor.....	132
Figura 4.6	Diagramas de Cortante y de Momento.....	133

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Ingredientes que se emplean en el amasado.....	92
Tabla 2	Ingredientes con 50 Kg de harina.....	94
Tabla 3	Velocidad en el proceso de amasado.....	119
Tabla 4	Características del Motor.....	120
Tabla 5	Características del Reductor Mecánico.....	121
Tabla 6	Factores de servicio de sobrecarga.....	122
Tabla 7	Secciones de Bandas estándares.....	123
Tabla 8	Conversión de perímetros interiores a longitudes de Paso.....	124
Tabla 9	Resumen de selección de rodamientos.....	128
Tabla 10	Diseño de la estructura principal.....	134
Tabla 11	Costos de la Bandeja Amasadora.....	144
Tabla 12	Resultados obtenidos con los valores nominales.....	147

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	Eje
Plano 2	Cámara
Plano 3	Tapa Cámara
Plano 4	Soporte
Plano 5	Chumacera de Pared
Plano 6	Tapa
Plano 7	Bastidor
Plano 8	Chumacera de Pie
Plano 9	Polea Conductora
Plano 10	Polea 7 pulgadas
Plano 11	Rotor
Plano 12	Tapa Transmisión
Plano 13	Ensamblaje Planchas Cámara
Plano 14	Ensamble seguro
Plano 15	Ensamble Transmisión Eje
Plano 16	Ensamble Explosionado

INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto de tesis, presenta en forma detallada la metodología, justificación, desarrollo sobre el *diseño y construcción de una máquina para amasar pan con una capacidad de 100 Kg/h de producción*. Es importante acotar que se tomo como referencia las panaderías de la ciudad de Quevedo, en virtud de que es mi ciudad de residencia para así poder realizar los respectivos muestreos estadísticos con la finalidad de presentar los propósitos por lo que se llevó a cabo esta tesis, como se detalla más adelante en la presentación de los capítulos.

Es oportuno detallar una breve semblanza de los capítulos del programa general para la consecución del proyecto de graduación y finalmente se expone el orden de los planos para la construcción de la máquina.

Programa General.

Capítulo 1 Este capítulo contiene todos los antecedentes para el inicio en el desarrollo de la tesis, aquí encontramos los objetivos generales y específicos a cumplir en la culminación de la máquina, la metodología junto con las etapas de estudio de los diferentes capítulos subsiguientes y en el final de este capítulo se presenta la estructura de la tesis.

Capítulo 2 En este capítulo se reúnen todos los detalles acerca del producto alimenticio que producirá la máquina, empezando con el origen

del pan es decir desde que época y como fue la producción de pan en sus inicios, los diferentes sabores e ingredientes que puede poseer el pan en la producción dependiendo de los propietarios a saber qué tipo de producto expondrán en el mercado, también tendremos dentro de este capítulo las ventajas y desventajas para la salud por el consumo de este alimento básico, los procesos actuales de producción para la elaboración y almacenamiento del pan al final de la producción. De estos rescatamos el proceso de amasado que es en el cual se basa nuestra máquina.

Capítulo 3 En este capítulo se presentan el problema de una forma específica definiéndole de una manera concreta enfocándose en la ciudad de Quevedo que es donde se realizaron las encuestas dirigidas a los panificadores para identificar el problema, donde se utilizaron las técnicas estadísticas como Pareto, Diagramas de causa-efecto para aplicarlas en el análisis de mercado presentando graficas y para la justificación del problema.

Capítulo 4 En esta parte esencial del proyecto se destacan todos los cálculos y selección de los materiales para la construcción de la máquina como pueden ser la bandeja, el eje principal selección de elementos de transmisión, el bastidor, bosquejo de planos a través del programa de dibujo en tres dimensiones SolidWorks, ejecución y planificación de la construcción, así también el cálculo de costos de materiales y establecer el

precio de venta de la máquina para establecer el análisis económico entre una máquina de fabricación nacional (nuestra) y una importada. Se culmina con la realización de las pruebas y ajustes de la máquina.

Capítulo 5 En este capítulo final se establecen las conclusiones basadas en los objetivos propuestos al inicio del proyecto y las recomendaciones que establecen luego de la construcción y ajuste de la máquina.

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES

En las panaderías de la ciudad de Quevedo, las mismas que generan recursos personales y al Estado Ecuatoriano, se presentan aspectos que presionan al propietario a mejorar su infraestructura, presentación del producto, la higiene y el control de calidad siendo éstos dependientes de lo más importante el proceso de producción.

Es aquí que interviene este proyecto cuyo afán era mejorar los parámetros mencionados anteriormente, basándose en el proceso de producción para lo cual se propuso diseñar y construir una máquina con los recursos del avance tecnológico de la nueva era;

mejorando así la elaboración del producto, lo que hará que los productores satisfagan directamente a los consumidores.

1.1 Objetivo General

Diseñar y construir una máquina que satisfaga las necesidades o requerimientos del cliente, en este caso del panificador y obtener resultados que impulsen la creación de nuevas microempresas.

1.2 Objetivos Específicos

- a) Mejorar las condiciones de higiene en el proceso de elaboración del pan, eliminando la contaminación por contacto entre el obrero y la materia prima.
- b) Eliminar el desgaste físico-corporal del trabajador, el mismo que se presenta por el amasado del producto durante los años de trabajo.
- c) Optimizar el tiempo de inicio y la frecuencia de trabajo para la obtención del pan.
- d) Generar fuentes de empleo e ingreso de recursos a quienes están relacionados con proyecto para promover nuevas microempresas en metal-mecánica.
- e) Aplicar conocimientos y recursos de la nueva tecnología para el desarrollo de esta máquina.

1.3 Metodología

El flujo de la metodología se muestra en la Figura 1.1 y se detalla a continuación:

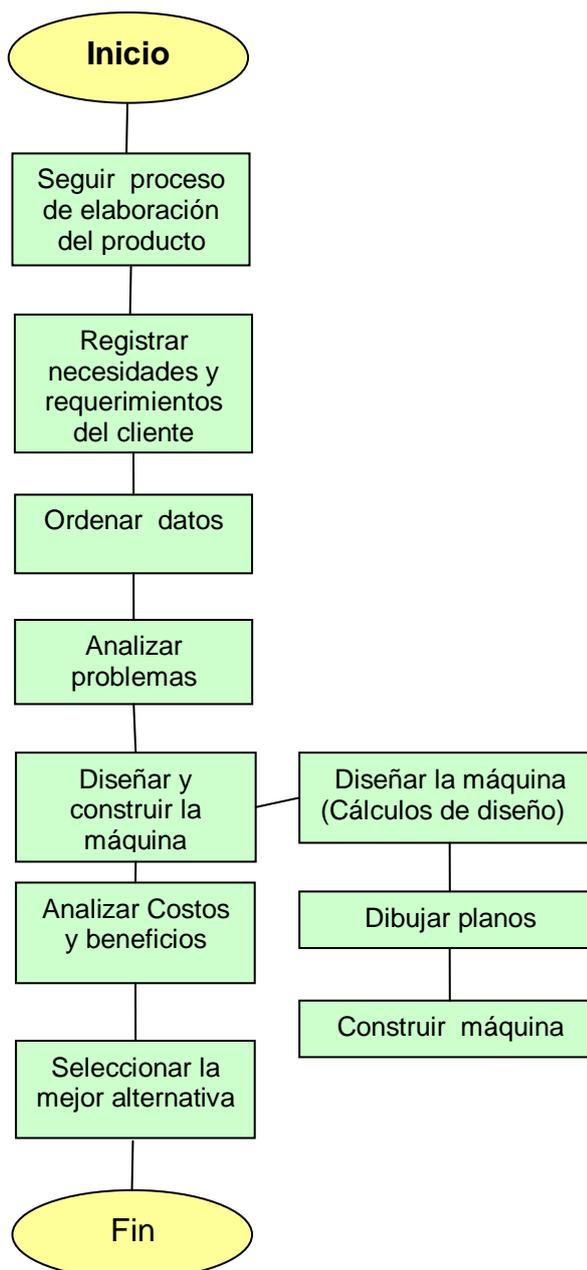


FIGURA 1.1 FLUJO DE LA METODOLOGÍA

La metodología a seguir para la realización de esta tesis consta de algunas etapas, cada una de las cuales está ligada con suficientes elementos a la subsiguiente; con el fin de obtener un análisis profundo y ordenado que ayude en el desarrollo de los diferentes capítulos.

Para su desarrollo, se consideran las siguientes etapas:

- **Seguir el proceso de elaboración del producto:** Consiste en ir a cada una de las microempresas ligadas al producto para hacer una observación de cómo los artesanos en panadería elaboran el pan y así conocer los pasos y técnicas que ejecutan en la preparación de materiales hasta obtener el producto terminado.
- **Registrar necesidades y requerimientos del cliente:** Esta etapa se refiere a las encuestas dirigidas a las panaderías que se realizaron en la ciudad de Quevedo, las cuales tienen como objetivo registrar y tabular las necesidades del cliente.
- **Ordenar datos:** Es la ejecución del programa estadístico y establecer valores estadísticos como se revisará en el capítulo tres.
- **Analizar problemas:** Esta etapa es una de las más importantes pues es donde se enlistarán los problemas y se analizarán si son o no superables para poder llevar a cabo este proyecto.

- **Diseño y construcción de la máquina:** En esta etapa constan todos los cálculos realizados en el diseño mecánico de la máquina, los planos de construcción y las pruebas de ensayo.
- **Analizar costos y beneficios:** Es aquí donde se decide el costo total de la máquina y los beneficios que presentará económicamente en el campo de acción que son las panaderías de la ciudad de Quevedo.
- **Seleccionar la mejor alternativa,** en esta parte del proyecto vuelven a intervenir los clientes pues son ellos los que elegirán la mejor alternativa entre la máquina de producción nacional o la máquina importada.

1.4 Estructura de la tesis

El presente proyecto de tesis se ha estructurado de la siguiente manera:

Capítulo 1: Se escribe los objetivos, metodología y cada uno de los parámetros que inician el estudio de este proyecto.

Capítulo 2: Se presenta en resumen cada uno de los aspectos importantes del producto, donde se describe la historia del pan,

qué papel desempeña cada uno de los ingredientes y/o en el proceso de elaboración del producto.

Capítulo 3: Se desarrolla la metodología de la tesis, mediante la aplicación de las herramientas para identificar los problemas en el sector de la producción del pan en la Ciudad de Quevedo y la utilización de técnicas que lleven a una solución de las necesidades del sector panificador.

Capítulo 4: Es el más importante pues es aquí donde se obtiene el prototipo o máquina que presentará las soluciones a los requerimientos del cliente a través del diseño y construcción de la amasadora de hacer pan.

Capítulo 5: Aquí se presentan las conclusiones y recomendaciones de la máquina luego de realizar las respectivas pruebas de ensayo y el análisis económico correspondiente con respecto a las máquinas importadas.

CAPÍTULO 2

2. CONOCIMIENTOS GENERALES ACERCA DEL PAN

La palabra pan proviene del latín "pannus" que significa masa blanca, alimento básico que lo encontramos en la dieta tradicional de la mayoría de hogares del mundo, por tal razón se lo considera alimento fundamental en muchas culturas, agregamos también la participación en rituales religiosos y sociales. Se prepara mediante el horneado de una masa elaborada con harina de cereales, sal y agua.

Actualmente, la panadería es el establecimiento para dispensar el pan que ha cobrado suma importancia en zonas urbanas y existen

electrodomésticos específicos con los que se puede elaborar pan de forma muy sencilla, un ejemplo: la **amasadora**. Hoy en día la encontramos en cualquier tienda, su valor hace que calculen índices económicos como el IPC (Índice de Precios al Consumo), que determina la evolución del costo de vida en las naciones.

2.1 Historia

Algunos historiadores creen que el pan podría haber sido una masa de granos semimolidos y ligeramente humedecida, cocida al sol sobre una piedra caliente, o abandonado junto a un fuego o fuente de calor diversa. La evolución histórica del pan se fundamenta en tres vías: por un lado mejorar y evolucionar los elementos mecánicos que pulverizan los granos (los molinos), por otro la mejora en los microorganismos que pueblan la levadura y finalmente la evolución de los elementos que proporcionan focos de calor (hornos). Probablemente, los primeros panes estarían hechos con harinas de bellotas o de hayucos.

Los arqueólogos han excavado y encontrado fragmentos de pan ácimo (pancenceno) en yacimientos de los poblados cercanos a los lagos suizos. Se sabe que los egipcios elaboraban pan mucho tiempo atrás, y de ellos datan las primeras evidencias arqueológicas de la utilización de la levadura en el pan como también el uso de hornos. Se cree que descubrieron la fermentación por casualidad. El pan para los

egipcios era tan importante que se consideraba como una moneda para pagar los jornales.

En la República Romana, había hornos públicos. Para los legionarios romanos era corriente que su dieta fuera en gran medida aceitunas y pan. En otras regiones como Alemania o Suecia, algunos habitantes que habían combatido en el ejército romano adoptaban el consumo de pan.

Con la caída del Imperio romano se produjo un desabastecimiento de trigo en casi toda Europa, que ya se había acostumbrado de manera masiva a su consumo. Las exportaciones hacia el norte desaparecieron por completo. Prueba de la amplia difusión del pan en esa época es la palabra inglesa "lady" que significa en inglés antiguo "la persona que amasa el pan". En Escandinavia, ante la escasez de trigo, la población tuvo que acostumbrarse a elaborar panes de centeno y de cebada, siendo corriente que se le añadiese a la masa corteza de pino molida.

En la Edad Media empiezan a elaborarse distintos tipos de pan ante la escasez de trigo, y como consecuencia de ello comienza su comercio; el pan blanco era un privilegio de los ricos y el pan negro de cebada, centeno o avena era para el resto de la población. Se hacía a mano, en el propio hogar o en hornos públicos. La ampliación progresiva del

sistema alimentario introdujo cambios en los hábitos dietéticos. El pan dejó de ser el elemento básico del régimen del conjunto de la población. Una mayor variedad de productos que permitía un mejor equilibrio en la alimentación, fortaleció la robustez y la talla de los individuos.

El pan fue sufriendo mejoras en su molienda, su horneado y poco a poco fue de un producto elaborado artesanalmente a un producto industrial al que se le añaden diversos aditivos. En la actualidad la maquinaria facilita en gran medida el trabajo, haciendo que el pan carezca de penosas tareas; se emplean amasadoras, hornos automáticos, transportadoras, enfriadoras, cortadoras y hasta máquinas para envolver. A finales del siglo XX se popularizan los panes integrales o negros.

2.2 Sabor del pan

En los alimentos el sabor procede de un conjunto de reacciones químicas que pueden dividirse fundamentalmente en dos tipos: procesos enzimáticos y no enzimáticos (como puede ser la reacción de Maillard).

Algunos autores han detectado que el sabor del pan procede de ácidos orgánicos volátiles producidos durante la fermentación, a

través de lípidos y las enzimas. Esta es la razón por la cual la fermentación adecuada es la que proporciona un sabor característico al pan.

2.3 Pan y salud

El pan se ha considerado, desde la antigüedad, como uno de los alimentos por excelencia. El pan es un alimento que contiene un 40% de agua (hay que saber que la pasta cocida llega a un 60%). Es un buen cálculo pensar que cien gramos de pan blanco tiene un aporte calórico aproximado de 250 calorías, su adecuación a la alimentación humana hace que sea incluido en los kits de supervivencia.

2.3.1 Enfermedades asociadas al consumo del pan

Desde el siglo XX se han presentado algunas inquietudes acerca de su consumo. El número de personas que sufren enteropatías de tipo celiaco que tienen reacciones al gluten es mayor y no es raro encontrar en panaderías panes con la etiqueta "*sin gluten*". Existen también casos donde se ha detectado alergias a la α -amilasa, pudiendo llegar a ser la causa de algunos angioedemas. Las dietas hipoglucémicas evitan el consumo de pan (en especial el pan de harina blanca refinada, porque posee un alto valor glucémico). Añadirle leche

alpan hace que las personas alérgicas a la lactosa puedan tener problemas.

El pan más evitado por los nutricionistas es el de harina blanca refinada, porque las harinas refinadas poseen tal grado de elaboración que varias de las propiedades de fibra dietética y de minerales se pierden en el refinamiento. Por tal razón es que cada vez más se encuentran panes de harinas no-refinadas en las panaderías. El contenido de ácido fítico hace que se disminuya la biodisponibilidad de minerales como el calcio, el magnesio, el zinc y el fósforo, aunque los procesos de elaboración del pan disminuyen la cantidad de ácido fítico en la masa.

A veces la calidad de los ingredientes añadidos al pan es causa de preocupaciones en el consumidor, como las enzimas aplicadas a la elaboración del pan que pueden provocar reacciones de sensibilidad a los mismos. En algunos casos los panes no completamente horneados pueden producir en algunas personas flatulencias. Entre los mejoradores del pan industrial se encuentra el bromato potásico empleado para endurecer las masas, prohibido por algunas agencias alimentaria por detectar posibles efectos cancerígenos.

Se cree que la incorporación a algunos panes blancos de un tipo de fibra que no se siente al paladar (Fiber Clear). Lo cual sería una excelente forma de consumir fibra, especialmente en personas que no gustan del sabor del salvado.

2.3.2 Nutrición

El pan aporta en una cantidad considerable hidratos de carbono de cadena compleja. Algunas proteínas (generalmente de bajo valor biológico), pudiendo llegar a contenidos de 9 g/100 g de pan. Su contenido en aminoácidos no incluye todos los aminoácidos esenciales, sino que presenta niveles bajos del aminoácido esencial, lisina (se suele compensar con la ingesta de otros alimentos como puede ser legumbres). Posee por regla general pocos contenidos grasos, casi siempre ácido oléico y linoléico.

Entre los micronutrientes que posee el pan y algunas trazas de calcio (debido al uso de leche que se hace en la elaboración industrial actual), hierro (es un gran aporte de este mineral), selenio, potasio, fósforo. El pan que tiene una harina con germen posee dos vitaminas del grupo B y que son la: tiamina (que favorece la salud en el sistema nervioso) y la niacina (que previene la pelagra). El pan posee también ácido fólico y una

cierta cantidad de carotenoides (aunque poca cantidad ya que fueron reducidos durante la fase de mezcla en la elaboración del pan).

Los panes de harinas poco refinadas son las que aportan una mayor cantidad de fibra a la dieta humana, no obstante el consumo de pan suele ser una de las fuentes mayoritarias de fibra. Los panes blancos de harinas refinadas son los que aportan una menor cantidad llegando hasta un 3%, el pan denominado como "integral" puede llegar a tener entre tres a cuatro veces más de fibra. El pan ocupa la base de la pirámide alimentaria en la zona de cereales y legumbres, lo que indica que puede consumirse al día en una cantidad relativamente moderada (comparado con otros alimentos) dentro de lo que se considera una dieta equilibrada. Por ejemplo en la dieta de un niño de un año ya se incluye el pan (así como los alimentos de los grupos alimentarios: carne, verduras y leche). Existen estudios que mencionan que un consumo de pan de centeno aporta en las mujeres sólo un 7,1 % de la proteína; un 1,2 % de lípidos y un 11,1 % de carbohidratos necesarios en RDI, mientras que en la dieta de un humano contribuye con un 5,9 % de la proteína un 1 % de la grasa y 9,3 % de carbohidratos, lo

que hace una contribución del total de 28,6 % de los nutrientes recomendados por Organización Mundial de la Salud.

2.4 Ingredientes

Los ingredientes básicos, y necesarios para la elaboración del pan son sólo dos: harina y agua. La sal es un componente opcional que da sabor y fortalece la masa. Según el tipo de pan se puede incluir como cuarto ingrediente la levadura. Las culturas y las características culinarias de las regiones inducen variantes a los ingredientes; la elaboración del pan da una forma determinada y proporciona un carácter propio a una región, o a una gastronomía.

2.4.1 Harina

Es el principal ingrediente del pan(es sólo el endosperma del cereal), consta de un cereal (o mezcla de ellos) que ha sido molido finamente obtener una textura en forma de polvo.

El proceso de panificación se comprende al entender que la harina es un conjunto de dos sustancias:

Gluten:

Conjunto de proteínas insolubles en agua derivados de los cereales molidos, son las responsables de proveer a la masa

un aspecto compacto como elchicle. El gluten también atrapa el dióxido de carbono liberado en la fermentación y avivar el 'hinchamiento' de la masa. Cuando las proteínas están en un medio seco son inertes, pero en medios acuosos las cadenas de aminoácidos empiezan a alinearse formando redes de proteínas que dan la textura final a la masa. El gluten se compone de glutenina (resistencia y fortaleza) y la gliadina (cualidad pegajosa a la masa). El gluten por no aporta aroma al pan.

Almidón:

Representa el 70% de peso de la harina y tiene la funcionalidad de energizar la futura planta al crecer. El almidón es en forma de gránulos que poseen dos moléculas de almidón distintas: la amilosa y la amilopectina. Estas dos moléculas se organizan en los gránulos con una estructura cuasi-cristalina que absorbe poca agua.

Los almidones reparten la humedad de forma homogénea durante el amasado y proporcionan una estructura semi-sólida a la masa. La harina junto con los lípidos proporcionan los olores característicos del pan.

El porcentaje de gluten define los tipos de harina: las harinas de fuerza poseen un alto contenido de gluten (puede superar el 11% de peso total), por tal razón un alto contenido de gluten hace que el amasado requiera más fuerza ya que la masa de estas harinas es más resistente al estirado manual. Al contrario, las harinas débiles tienen un contenido bajo en gluten que proporcionan masas más fáciles de manipular. Algunas variedades de cereales contienen más gluten que otras: la harina de trigo es rica en gluten y por ello crea una textura esponjosa, por el contrario las harinas de cebada o de avena poseen menos gluten y menos capacidad de retener el CO₂ (resultando masas menos esponjosas). También se encuentran mezclas de harinas de trigo con otros cereales pobres de gluten, incluso es habitual que se mezclen harinas de trigo de diferentes procedencias, y riqueza en gluten, para obtener harinas muy ricas destinadas a panes específicos. Existen clasificaciones de harina especiales que contienen indicaciones de la pureza y de la cantidad de endosperma, así como el contenido en cenizas.

La harina posee otras sustancias (porcentaje en peso inferior al 1%), lípidos, cuya misión es favorecer las uniones de las proteínas del gluten (gliadina y glutenina), contiene otros

hidratos de carbono (aparte del almidón) y algunas enzimas: las amilasas, proteasas (actúan sobre las proteínas del gluten, transformándolas en cadenas más cortas, la sal inhibe la acción de esta enzima) y las lipasas.

2.4.2 Agua

El agua activa las proteínas de la harina para que la masa adquiera textura blanda y moldeable. Además disuelve las sustancias añadidas a la masa, siendo muy necesaria para la marcha de la fermentación. La composición química del agua empleada afecta a las cualidades del pan. La proporción de agua empleada en la elaboración de la masa influencia la consistencia final. Suele aplicarse agua de tal forma que suponga un 43% del volumen total de la masa (o lo que es lo mismo un 66.6% del peso de la harina, o la harina es 1 y 1/2 veces el peso de agua).

Si se pone un contenido acuoso inferior al 43% la masa es menos extensible y más densa. No obstante la cantidad de agua que absorbe una harina depende del tipo de cereal empleado en su elaboración y de la composición de proteínas (las harinas de alto contenido proteico absorben más agua). El tipo de pan puede influenciar también la proporción final de

agua en la masa y puede acabar siendo un tema de preferencia del panadero que elabora el pan. Los panaderos usan un sistema de porcentajes denominado tasa de hidratación, también conocido como "porcentaje de panadero"; en la que el peso de la harina representa un porcentaje de 100, el resto de los ingredientes se miden como porcentajes sobre la harina. El agua puede representar desde un cincuenta por ciento en panes ligeros, hasta un setenta por ciento en panes más artesanos. Algunos panaderos pueden llegar al ochenta por ciento de agua.

La calidad y composición de las aguas influyen en la formación de la masa, se sabe que las aguas con un carácter ácido endurecen la red de gluten, mientras que las alcalinas suavizan la masa. Esta es la razón por la que a veces se emplean aguas minerales o filtradas en la elaboración de la masa para evitar que estas variables afecten negativamente a la masa final; matando, o inhibiendo, por ejemplo las levaduras.

Las aguas fluoradas pueden llegar a detener la fermentación. El medio líquido de la mezcla puede también contener otras sustancias líquidas con una función similar a la del agua, como puede ser la leche, el suero de mantequilla, bebidas

alcohólicas como puede ser el vino o la cerveza o whisky de malta e incluso mezclas avinagradas diversas.

Algunas investigaciones muestran que el proceso de hidratación de la masa tras su mezcla con el agua puede llevar entre 10-20 minutos, tiempo que es necesario para reposar la masa y dejar que se 'impregne' por completo. Conviene retrasar la adición de levadura hasta que la masa se haya hidratado bien, tras este periodo de 'reposo'.

La dureza del agua puede influir en la elaboración del pan debido a que poseen sales minerales que favorecen la fermentación con las levaduras, por regla general las aguas de dureza media son preferibles para la elaboración del pan. Si es el agua dura la masa tendrá dificultad para llegar a su punto de resistencia.

2.4.3 Sal

La sal es un ingrediente opcional en algunos panes, la misión de la sal es la de reforzar los sabores y aromas del propio pan, y también afectar a la textura final de la masa (pueden alcanzar hasta un 2% del peso total de la harina).

Los panes tradicionales no suelen llevar sal, sin embargo algunas masas como los croissant o los brioche, poseen grandes cantidades (por encima del 3%) con el objeto de reforzar y balancear el sabor de la mantequilla. Se suelen emplear en la elaboración de panes sales marinas a ser posible con poco grado de refinamiento y que se mezclan en las primeras fases de amasamiento de la harina. Sea como sea, la mayoría de las recetas que añaden la sal hablan del empleo de sales no-refinadas, como pueden ser la sal negra, la sal ahumada, etcétera. La sal contribuye de una forma indirecta a la formación del color marrón de la corteza del pan, debido a que retarda la fermentación y esto genera un "exceso" de azúcares que favorecen durante el horneado la formación de estos colores dorados de la corteza. La sal tiene además un ligero efecto fungicida, su presencia en el pan permite alargar su vida comestible.

En algunos casos, se aconseja añadir la sal tras el completo fermentado del pan para evitar la muerte o inhibición de las levaduras (proceso conocido como autólisis). En el método de autólisis la sal y la levadura se añaden tras un reposo de 10-20 minutos. Algunos autores opinan que la sal retrasa el efecto de la levadura, prolongando de esta forma la fermentación (las

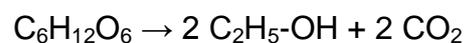
levaduras buscan los azúcares de la harina y la sal hace más difícil el trabajo fermentativo). La sal se emplea a veces como un elemento decorativo y suele ubicarse en forma de gruesos granos en la superficie de la corteza: como es en el caso de los Pretzel.

2.4.4 Levadura

La levadura es un conjunto de microorganismos unicelulares que tienen por objeto alimentarse del almidón y de los azúcares existentes en la harina. Las levaduras forman parte de la familia de los hongos. Este proceso metabólico da lugar a la fermentación alcohólica cuyo resultado es etanol (cuya fórmula química es: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$), dióxido de carbono (CO_2) en forma de gas. El gas liberado hace que la masa del pan se hinche, aumentando su volumen. El alcohol etílico se evapora durante el horneado del pan, debido a las temperaturas alcanzadas en su interior. A pesar de haber empleado las levaduras en la fermentación del pan desde hace ya casi más de 6000 años, fueron tan solo comprendidas hasta el advenimiento de las investigaciones realizadas por Louis Pasteur que dieron luz a la explicación científica de la fermentación como un proceso biológico. La clave del empleo de las levaduras es la

generación gaseosa que hincha la masa mezcla de harina y agua. Se sabe que el proceso de fermentación es altamente dependiente de la temperatura y que se produce a su máxima velocidad a los 35°C. Las levaduras se incorporan durante las primeras etapas de mezcla entre la harina y el agua.

Hoy en día se conocen casi más de 100 especies diferentes denominadas como levaduras; algunas de ellas son responsables de causar infecciones, otras levaduras contribuyen a la degeneración y putrefacción de los alimentos. De todas ellas, una especie en particular es la responsable de causar la fermentación del pan, se trata de la *Saccharomyces cerevisiae*. Esta levadura es igualmente la causante de la fermentación del vino y de la cerveza. El metabolismo de la levadura puede expresarse en forma de reacción química sencilla de la siguiente forma:



Lo que significa: una molécula de glucosa (que puede ser el almidón de la harina) mediante la acción del metabolismo de las levaduras acaba en dos moléculas de etanol y dos de dióxido de carbono (gas). El gas queda atrapado en la red de la

gluteina y aumenta el volumen de la masa (disminuyendo su densidad).

Bajo la denominación de levaduras podemos encontrarnos con tres tipos (siempre del tipo *s. cerevisiae*) en los establecimientos:

Levadura seca:

Se obtiene de los tanques de fermentación y posteriormente se desecan para detener los procesos metabólicos de las levaduras. Las levaduras secas se reactivan cuando son introducidas en un medio acuoso templado (25°C-30°C) de nuevo antes de ser mezcladas en la masa, en este caso se denominan levaduras activas. Existen levaduras denominadas como instantáneas que no necesitan ser pre hidratadas y que se mezclan con la harina y el agua al mismo tiempo, por regla general proporcionan dióxido de carbono de forma más vigorosa que las levaduras activas. Se emplean cada vez más este tipo de levaduras secas instantáneas por la rapidez de su trabajo y su larga vida media.

Levadura fresca:

Obtenida inmediatamente de una fermentación y posteriormente refrigerada en forma de cubos (de 50 g aproximadamente) con textura de pasta comprimida que poseen una vida útil de escasas semanas. Los elaboradores de pan suelen preferir este tipo de levadura, el problema es que posee una vida media inferior a otras levaduras. La levadura fresca es similar a la levadura seca, la única consideración es que debe emplearse el doble; por ejemplo, si una receta de pan indica 25 gramos de levadura seca, en ese caso se empleará el doble de levadura fresca (es decir 50 g).

Levadura química:

Se trata de compuestos químicos capaces de generar gases (generalmente dióxido de carbono), tal y como lo haría una levadura. En algunos casos el componente alcalino denominado bicarbonato de sodio (NaHCO_3 , denominado en inglés como: baking soda) mezclado con un medio ácido como puede ser zumo de limón, o de frutas, chocolate, etcétera.

Levaduras naturales:

Son aquellas presentes en el propio cereal, en la atmósfera, etcétera. Estas levaduras se caracterizan por un lento proceso

de fermentación (proporcionan menos dióxido de carbono), pero proporcionan un 'sabor clásico' al pan realizado con ellas.

La cantidad de levadura que emplea el panadero puede variar dependiendo del tipo de masa que se quiera elaborar y puede oscilar entre el 0,5 - 4% del peso de la harina (en el caso de levaduras secas se divide entre dos la cantidad total empleada). A veces se suele incluir prefermentadores (en inglés se denomina poolish) a la harina con el objeto de mejorar los efectos de las levaduras en la harinas y para ello se emplean diversos métodos como puede ser el fermento de masa ácida que se trata de un cultivo de las levaduras existentes en el aire para que se cultiven en la harina y acaben formando un fermento (denominado a veces también como masa madre), la formación de este fermento genera dióxido de carbono (CO_2) y ácido láctico ($\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{OH})-\text{COOH}$). Las especies de levaduras empleadas en este tipo de levaduras madre es el *Lactobacillus plantarum*, *L. delbrueckii*, *L. sanfrancisco*.

Tradicionalmente las levaduras se incorporaban a la masa utilizando los restos de la masa del pan elaborado durante el día anterior, en lo que se denominaba masa madre.

2.4.5 Otros ingredientes:

Se suelen añadir otros ingredientes a los anteriormente mencionados, bien con el objeto de mejorar la fermentación: como puede ser el caso del azúcar, o con el objeto de mejorar el sabor, para eso se añaden en algunos lugares especias diversas (pan especiado). Es frecuente que se le añadan otros elementos como grasas (mantequilla, tocino de cerdo), semillas diversas (pipas de girasol, sésamo, etc.), frutas (banana, cebollas), leche en polvo, etcétera. También se suele añadir huevo, bien sea la yema o la clara. En algunos casos resulta interesante que se le añadan los granos del cereal ligeramente molidos e incluso malteados (añade enzimas que favorecen el fermentado de la masa). En algunos casos es posible incluir algún embutido o incluso fiambre picado, como puede ser chorizo (como en el caso del bollo preñado) o jamón, pudiendo a llegar a poner en algunas culturas hasta pescado.

Los panes de elaboración industrial poseen cantidades apreciables de leche (o incluso la adición de leche en polvo) con el objetivo de incrementar el contenido de lisina en el pan. En algunos casos el pan es considerado desde la industria como un alimento funcional y se le añaden vitaminas (suele

denominarse a este tipo como "pan enriquecido"). El contenido de azúcar es en el caso del pan de molde muy acusado. Algunos ingredientes de la panadería industrial suelen ser enzimas diversos como la amilasa, que se añade para favorecer la fermentación y que el pan se haga de forma más homogénea.

Una de las aplicaciones más frecuentes de la industria bioquímica en el uso de enzimas es la panadería. Algunas enzimas como la fitasa fúngica se añaden al pan con el objetivo de reducir el contenido de ácido fítico, el cual se considera una sustancia antinutritiva por disminuir la biodisponibilidad de minerales tales como calcio, zinc, magnesio, hierro y fósforo. Se suele incluir en las harinas la α -amilasa ya que cambia las propiedades químicas (degrada los azúcares complejos del pan en azúcares más sencillos en la fermentación) y físicas (en la miga, la hace más suave). Se emplea la proteasa, lipoxidasas.

El empleo de diversos productos que se mezclan con la harina y que mejoran los rendimientos de producción del pan se denominan mejoradores para pan y se llevan empleando en la industria panadera desde 1950. Otros de los aditivos empleados son los antioxidantes con el objeto de mantener las

propiedades del pan lo más estables posibles, uno de los más polémicos empleados son el hidroxibutilanisol (BHA) y el hidroxibutiltolueno (BHT).

Se suele añadir a la masa ácido ascórbico (vitamina C) con el objeto de reforzar las propiedades físicas del pan (útil en especial en grandes piezas), al mismo tiempo que acelerar su maduración, el ácido ascórbico se elimina por completo durante el horneado. La lecitina suele añadirse por ser un emulsificante. El propionato cálcico como fungicida evitando la aparición de hongos.

2.5 Proceso para la elaboración del pan

La elaboración del pan es un conjunto de varios procesos en cadena. Comienza con los ingredientes en sus proporciones justas y las herramientas para su elaboración dispuestas para realizar las operaciones y acaba con el pan listo para ser servido. Dependiendo de los panaderos se añaden más o menos procesos a la elaboración, aunque básicamente hay cuatro: mezcla, reposo, horneado y enfriado.

Por regla general los procesos de panificación si se requiere precisión, se suele hablar de las cantidades en unidades de peso, no de volumen.

2.5.1 Formación de la masa

La formación de la masa se compone de dos subprocesos: la mezcla y el trabajado (amasado). La masa comienza a formarse justo en el instante cuando se produce la mezcla de la harina con el agua. En ese momento el medio acuoso permite que aparezcan algunas reacciones químicas que transforman la mezcla en una masa casi 'fibrosa', esto es debido a las proteínas de la harina (gluten) que empiezan a alinearse en cientos de cadenas. Al realizarse la mezcla entre la harina y el agua, formándose la primera masa antes de ser trabajada; algunos panaderos opinan que es mejor dejar reposar aproximadamente durante 20 minutos con el objeto de permitir que la mezcla se haga homogénea y se hidrate por completo (permite actuar a las moléculas de glutenina y de gliadina en la harina).

La elaboración de la masa se puede hacer a mano o mediante el empleo de un mezclador o incluso de un robot de cocina (estos últimos tienen la ventaja de exponer la masa durante poco tiempo al oxígeno de la atmósfera).

Algunos panaderos mencionan la posibilidad de airear la harina antes de ser mezclada para que pueda favorecer la acción del

amasado. Durante la fase de mezclas algunas enzimas (lipooxigenasa y polifenol oxidasa) actúan en la destrucción de los carotenoides. Al acto de **trabajar** la masa se denomina **amasar**. En otros idiomas este verbo es más específico de la masa de harina, como puede ser kneading (knead) en inglés que viene a significar algo así como 'comprimir en una bola', en francés se denomina pétrissage.

La masa se trabaja de forma física haciendo primero que se estire con las manos para luego doblarse sobre sí misma, comprimirse (se evita la formación de burbujas de aire) y volver a estirar para volver a doblar y a comprimir, repitiendo el proceso varias veces. Procediendo de esta forma se favorece el alineamiento de las moléculas de gluten haciendo que se fortalezca poco a poco la masa y permita capturar mejor los gases de la fermentación. Esta operación de amasamiento hace que la masa vaya adquiriendo progresivamente 'fortaleza' y sea cada vez más difícil de manipular: las masas con mayor contenido de gluten requieren mayor fuerza en su amasado y es por eso por lo que se denominan masas de fuerza. Que la masa sea 'sobre trabajada' es un problema en la panadería industrial debido al empleo de máquinas especiales para ello: amasadoras. En ocasiones muy raras, ocurre este fenómeno

cuando se trabaja la masa a mano. Otro proceso de formación de la masa es a través de la maquina amasadora.

Amasadora:

Máquina accionada por un conjunto de mecanismos que se encarga de mezclar ingredientes de un producto con la finalidad de airear la masa.

Tipos de amasadoras

Las amasadoras que se emplean y construyen actualmente son:

- Amasadora de espiral
- Amasadora de brazos
- Amasadora de eje oblicuo
- Otros (amasados rápidos)

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 (autolisis o proceso de fermentación global) o incluso reposar unos minutos la masa antes de la división.

La amasadora espiral

En 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 fuerza inicial, por lo que es apta para la fabricación de barras con entablados automáticos así como para el pan precocado, 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 a la vez que un mayor recalentamiento y menos.

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.

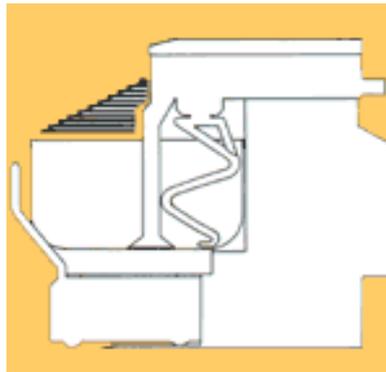


FIGURA 2.1. AMASADORA EXPIRAL

La amasadora de brazos

Se utiliza para masas de bollería y pastelería, masas blandas (chapata, hogaza, etc.), 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 pre cocidos, 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.



FIGURA 2.2. AMASADORA DE BRAZOS

La amasadora de eje oblicuo

Está equipada con un motor de dos velocidades: una lenta para el preamasado y masas duras (40/45% de agua) y otra rápida para masas más blandas (60/80% de hidratación). 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.

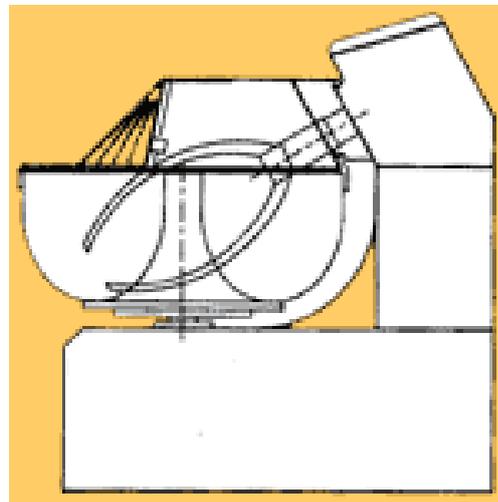


FIGURA 2.3 AMASADORA DE EJE OBLICUO

La operación de amasado se suele realizar en una superficie aceitada para favorecer el manejo y evitar que la masa pegajosa se adhiera a la superficie.

La adición de otros elementos a la masa como pueda ser mantequilla, aceite, huevos, etc. por regla general lo que hace es retrasar el desarrollo de la masa debido al contenido de lípidos. Ésta es la razón por la que la elaboración de masas como la del brioche (que poseen desde un 40% hasta un 70% de mantequilla en relación con la harina) suelen ser completamente mezcladas antes de que se le añada el azúcar y la mantequilla.

2.5.2 Fermentación y reposo

La fermentación del pan ocurre en diversas etapas. La denominada 'fermentación primaria' empieza a ocurrir justamente tras el amasado y se suele dejar la masa en forma de bola metida en un recipiente para que 'repose' a una temperatura adecuada.

Durante esta espera la masa suele adquirir mayor tamaño debido a que la levadura (si se ha incluido) libera dióxido de carbono (CO₂) durante su etapa de metabolismo: se dice en

este caso que la masa fermenta. La masa parece que se va 'inflando' a medida que avanza el tiempo de 'reposo'.

La temperatura de la masa durante esta fase del proceso es muy importante debido a que la actividad metabólica de las levaduras es máxima a los 35 °C, pero de la misma forma a esta temperatura se produce CO₂ a mayor ritmo pero al mismo tiempo también malos olores. Es por esta razón que se sugiere emplear temperaturas inferiores, rondando los 27 °C lo que supone un reposo de aproximadamente dos horas. La temperatura gobierna este proceso de fermentación, a mayor temperatura menor tiempo de reposo. A veces algunos panaderos desean que las levaduras actúen durante el mayor tiempo que sea posible ya que este periodo dilatado con un mayor aroma y sabor al pan. En algunos casos se hace uso de frigorífico.

El final de la fermentación primaria lo indica el volumen de la masa 'hinchada' (se menciona a veces que debe doblar el volumen), la red de gluten se estira hasta llegar a un límite que no puede sobrepasar. Una de las pruebas más populares para comprobar que se ha llegado al límite es presionar la masa con un dedo, y se comprueba que la marca permanece, entonces

se deduce que el gluten se ha estirado hasta su límite. A veces se emplea en el primer reposo una cesta de mimbre denominada banneton.

En algunos casos se comprueba que una larga fermentación (y por lo tanto reposo) hace que el resultado final del pan sea agradable. Es por esta razón que desde 1920 se empezó a experimentar con la posibilidad de dividir los procesos en dos turnos de trabajo: por el día mezclaban, amasaban y moldeaban la masa, por la mañana temprano hacían el horneado. Para poder hacer esto metían los panes moldeados en refrigeradores con el objeto de retrasar la fermentación y poder hacer el horneado por la mañana. Las levaduras se toman casi diez veces más tiempo en fermentar si están en el refrigerador, esta práctica de retardo es muy habitual hoy en día.

Tras el reposo se produce una segunda fermentación; antes de que ésta ocurra se le suele dar a la masa su forma definitiva: barra, trenza, etcétera. Hay panaderos que vuelven a dar un ligero amasado antes de proporcionar la forma definitiva, con el objetivo de elongar las burbujas de gas en la masa. Esta segunda fermentación es previa al horneado. A veces se

introducen cortes con un cuchillo en la superficie de la masa para que queden formas agradables a la vista al mismo tiempo que sea más fácil partir tras el horneado.

2.5.3 Horneado:

En esta fase del proceso de elaboración del pan se suele emplear una fuente de calor que en la mayoría de los casos se trata de un horno, tradicionalmente solía ser de leña y que hoy en día son de electricidad o gas. Además del horneado también puede cocinarse en sartén, cazuela, parrilla, en cenizas, o directamente sobre el fuego. Los hornos antiguos eran de arcilla, piedra o ladrillo lo que permitía almacenar gran cantidad de energía calorífica, la forma de operar de estos hornos era muy sencilla, se introducía madera que se ponía a arder y cuando las brasas quedaban (lo que permitía alcanzar una temperatura entre 350 °C y 450 °C) se retiraban y se introducían las masas moldeadas de pan. Hoy en día se emplean en las panaderías hornos de gas o de electricidad que no sobrepasan los 250 °C.

La cocción estándar se realiza a temperaturas comprendidas entre 190° y 250 °C, dependiendo del tamaño del pan y el tipo de horno. La duración del horneado puede oscilar entre los 12 y

16 minutos para los panes pequeños, alcanzando más de una hora para las piezas más grandes. La medida exacta se encuentra siempre en la experiencia de cada panadero. Los 10 primeros minutos de la cocción suelen resecar el ambiente del horno y es esta la razón por la que suele pulverizarse agua para prevenir este resecamiento inicial, algunos autores aconsejan introducir cubitos de hielo en las bandejas inferiores para que tomen su tiempo en derretirse y proporcionar vapor en el momento apropiado.

Los hornos profesionales suelen tener la posibilidad de inyectar vapor en estas fases del horneado. Las diferencias de temperatura alcanzadas entre la miga interior y la corteza pueden alcanzar los 100 °C, por lo que conviene asegurarse que el interior alcanza esta temperatura para poder garantizar la erradicación de los posibles organismos patógenos que hayan quedado en la masa.

Dependiendo del tipo de pan, de si se ha empleado levaduras o no, la masa puede sufrir un crecimiento dentro del horno.

Sea como sea el horneado, con su elevada temperatura "mata" las levaduras (si se hizo el pan con levadura), pero la 'aireación' que hinchó la masa tras la fermentación permanece. Desde el

punto de vista reológico el horneado convierte una masa visco elástica en un pan elástico. La masa es un gel que en el caso de los panes fermentados retiene dióxido de carbono en su interior, mientras que el pan horneado es una esponja que resulta permeable al gas.

El proceso de transformación ocurre a ciertas temperaturas en el interior del horno: en torno a los 70 °C. Algunos panaderos han diseñado dispositivos para calentar la masa desde el interior y provocando un crecimiento homogéneo de la masa, estos panes no poseían corteza. En el horneado la temperatura crece progresivamente desde el exterior al interior. El color de la corteza oscuro se debe a la reacción de Maillard, a veces se modula este color con aditivos.

2.5.4 Enfriamiento

Tras la cocción en el horno sobreviene directamente el enfriamiento del pan debido a que se extrae de la fuente primaria de calor y poco a poco va enfriándose, debe decirse que en este proceso la capa de la corteza suele tener muy poca humedad y muy alta temperatura (la corteza tiene una humedad relativa del 15% mientras que la miga un 40%). Durante el enfriamiento la humedad interior de la miga sale al exterior a

través de la corteza, la velocidad de pérdida de humedad dependerá en gran parte de la forma que posea el pan. El desecado interior va dando firmeza al almidón. No suele aconsejarse ingerir el pan cuando está recién salido del horno, el proceso de enfriamiento es igualmente un proceso de 'maduración', este proceso es más necesario incluso para aquellos panes que han necesitado de masas ácidas en su elaboración.

2.6 Almacenamiento

El almacenamiento del pan es un tema de interés para la industria panadera debido a que se trata de un producto relativamente perecedero al que se le añaden a veces ciertas sustancias químicas para que posea una vida media superior. La aceptación cada vez menor de los consumidores a este tipo de actividades ha hecho que se abra en ciertas ocasiones una polémica.

El almacenamiento evita los cambios físicos y químicos en el pan debido a las actividades microbianas principalmente. El resultado de esos cambios resulta en un cambio de las propiedades organolépticas (aroma y textura) que induce al consumidor a deducir que el pan no es fresco'. En algunas ocasiones se vende en los supermercados pan congelado, que evidentemente soporta mayor tiempo de vida que un

pan envasado en bolsas de plástico. Hoy en día se sabe que la retrogradación de los almidones del pan a formas cristalinas es una de las principales causas de la dureza del pan. Otros factores que afectan al 'ratio' con el que se pone duro (firmeza) han sido investigados como puede ser la temperatura de almacenamiento, el contenido húmedo (denominado como actividad acuosa: a_w) del pan, cambios en la estructura del gluten y la migración de la humedad durante su almacenamiento.

Los procesos que causan que el pan se ponga rancio y duro empiezan durante la fase final de enfriado (es decir al salir del horno), comenzando incluso antes de que el almidón se haya solidificado. Durante el almacenamiento la miga del pan se va poniendo cada vez más dura, seca y crujiente.

En este proceso la corteza se va haciendo más blanda y húmeda. Se atribuye por regla general este proceso a un resecamiento de la miga del pan. Se puede decir que el proceso de envejecimiento del pan se debe principalmente a la aparición de dos sub-procesos que aparecen de forma separada: la rigidez causada por la transferencia de humedad desde la miga a la corteza y la rigidez intrínseca de las paredes celulares asociada a la re-cristalización durante el almacenamiento. Durante el envejecimiento, el contenido húmedo de

la corteza va aumentando como resultado de la migración hacia fuera desde su interior. Si se envuelve el pan en una lámina anti-humedad se acentúa la degradación de la corteza haciendo que la humedad de la miga no migre hacia afuera.

Sin embargo se aconseja el embalado del pan debido a que reduce la pérdida global de humedad a la atmósfera. Se ha comprobado que calentar el pan a temperaturas cercanas a los 60 °C hace que se pueda revertir el proceso de dureza en el pan. Esto ocurre debido a que las moléculas retenidas en la estructura de los glóbulos de almidón se liberan y además los geles de las amilosas vuelven a ser tiernas de nuevo.

Esta es la razón por la que el pan duro a veces se pone blando en el horno a temperaturas ligeras (por debajo de los 60 °C). Se aconseja para evitar el endurecimiento del pan que si se va a consumir en uno o dos días se almacene en una panera o en una simple bolsa de papel ya mantiene la humedad perfectamente. Si se va a consumir el pan en más de dos días se aconseja meterlo en una bolsa de plástico y congelarlo por completo. Almacenar en la nevera tan sólo si se va a recalentar antes de ser ingerido (como por ejemplo las tostadas).

Comparado con otros alimentos, el pan contiene poca agua, y esto significa que puede ser contaminado por hongos si no es

adecuadamente almacenado. Las especies de hongos azules que suelen atacar el pan son: *Aspergillus* y *Penicillium* así como las especies de *Monilia sitophila*. En los panes de origen industrial se suelen añadir tras el fermentado algunos antifúngicos con el objeto de evitar la degradación por hongos y poder almacenar durante más tiempo el pan. Uno de los más empleados es el propionato cálcico (E-282 de fórmula $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO})_2$) al 0,2 %. Algunos de los microorganismos fúngicos más frecuentes en el pan durante esta fase son el *Rhizopus nigricans*, el *Penicillium expansum*, *P. stoloniferum* y el *Aspergillus niger*. Entre los microorganismos no-fúngicos contenidos en el pan se encuentra el *Bacillus subtilis*.

CAPITULO 3

1. LA AMASADORA COMO EQUIPO DE PANIFICACIÓN EN EL MEDIO LOCAL

En esta parte de la tesis nos enfocamos en la parte descriptiva y análisis del problema; aplicando las herramientas estadísticas en las preguntas de la encuesta dirigida a los panificadores de la ciudad de Quevedo. Se inicia definiendo en términos concretos los motivos por los que se desarrolló el presente proyecto, tomando como punto de partida las microempresas dedicadas a la producción de pan, específicamente en la ciudad antes mencionadas. A continuación se da un preámbulo de las técnicas estadísticas que se emplearon en el

análisis de las preguntas encuestadas para finalizar con la justificación del problema tomando como referencia los resultados obtenidos.

3.1 Definición del problema

En este primer punto del capítulo citamos las necesidades que presentan los panificadores y sus clientes, empezando con la gran demanda (clientes) que tiene este producto alimenticio sabiendo que actualmente es de consumo vital en la mayoría de hogares en el mundo entonces se puede concluir que es un producto de consumo masivo y como tal necesita obligatoriamente de calidad e higiene por ser alimenticio; es allí donde nace la necesidad de diseñar y construir una máquina amasadora de pan misma que ayudará en los procesos de producción del pan, siendo el más importante y el que demanda esfuerzo físico de parte de los panificadores el amasado, por lo que se da el contacto corporal con la materia prima y el producto por lo urge la necesidad de la elaboración del proyecto.

3.2 Encuestas dirigidas a los panificadores para la obtención de Datos

Dentro de este punto tenemos que las encuestas tienen la finalidad de determinar y concluir los aspectos relevantes que justifiquen el

problema en si el desarrollo de esta tesis. El cuestionario de preguntas está estructurado de la siguiente manera: son doce preguntas del tipo opción múltiple, estas (encuestas) fueron llevadas a cabo personalmente por el coordinador del proyecto (Ver en el Apéndice A).

3.3 Técnicas estadísticas para la identificación de problemas: Análisis de Pareto y Diagrama de Causa-Efecto.

Entre las técnicas estadísticas utilizadas están los diagramas de Pareto y Causa - Efecto. Estas se definen a continuación.

Diagrama de Pareto

Concepto: El diagrama de Pareto es un gráfico de barras, que ilustra las causas de los problemas de un proceso en orden de severidad según la frecuencia. Esta herramienta estadística fue desarrollada a principios del siglo XX por Wilfredo Pareto (1848-1923), un economista italiano que realizó un estudio sobre la riqueza y la pobreza, y descubrió que el 20% de las personas controlaba el 80% de las riquezas. De aquí proviene la expresión común de **la regla del 80/20**.

Procedimientos para elaborar el diagrama de Pareto:

- Decidir el problema a analizar.

- Diseñar una tabla para conteo o verificación de datos, en el que se registren los totales.
- Recoger los datos y efectuar el cálculo de totales.
- Elaborar una tabla de datos para el diagrama de Pareto con la lista de ítems, los totales individuales, los totales acumulados, la composición porcentual y los porcentajes acumulados.
- Jerarquizar los ítems por orden de cantidad llenando la tabla respectiva.
- Dibujar dos ejes verticales y un eje horizontal.
- Construya un gráfico de barras en base a las cantidades y porcentajes de cada ítem.
- Dibuje la curva acumulada. Para lo cual se marcan los valores acumulados en la parte superior, al lado derecho de los intervalos de cada ítem, y finalmente una los puntos con una línea continua.
- Escribir cualquier información necesaria sobre el diagrama.

Para determinar las causas de mayor incidencia en un problema se traza una línea horizontal a partir del eje vertical derecho, desde el punto donde se indica el 80% hasta su intersección con la curva acumulada. De ese punto trazar una línea vertical hacia el eje horizontal. Los ítems comprendidos entre esta línea vertical y el eje izquierdo constituyen las causas cuya eliminación resuelve el 80 % del problema.

Ventajas de un diagrama de Pareto.

- Es muy útil en la determinación de la causa principal durante un esfuerzo de resolución de problemas.
- Permite ver cuáles son los problemas que más afectan a un proceso, permitiendo establecer prioridades de resolución.

Desventajas de un diagrama de Pareto:

- Muchas veces las barras en una gráfica son más o menos de la misma altura y al sumar para obtener la acumulada quedan algunas sin ser tomadas en cuenta, es decir se pasan por alto problemas que posiblemente afectan en gran medida a determinado proceso.
- Algunas veces se necesitan más de la mitad de las categorías para sumar el 80% de los efectos en un proceso.

Diagrama de Causa-Efecto

Concepto: Un diagrama de Causa-Efecto es la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto). Esta herramienta fue desarrollada en 1943 por el profesor Kaoru Ishikawa (1915-1989) en Japón.

El diagrama de Causa-Efecto, proporciona una descripción de las causas probables de un problema, lo cual facilita su análisis y

discusión. También puede utilizarse como herramienta para representar propuestas de resolución de problemas. Para la elaboración del diagrama previamente se debe:

- Identificar el problema específico a ser resuelto.
- Desarrollar un claro entendimiento del proceso.
- Descomponer el problema en sus posibles partes.

Construcción del diagrama Causa- Efecto

Para la construcción del diagrama Causa-Efecto se debe:

- a) Definir el problema (efecto) claramente.
- b) Realizar sesión de “Tormenta de Ideas”, para enumerar todas las posibles causas.
- c) Clasificar las causas en categorías.
- d) Elaborar el diagrama, para ello debe:
 - Escribir el efecto a la derecha, y trazar una flecha de izquierda a derecha.
 - Ubicar las causas en categorías o grupos, trazando flechas secundarias en dirección a la principal.

- Incorporar a cada una de estas flechas secundarias, los factores detallados que pueden ser considerados como actuantes en cada categoría. Estas formarán las ramificaciones secundarias.

Estudio de mercado

Finalidad del estudio de mercado.

El estudio de mercado permite que cualquier iniciativa de negocios tome decisiones confiables y eficaces en cuanto a costos, forma, tamaño y capacidad del producto que se desea expender.

La investigación de mercados nos ayudará a edificar y manejar las relaciones con los futuros clientes de la ciudad de Quevedo, lugar en el cual se centrará nuestro estudio para la construcción de la máquina amasadora.

Para conocer las características del medio, en lo concerniente a la fabricación de pan, se va a realizar una entrevista profunda, a través de una encuesta, lo que nos permitirá detectar y cuantificar las necesidades que supliremos con la amasadora industrial. Necesidades insatisfechas en cuanto a disminución de desgaste físico, limpieza a la hora de manipular la materia prima y calidad del producto.

Se recolectará datos que nos proveerá información primaria relacionada a:

- Número de empresas familiares y empresas privadas
- Conocimiento de los panificadores
- Edad de los trabajadores
- Cantidad de producto elaborado por día
- Frecuencia de producción diaria.
- Expectativas sobre una máquina nueva
- Capacidad necesaria de una máquina amasadora para suplir las necesidades de producción actual.

Generalidades del mercado

La producción de pan en la ciudad de Quevedo es un área económica de elevada importancia, alrededor de 50 panaderías realizan esta actividad, las mismas que demandan equipos, mano de obra y materia prima de excelente calidad. Las panaderías en su mayoría trabajan largas jornadas ya que la elaboración del producto demanda diferentes tareas y procesos, tales como mezcla de ingredientes, amasado, formación y fermentación, para la entrega de un buen producto con un sabor y calidad.

3.4 Justificación del diseño de la amasadora

Aceptación de la máquina amasadora de pan

Análisis de la Pregunta 1

¿Qué tipo de empresa usted posee?

En esta pregunta nos centraremos en identificar el número de empresas familiares y empresas privadas. Como Empresas Familiares consideramos a los negocios donde el representante de la misma es el panificador y sus ayudantes son familiares; Empresas privadas, a los negocios en los cuales el dueño es un inversionista y posee empleados trabajadores para elaborar los productos de panificación.

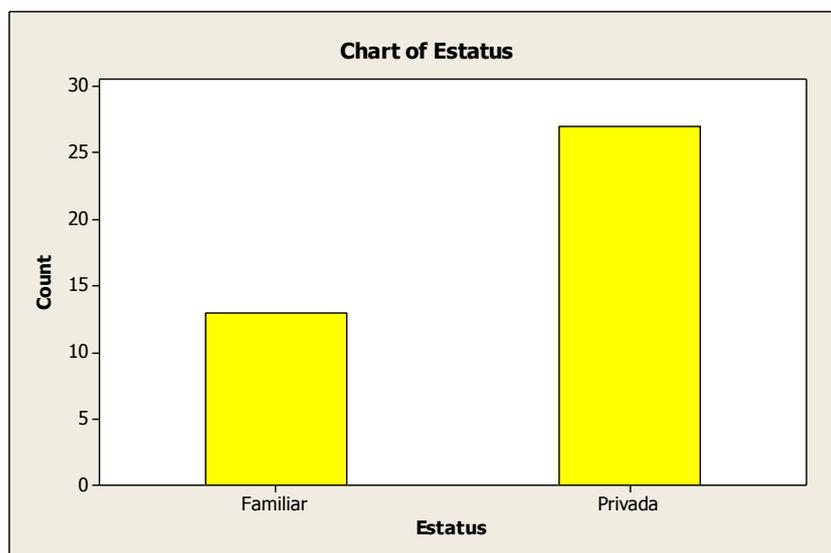


FIGURA 3.1 GRÁFICA DE BARRAS 1

Según la Figura 3.1, de las 40 encuestas realizadas observamos que 13 panaderías son consideradas Familiares y 27 Privadas, es decir un 32.5 por ciento son familiares y 67.5 por ciento Privadas, tal como se muestra en la figura 3.2.

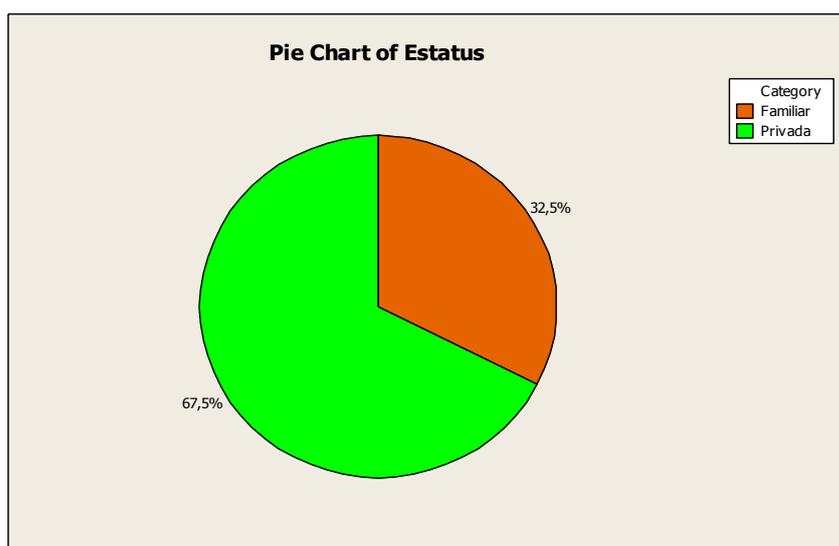


FIGURA 3.2 GRÁFICA DE SECTORES 1

Análisis de la pregunta 2

¿Qué otros productos expenden?

En esta pregunta, buscamos conocer que otros productos, expenden las empresas vinculadas con el sector panificador en la ciudad de Quevedo.

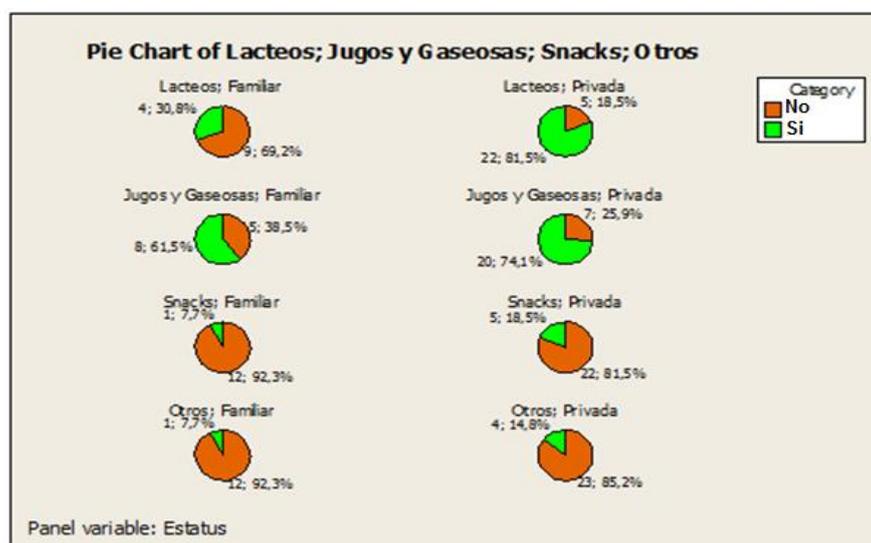
Del total de las empresas se observa que en la mayoría se expende lácteos, jugos y gaseosas. El 30.8% de las empresas familiares

expende lácteos, mientras que el 81.5% de las empresas privadas también lo hace.

El 71.5% de las empresas familiares comercia jugos y gaseosas, ante el 74.1% de empresas privadas.

El 7.7% de empresas familiares vende snacks, ante un 18.5 de empresas privadas que de igual manera los comercializa.

El 7.7% de las empresas familiares expende otro tipo de producto tales como artículos de limpieza personal, comestibles, recargas electrónicas, etc., ante un 14.8 de empresas privadas que también lo hace; Tal como lo especifica la figura 3.3.



F

FIGURA 3.3 GRÁFICAS DE SECTORES 2

En la Figura 3.4, se observa que del total de las empresas encuestadas, un 65% de ellas, expende productos lácteos; un 70% vende colas y gaseosas; un 15 % expende snacks y un 12.5% comercializa otros productos.

En lo concerniente a la pregunta 3, concluimos que en las mayoría de las empresas se expende lácteos, jugos y gaseosas; denotando además que la mayoría de empresas privadas comercializa un mayor surtido de productos.

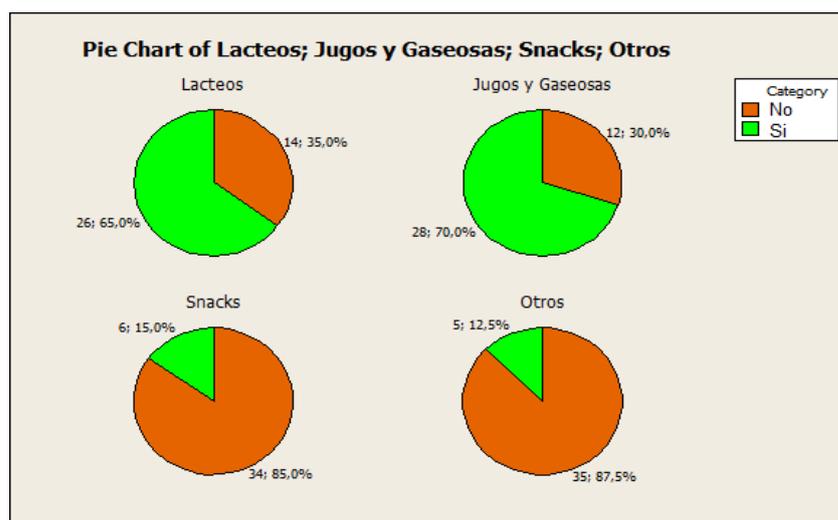


FIGURA 3.4 GRÁFICAS DE SECTORES 3

Análisis de la pregunta 3

¿Cuál es el número de trabajadores en la empresa?

Al analizar los datos reunidos en la pregunta 3, según la figura 3.5, nos da como resultado que de las 13 Empresas Familiares, en 12 se encuentran laborando entre 1 y 4 trabajadores y solo una Empresa Familiar cuenta con más de 4 trabajadores.

Se obtiene información además que indica que de las 27 Empresas Privadas, en 21 se encuentran laborando entre 1 y 4 cuatro trabajadores y en 6 de ellas se cuenta con más de 4 trabajadores.

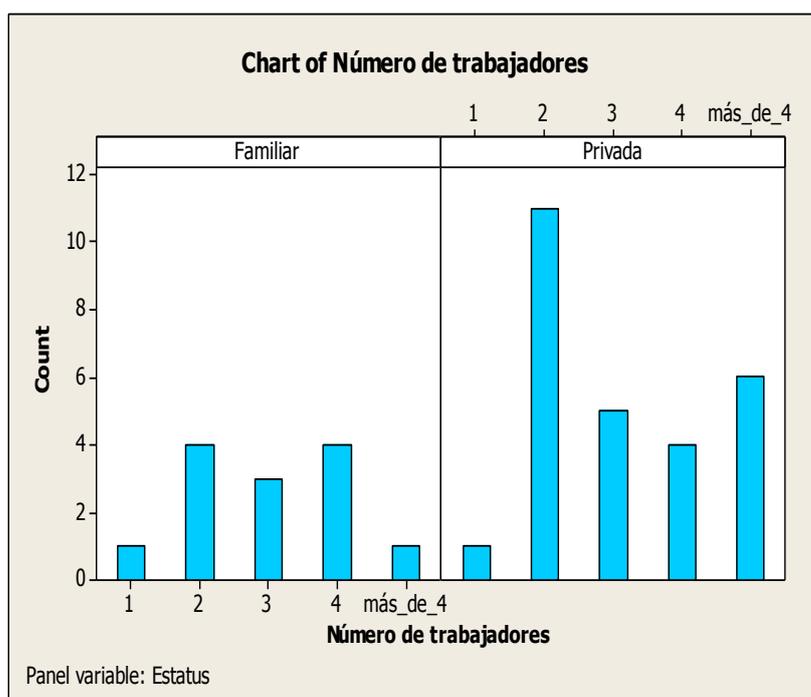


FIGURA 3.5 GRÁFICA DE BARRAS2

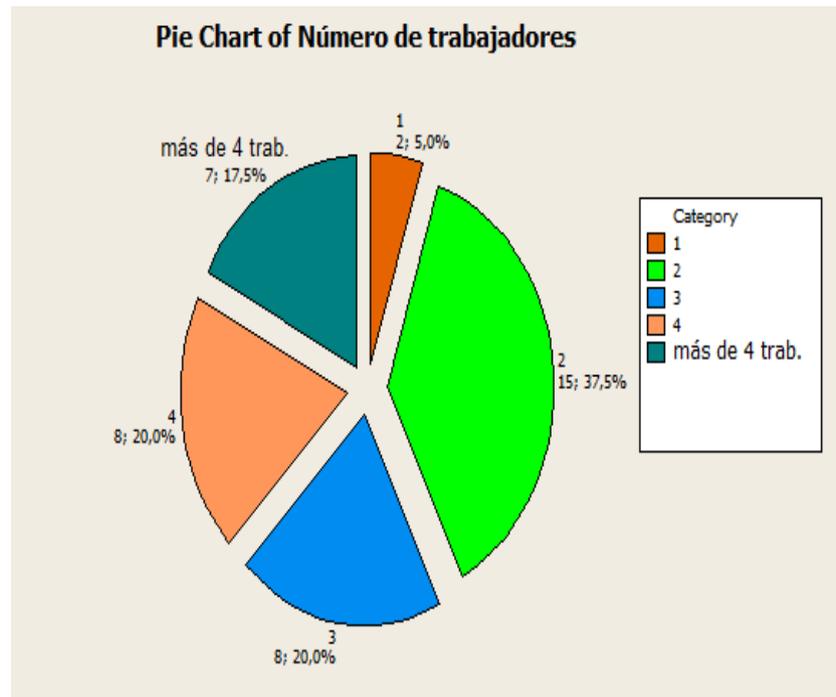


FIGURA 3.6 GRÁFICA DE SECTORES 4

Además según la Figura 3.6, notamos que de todas las empresas entrevistadas, el 5% de ellas tiene 1 trabajador, el 37.5 % de las empresas tiene 2 trabajadores, el 20% posee 3 trabajadores, el 20% tiene 4 trabajadores y el 17.5 de las empresas tiene más de 4 trabajadores. En conclusión se obtiene que el 57.5% de las empresas emplea a más de dos trabajadores.

Análisis de la pregunta 4

¿Cuál es la edad de los trabajadores en la empresa?

En pregunta nos ofrece como resultado que el 45%, es decir 18 de las 40 empresas encuestadas tiene al menos 1 trabajador entre 18 y 23

años de edad, el 15% de ellas tiene 2 trabajadores entre 18 y 23 años de edad y el 2.5% tiene 3 trabajadores entre la edad antes mencionada; tal como se muestra en la Figura 3.7.

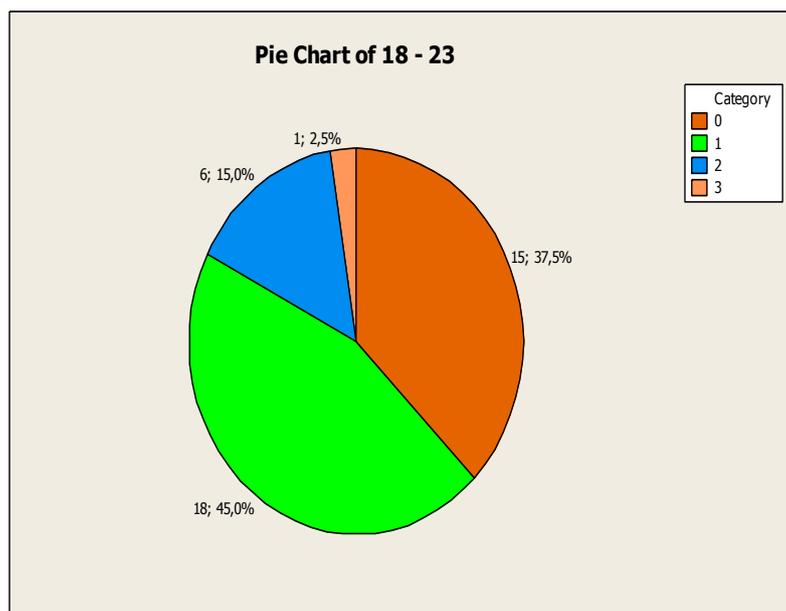


FIGURA 3.7 GRÁFICA DE SECTORES 5

En la Figura 3.8, se muestra que el 30% de las empresas, es decir 12 de las encuestadas tiene 1 trabajador cuya edad oscila entre los 24 y 29 años, el 32% posee 2 trabajadores entre 24 y 29 años, 5% de las empresas emplea 3 trabajadores entre 24 y 29 años y 5% tiene 4 trabajadores entre 24 y 29 años.

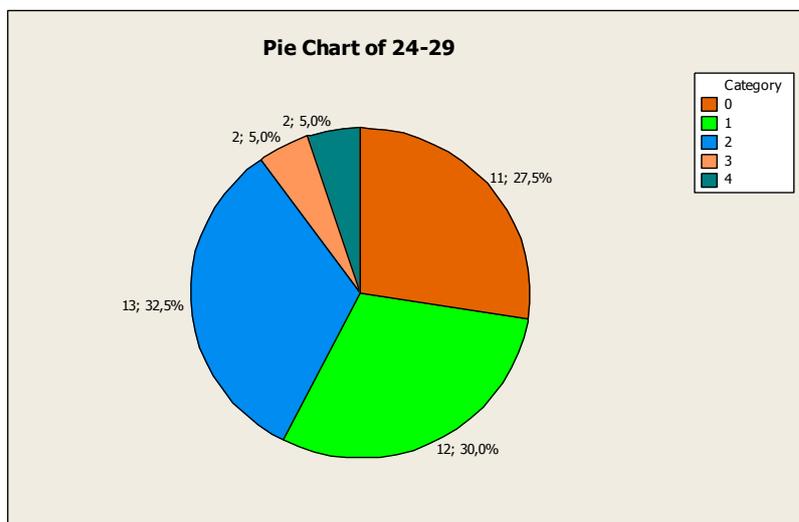


FIGURA 3.8 GRÁFICA DE SECTORES 6

En la Figura 3.9 que muestra los resultados del número de trabajadores de entre 30 y 35 años de edad, se obtuvo que el 30% de las empresas encuestadas posee 1 trabajador, el 15% 2 trabajadores, el 2.5% de las empresas tiene 3 trabajadores y el 5% del total de las empresas emplea a 4 trabajadores cuya edad oscila entre 30 y 35 años.

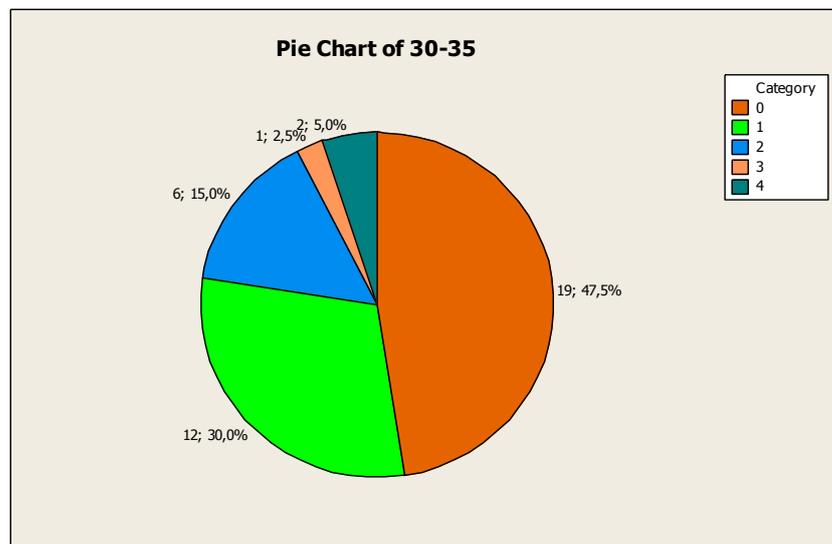


FIGURA 3.9 GRÁFICA DE SECTORES 7

En la figura 3.10 se observa que pocas empresas tienen a personas mayores de 35 años de edad laborando en sus instalaciones; el 10% tiene 1 trabajador de esta edad, y el 2.5% de las empresas tiene 3 trabajadores mayores de 35 años de edad laborando en sus instalaciones.

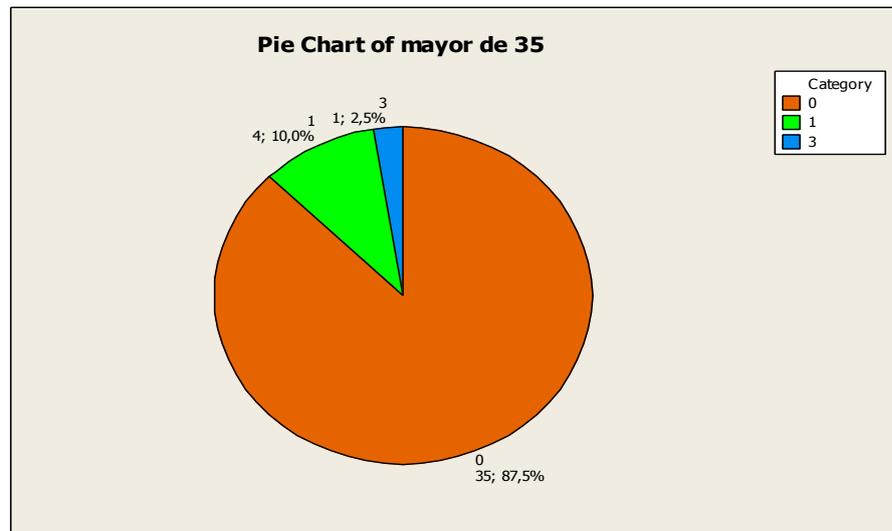


FIGURA 3.10GRÁFICA DE SECTORES 8

Análisis de la pregunta 5

¿A parte de los conocimientos en panificación tiene otros tipos de estudios? Sí No

Si la respuesta fue Sí conteste la pregunta 6

Según los resultados obtenidos en esta pregunta, Figura 3.11 y Figura 3.12, se obtuvo que en el 46.2%, es decir 7 de las empresas familiares, los trabajadores tienen otros conocimientos aparte del arte de la panificación; mientras que en el 53.9%, 16 de las empresas privadas los trabajadores poseen conocimientos ajenos a la panificación.

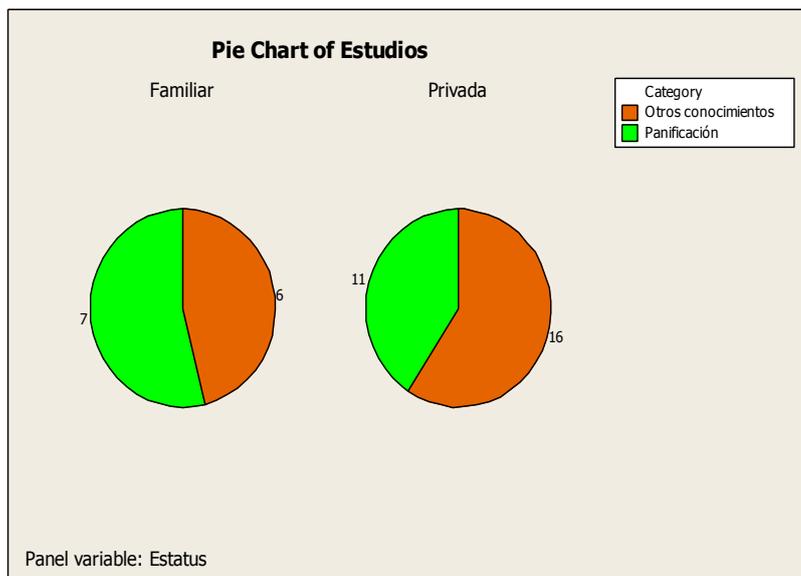


FIGURA 3.11 GRÁFICAS DE SECTORES 9

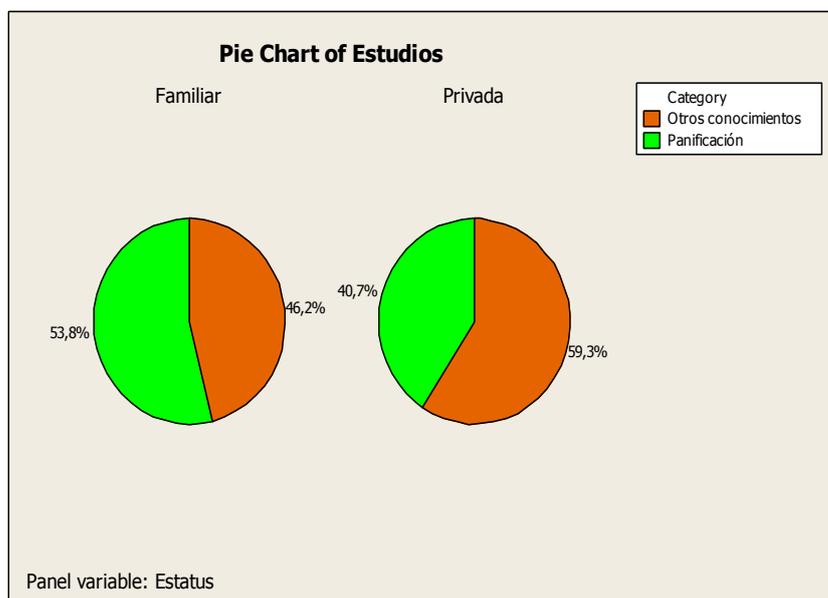


FIGURA 3.12 GRÁFICAS DE SECTORES 10

De manera general el 55% de las empresas tiene trabajadores con conocimientos ajenos a la panificación, según la figura 3.13.

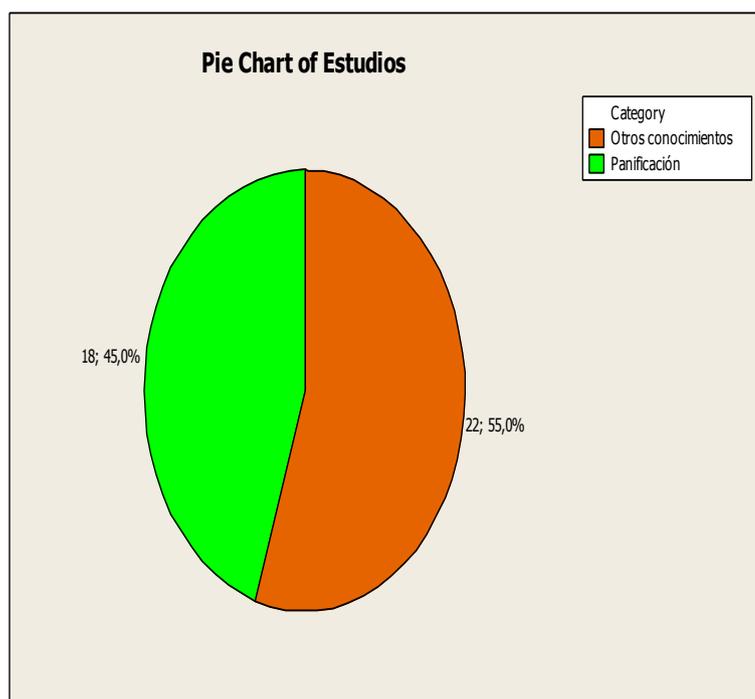


FIGURA 3.13 GRÁFICA DE SECTORES 11

Análisis de la pregunta 6

¿Qué tipo de conocimientos posee aparte de las técnicas de panificación?

De los datos obtenidos con esta pregunta se formó la figura 3.14, la misma que nos indica que el 15% de las empresas encuestadas posee trabajadores con conocimientos en electricidad, mientras que el

7.5% de las empresas emplea a trabajadores con conocimientos de mecánica. El 35% de las empresas tiene talento humano con otros conocimientos tales como ciencias sociales, agricultura, contabilidad y computación.

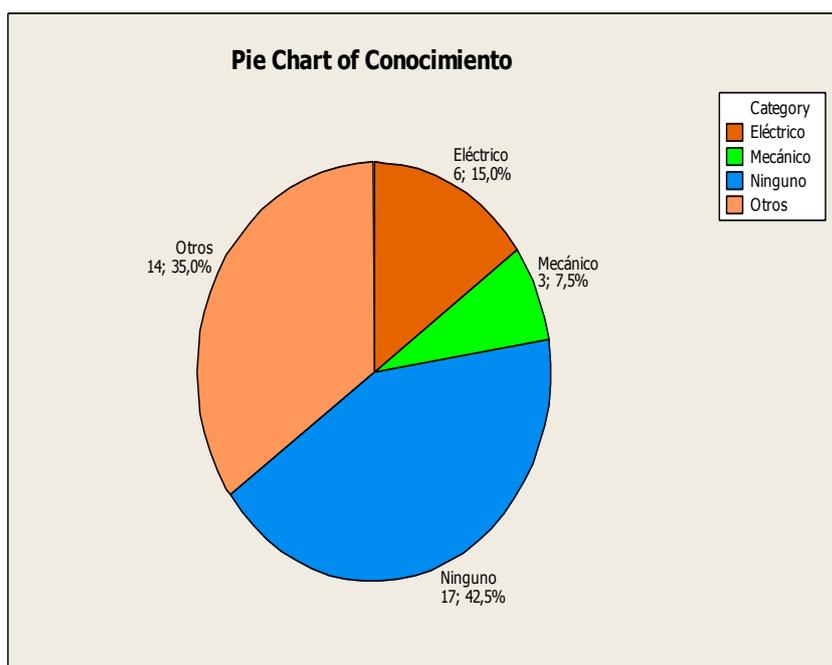


FIGURA 3.14 GRÁFICA DE SECTORES 12

Según la figura 3.15 sólo en las empresas familiares hay trabajadores con conocimiento de mecánica. En las empresas privadas se revela la selección de personal.

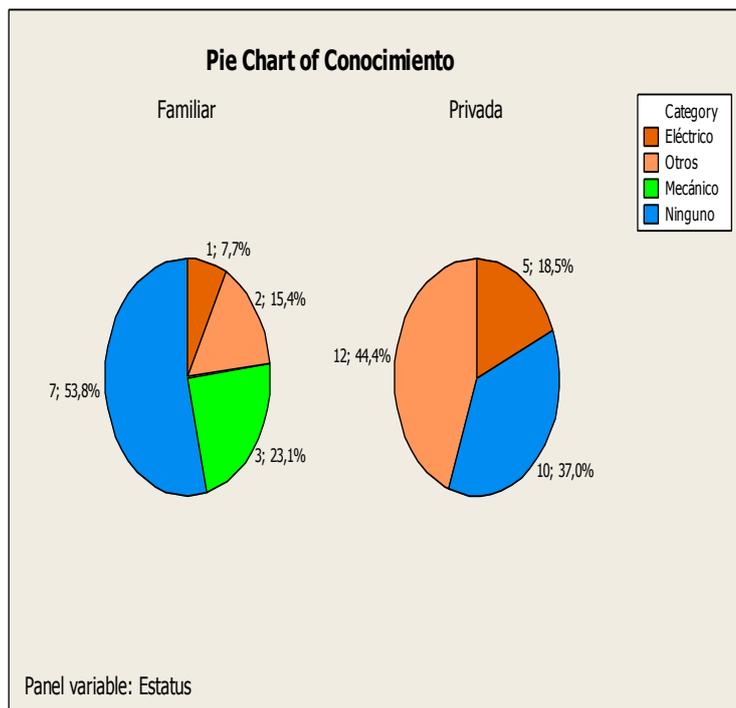


FIGURA 3.15 GRÁFICA DE SECTORES 13

Análisis de la pregunta 7

¿Cuántas veces al día elaboran sus productos?

Para conocer cuántas veces elaboran sus productos las empresas de panificación se estableció la pregunta 7, arrojando datos que llevaron a edificar las Figuras 3.16, 3.17, 3.18 y 3.19; las mismas que muestran lo siguiente: El 76.9% de las empresas familiares, es decir 10 de ellas, elabora pan dos veces al día, mientras que el 23.1% de las mismas lo hace 3 veces al día. El 51.9% de las empresas privadas, equivalente a 14 de ellas, elabora pan 2 veces al día, el 44.4% de estas empresas produce 3 veces por día y el 3.7 % de las mismas lo hace 1 vez al día.

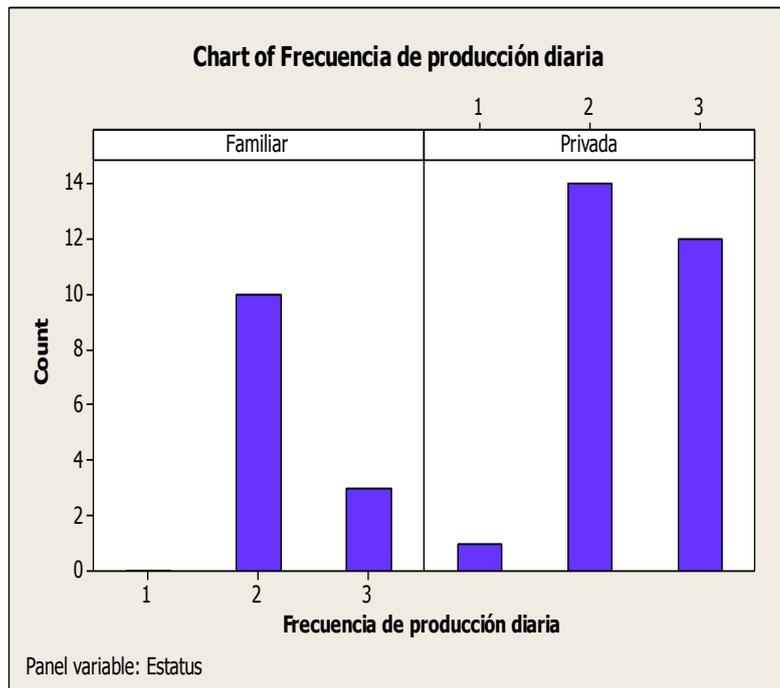


FIGURA 3.16 GRÁFICA DE BARRAS 3

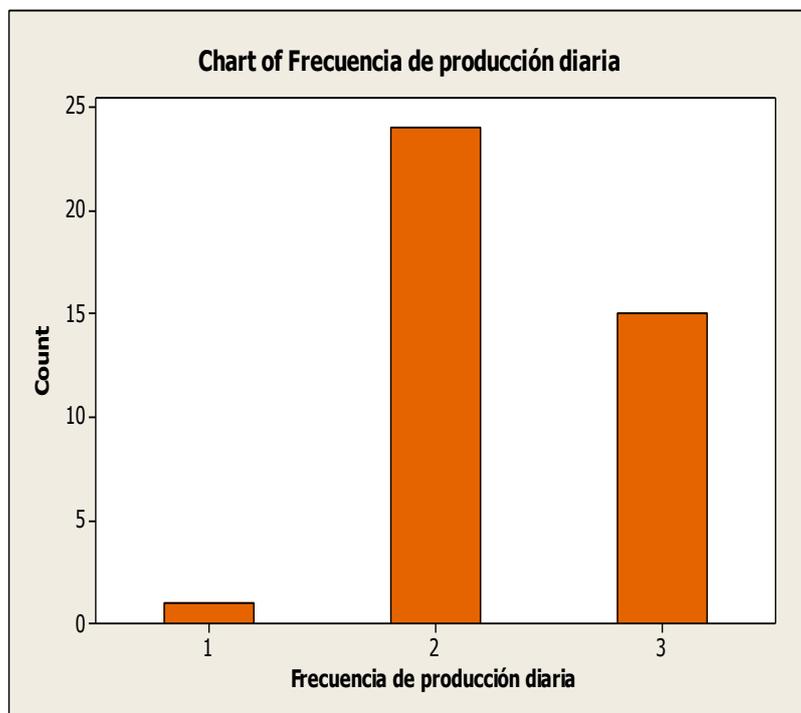


FIGURA 3.17 GRÁFICA DE BARRAS 4

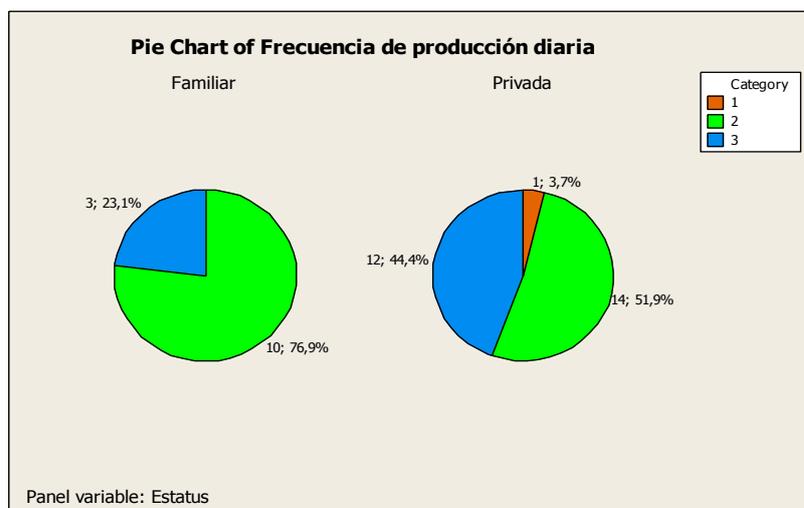


FIGURA 3.18 GRÁFICA DE SECTORES 14

Del total de las empresas encuestadas se obtuvo información de que el 60% de ellas, es decir 24 de ellas, elabora productos de panificación 2 veces al día, el 37.5% produce 3 veces al día y el 2.5% lo hace 1 vez por día.

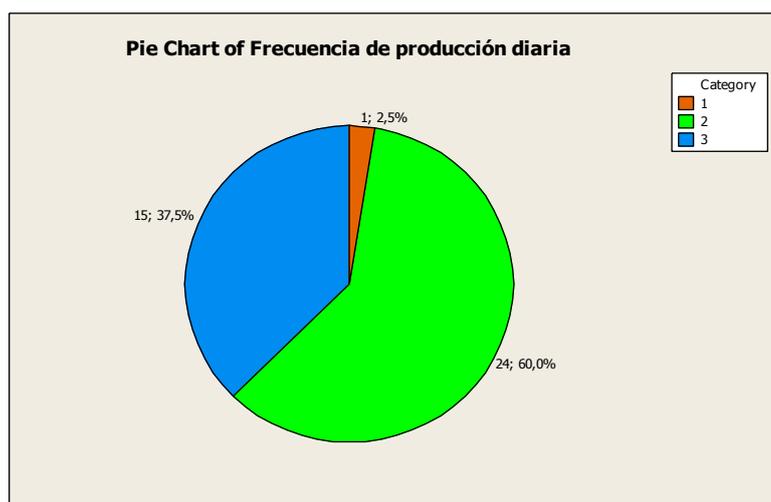


FIGURA 3.19 GRÁFICA DE SECTORES 15

Análisis de la pregunta 8

¿Cuántas libras de harina emplean diariamente para elaborar el pan?

La pregunta 8 de esta entrevista, nos presenta datos que permiten conocer las cantidades de harina que utilizan diariamente las panaderías en la ciudad de Quevedo. En las Figuras 3.20 a las 3.23, se muestra que las empresas familiares utilizan entre 50 y 300 libras diarias en su producción; las empresas privadas utilizan en mayoría 100 libras por día secundando las 50 libras diarias de producción. En general las empresas panificadoras elaboran sus productos con 50 y 100 libras de harina. Pocas utilizan 300 y 400 libras.

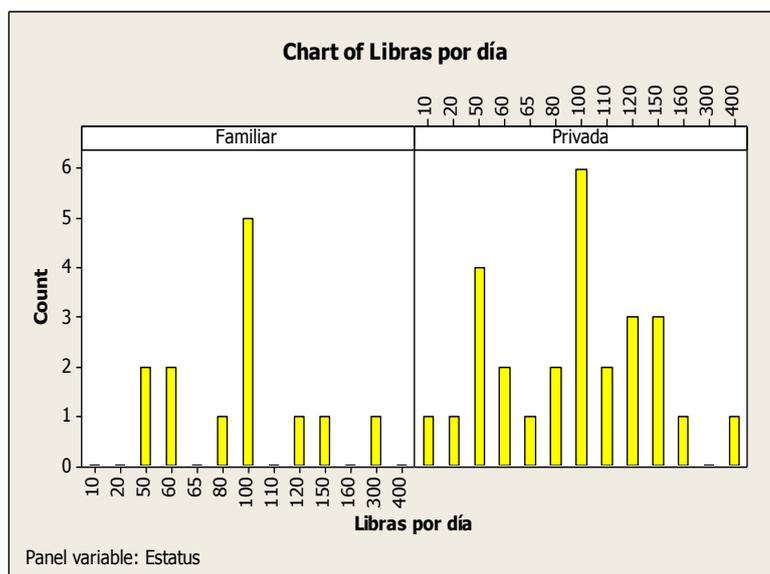


FIGURA 3.20 GRÁFICA DE BARRAS 5

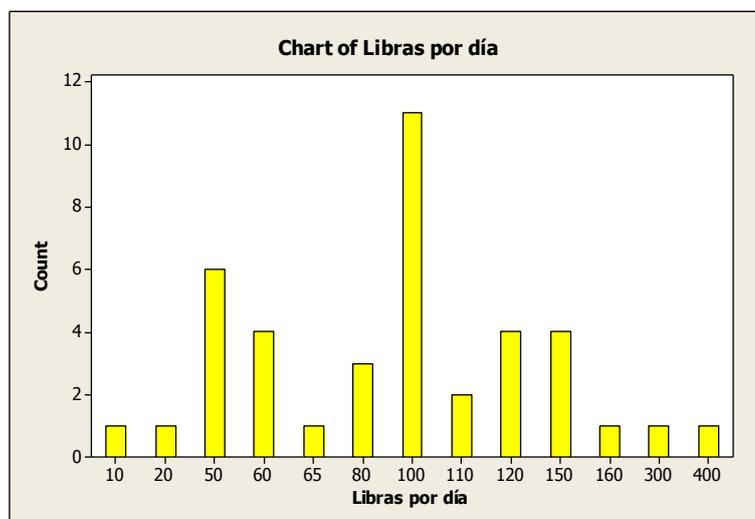


FIGURA 3.21 GRÁFICA DE BARRAS 6

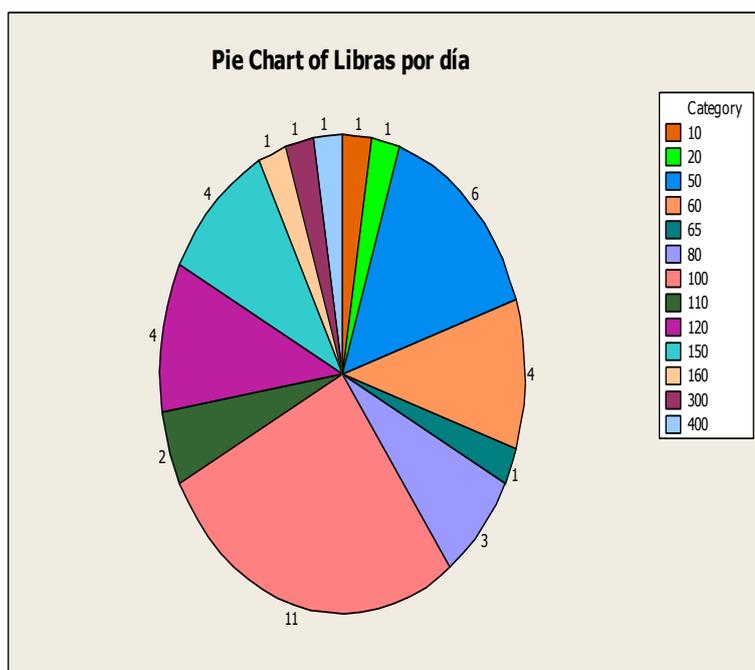


FIGURA 3.22 GRÁFICA DE SECTORES 16

Observando la figura 3.23, notamos que un 27.5%, es decir de las empresas encuestadas usan 100 libras diarias, el 15% utiliza 50 libras

por día, el 10% usa 120 libras, otro 10% utiliza 60 libras, un tercer 10% de las empresas usa 150 libras diarias, 7.5% utiliza 80 libras, y otras empresas en un porcentaje de 2.5% cada grupo utiliza 10, 20, 65, 160, 300 y 400 libras de harina para la producción diaria de pan.

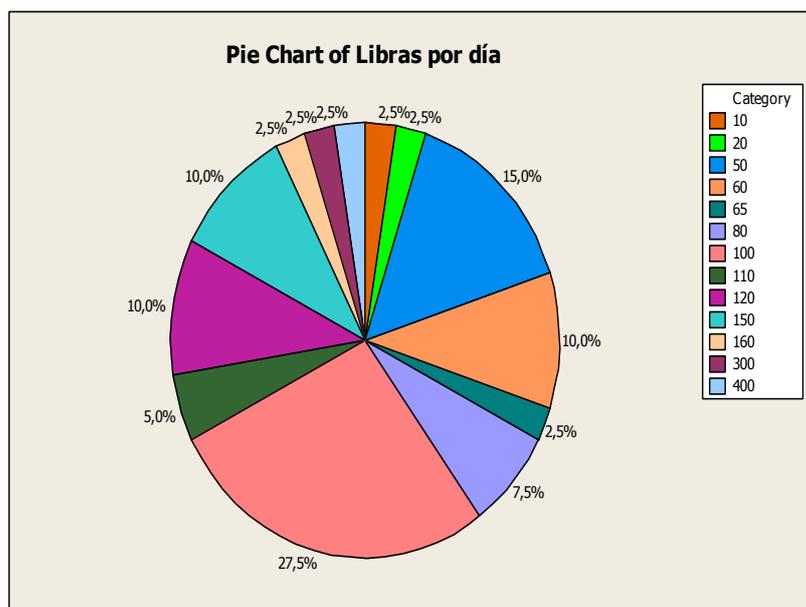


FIGURA 3.23 GRÁFICA DE SECTORES 17

Análisis de la pregunta 9

La pregunta 9 provee información sobre la cantidad de empresas que opina que al obtener una máquina amasadora disminuye el desgaste físico, así como también se mejora en la calidad de los productos elaborados.

En la figuras 3.24 y 3.25 se observa que el 95% de las empresas sostiene que el desgaste físico en los trabajadores disminuiría con la

posesión de una máquina amasadora, mientras que un 97,5 % de las empresas entrevistadas expresa que sus productos mejorarían en calidad, como se denota en las figuras 3.26 y 3.27.

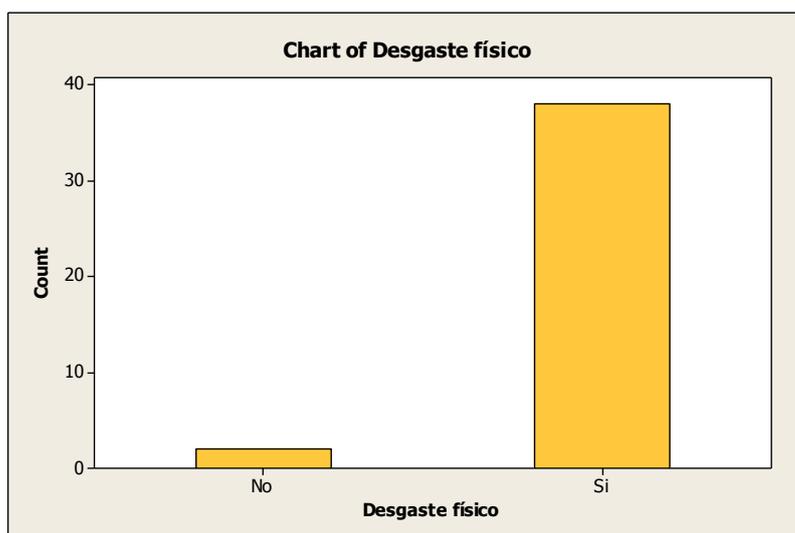


FIGURA 3.24 GRÁFICA DE BARRAS 7

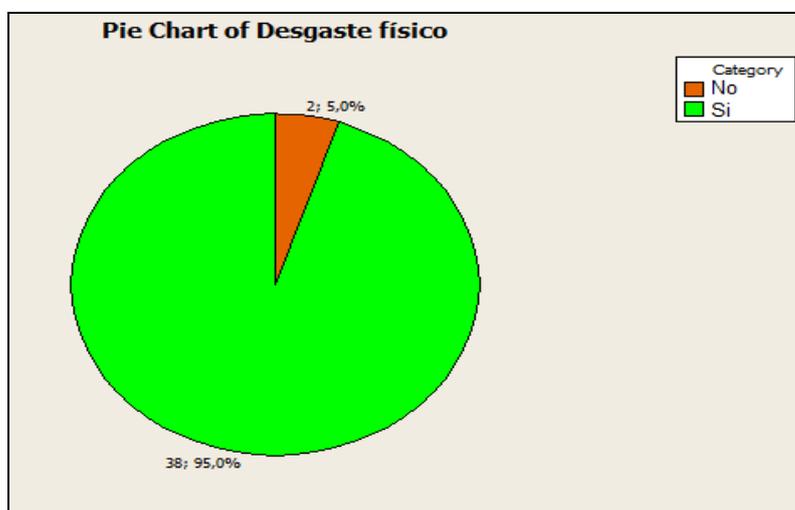


FIGURA 3.25 GRÁFICA DE SECTORES 18

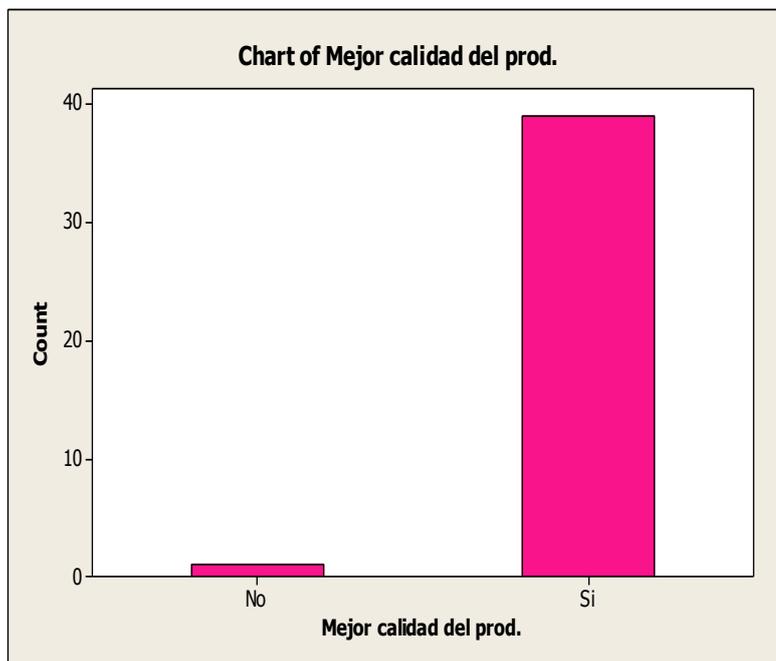


FIGURA 3.26GRÁFICA DE BARRAS 8

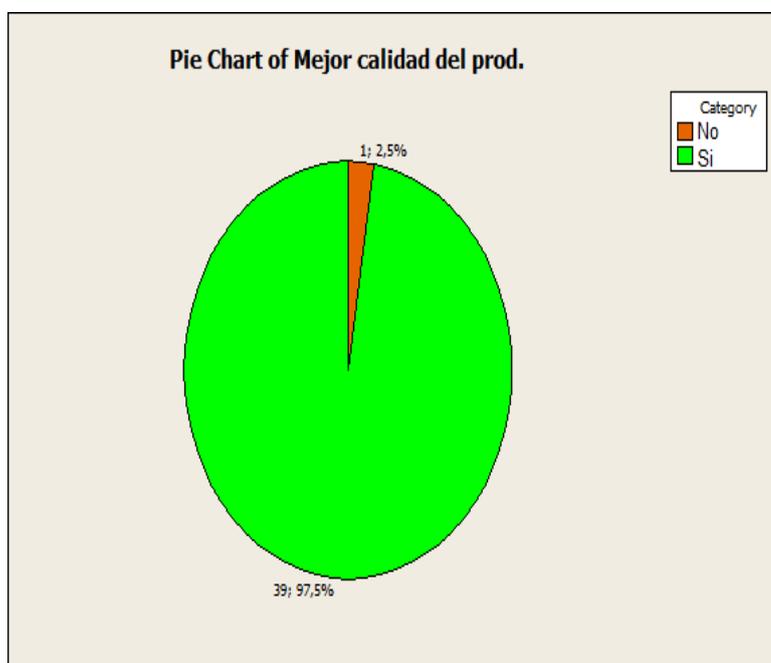


FIGURA 3.27GRÁFICA DE SECTORES 19

Análisis de la pregunta 10

¿Posee la empresa máquina amasadora?

En esta pregunta se desea conocer cuántas empresas poseen máquinas panificadoras semiautomáticas.

En las figuras 3.28 y 3.29 se muestra que el 47.5% de las empresas no posee máquinas amasadoras, frente al 52.5% de las empresas que si posee una máquina amasadora, algunas empresas poseen máquinas de poca capacidad de amasado.

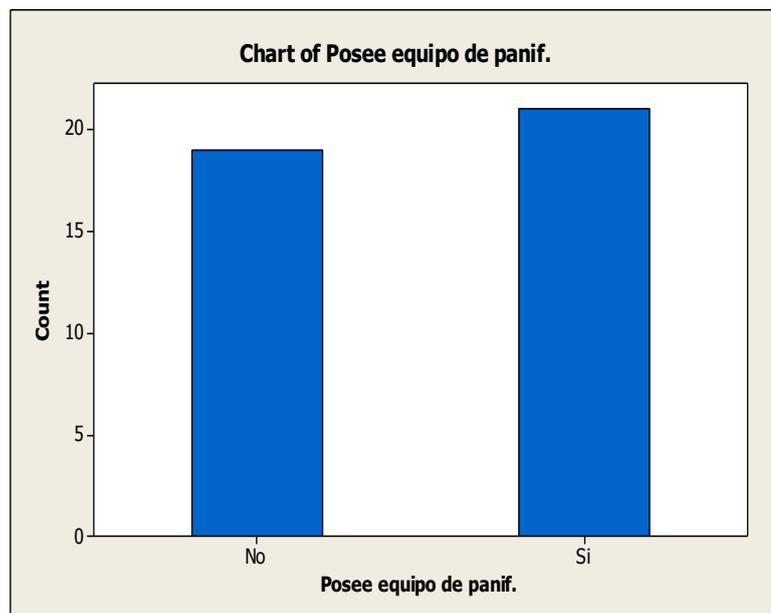


FIGURA 3.28 GRÁFICA DE BARRAS 9

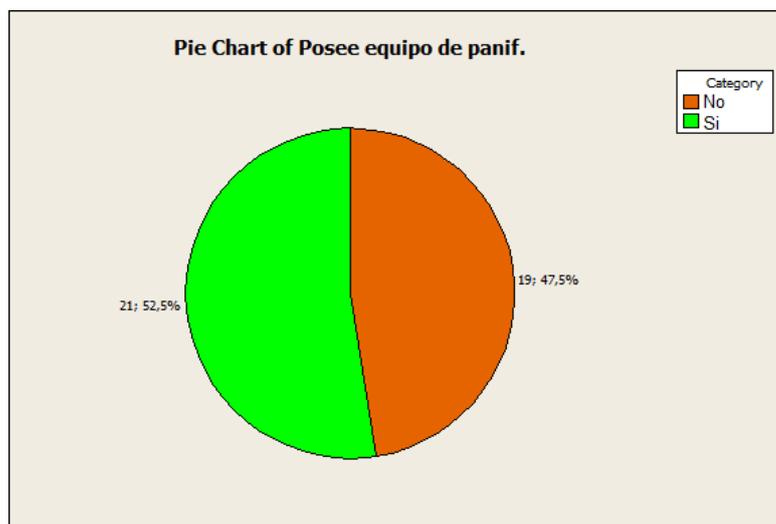


FIGURA 3.29 GRÁFICA DE SECTORES 20

Las figuras 3.30 y 3.31 expresan que las empresas privadas poseen máquinas amasadoras, en un 66.6% del total de ellas, mientras que solo el 23.1% de las empresas familiares también las tiene.

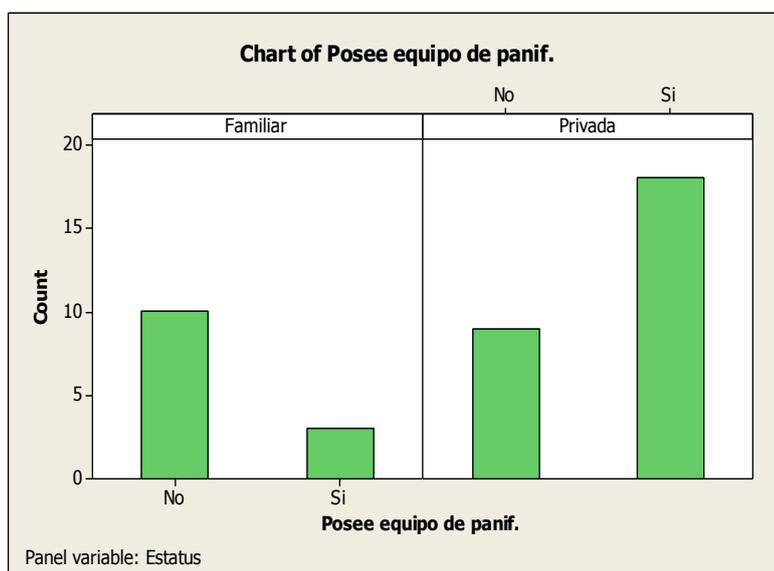


FIGURA 3.30 GRÁFICA DE BARRAS 10

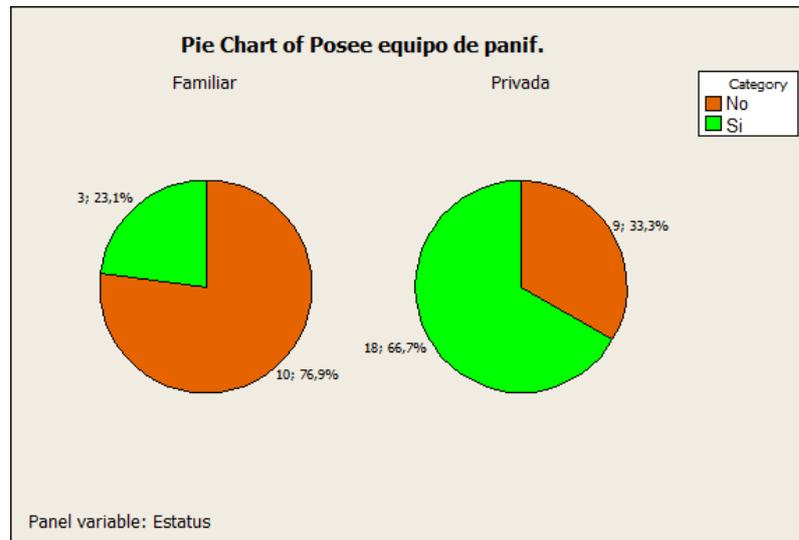


FIGURA 3.31 GRÁFICA DE SECTORES 21

Análisis de la pregunta 11

¿Desearía la empresa adquirir una máquina amasadora de pan con características tecnológicas actuales y acorde a las necesidades de producción actuales?

En esta pregunta se puede conocer el deseo de adquirir una nueva máquina amasadora, y los resultados de los datos recolectados en la misma se muestran en las figuras 3.32, 3.33 y 3.34.

Del total de empresas entrevistadas un 90% de ellas desearía adquirir una máquina amasadora nueva con características acorde a la tecnología y necesidades actuales del mercado.

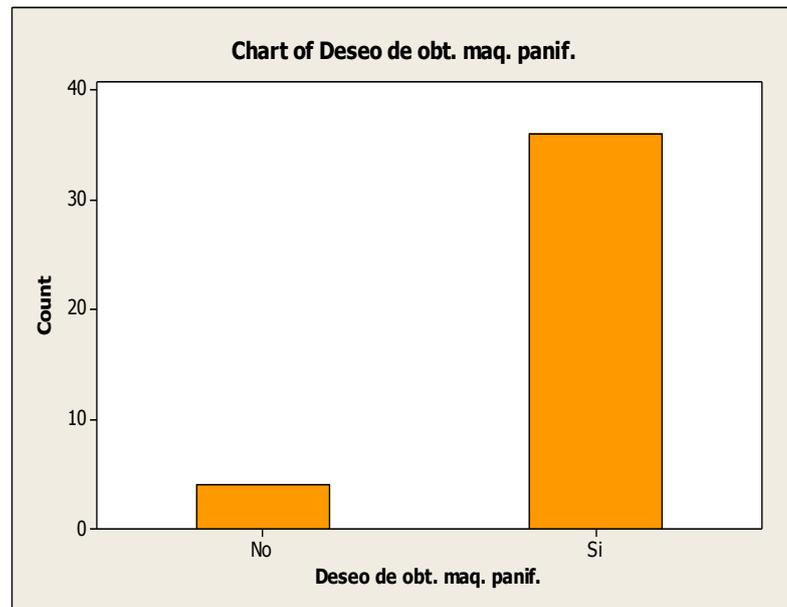


FIGURA 3.32 GRÁFICA DE BARRAS 11

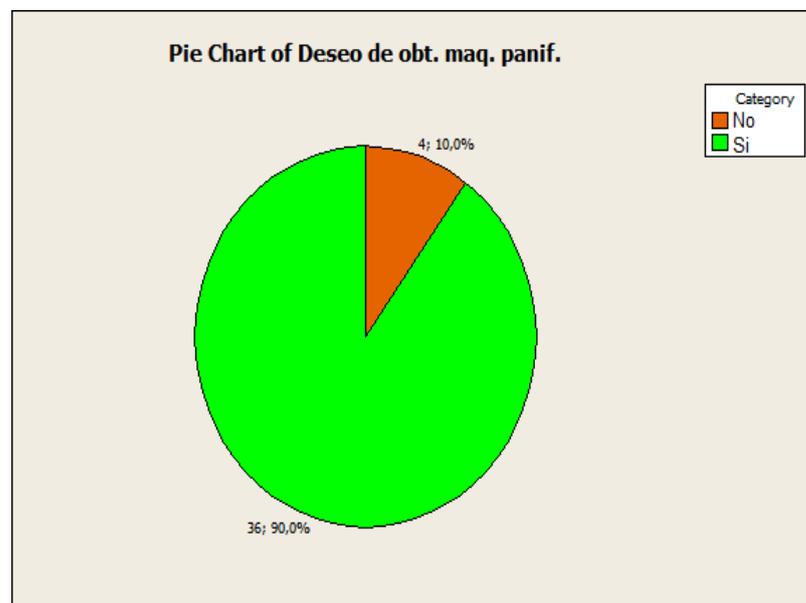


FIGURA 3.33 GRÁFICA DE SECTORES 22

Un 92.3% de las empresa familiares confirman el deseo de adquirir una máquina amasadora, frente al 88.9% de las empresas privadas, según la información mostrada en la Figura 3.34.

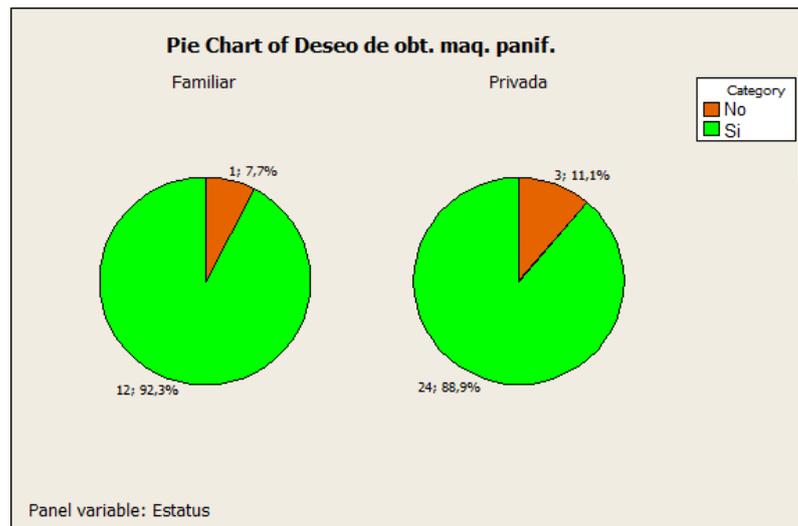


FIGURA 3.34 GRÁFICA DE SECTORES 23

Análisis de la pregunta 12

¿Cuál sería la capacidad de producción que usted esperaría soportar la máquina nueva a adquirir?

En esta pregunta se desea conocer la capacidad que debería tener una máquina amasadora, en caso de ser adquirida por las empresas del sector estudiado.

En las figuras 3.35, 3.36 y 3.37, se expone la necesidad de capacidad de producción por parte de las empresas entrevistadas, para adquirir un equipo de amasado.

Los datos recolectados muestran que un 52.5% de las empresas, 21 empresas del total entrevistado, desean obtener una máquina de amasado de 50 kilogramos, el 30% de 25 kilogramos y el 7.5% de 15 kilogramos.

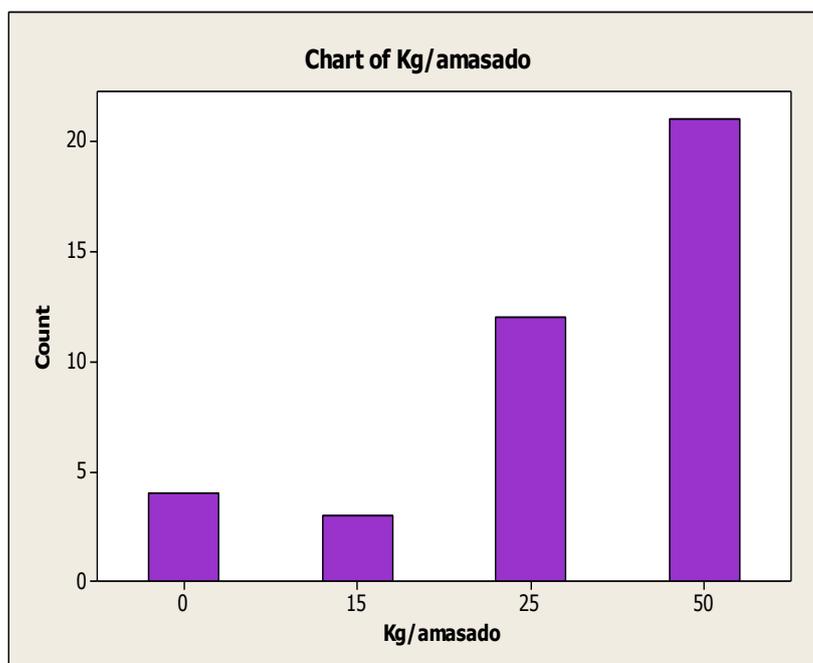


FIGURA 3.35GRÁFICA DE BARRAS 12

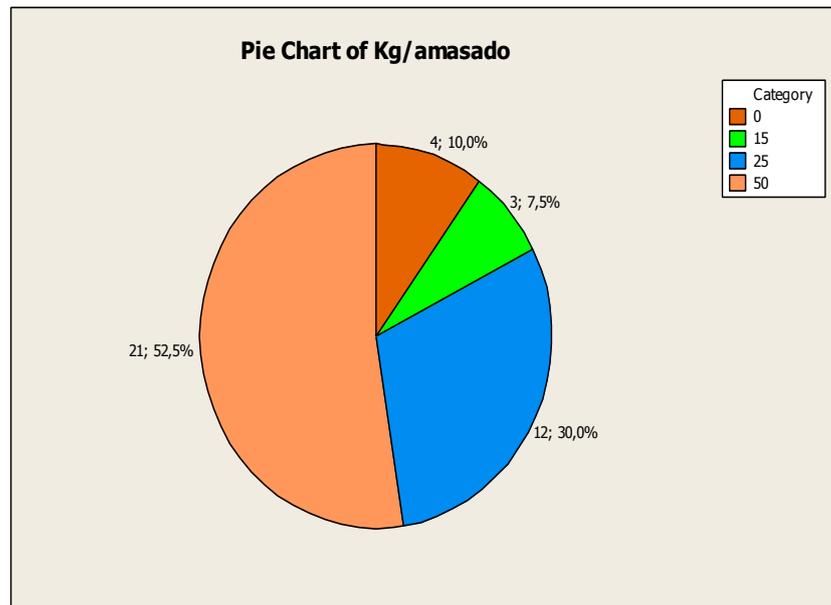


FIGURA 3.36 GRÁFICA DE SECTORES 24

En la figura 3.37 se muestra que el 46.2% de las empresas familiares desean una máquina de 50 Kg, ante el 55.6% de las empresas privadas.

Un 30.8% de las empresas familiares desea obtener una máquina amasadora de pan con capacidad de 25 Kg frente a un 29,6 % de las empresas privadas, que pretendería adquirir lo mismo.

Se observa además a un 15.4% de las empresas familiares, cuya necesidad es de una máquina de 15 kg, frente al 3.7% de las empresas privadas.

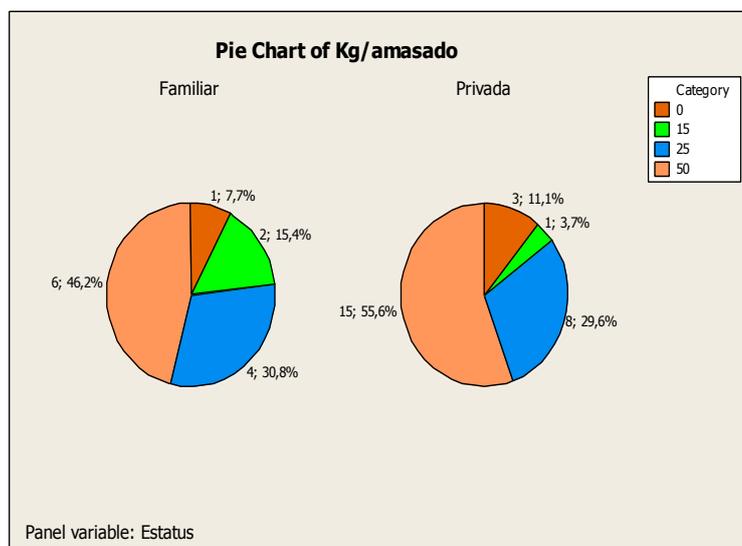


FIGURA 3.37 GRÁFICA DE SECTORES 25

Basado en la información primaria, obtenida a través de la encuesta, se puede concluir que las empresas poseen características y necesidades propias, sean estas familiares o privadas. Las empresas panificadoras dan empleo a un buen número de trabajadores, realizan su trabajo diario, son un sector representativo en la economía del país, necesitan automatizarse para proveer sus productos en mayor cantidad y con mejor calidad; las empresas no descartan al ser humano al automatizarse, ya que la formación de pan, dosificación de ingredientes, control y mando de amasadora, supervisión de la producción no puede estar lejos de ser realizada por personas cada vez más capacitadas.

Decisión sobre las características de la máquina amasadora a construirse.

La decisión tomada, basada en esta entrevista y con más certeza en la pregunta 12, es la fabricar una máquina amasadora de 50 Kg, automatizada y con control de seguridad al momento de elaborar el producto.

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA AMASADORA

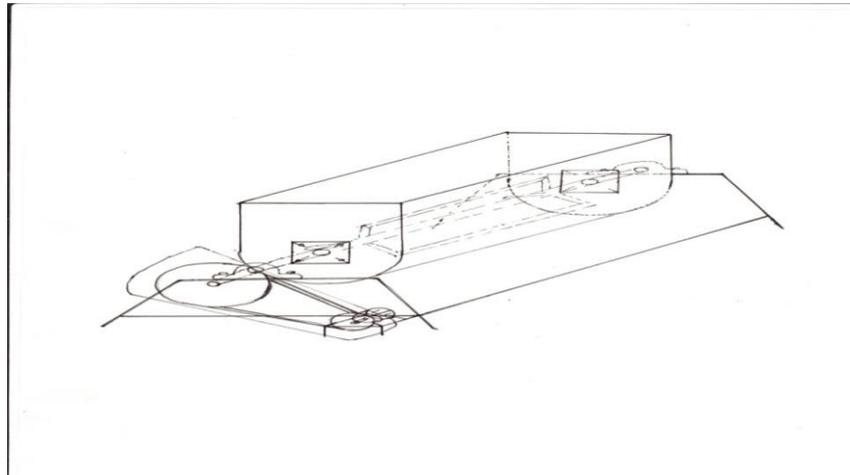
En este capítulo se procede a desglosar todos los pasos en el proceso de diseño, este proceso de diseño comienza con el diseño de forma, cálculos realizados sobre todos los elementos mecánicos y eléctricos que conforman la máquina, cálculos de costos materiales así también los planos construcción para la máquina, y el control de la prueba de ensayos sobre la elaboración del producto haciendo uso de la máquina amasadora ya terminada. Para esto se utiliza los programas relacionados con el diseño mecánico como es el uso de del “SOLIDWOKS” que nos permite bosquejar en transmisiones los planos correspondientes para la construcción de máquina.

4.1 Diseño de forma

En esta parte del diseño nos enfocamos en el bosquejo de la máquina, es decir en la gráfica a mano alzada de la idea inicial del proyecto. Esta idea consiste en pasar una plancha de acero inoxidable con las medidas que nos arrojen los resultados del diseño, por una máquina de rolado en frío, luego se procede a tapar lateralmente esta bandeja con dos pedazos de la plancha inicial empleando procesos de soldadura con Argón como son: MIG y TIG, dentro de esta bandeja se encontrará un eje de acero inoxidable al igual que la bandeja (esto por ser el producto terminado del tipo alimenticio), mismo que estará soportado por unas chumaceras cuadradas, colocadas lateralmente en la bandeja y soportado en la estructura o bastidor de la máquina por chumaceras de asiento mismas que estarán empernadas en ambas partes (bandeja y bastidor), además el eje en el interior de la bandeja llevará adherido por procesos de soldadura tres brazos que estarán en contacto directo con la masa de pan.

Este eje estará conectado a unas poleas de canales mismas que se encargarán de la transmisión del movimiento rotacional que lo brindará un moto-reductor trifásico asíncrono, todo esto se apoyará en un bastidor que se construirá con ángulos de hierro negro mismo que soportará todos los elementos mecánicos y eléctricos. Para

terminar el motor estará controlado automáticamente y la bandeja llevará una tapa con un sensor para la seguridad en el manejo y producción de la máquina durante el proceso de elaboración del pan. Esto es en síntesis de lo que será el diseño y construcción de la máquina, a continuación el bosquejo de la máquina.



4.2 Cálculo de los materiales para la construcción de la Amasadora

Parámetros de diseños:

Características de la masa de pan:

La masa de harina para el pan se forma de la combinación de diferentes ingredientes que junto a la harina dan como resultado la masa final de este producto alimenticio.

Las diferentes proporciones y los ingredientes que se emplean para el amasado se obtuvieron a través de aproximación realizada durante el

seguimiento del proceso de elaboración del producto en las panificadoras locales, a continuación se presenta la siguiente tabla uno.

TABLA 1
INGREDIENTES QUE SE EMPLEAN EN EL AMASADO

INGREDIENTES	MASA (KG) PANADERÍA 1	PANADERÍA 2	PANADERÍA 3	PROMEDIO
HARINA	22,73	25	25	24,24
LEVADURA	0,50	0,60	0,70	0,60
AGUA	5,00	6,00	6,00	5,67
SAL	0,28	0,35	0,30	0,31
AZÚCAR	3,64	4,00	4,00	3,88
MARGARINA	6,81	7,00	6,90	6,90
HUEVOS	0,576	0,65	0,60	0,61

Fuente: Seguimiento y recolección de datos en las panaderías

Luego de obtener el valor promedio de kilogramos de cada uno de los ingredientes, se procede a calcular el volumen de la masa total, empleando los pesos específicos de los ingredientes de la masa.

Como se ve en la tabla anterior, los datos recogidos en las diferentes panaderías son para 25 kg; pero como es petición de los clientes una maquina amasadora para 50 kg, se aplica el factor de proporción con respecto a la harina.

Γ_2 = ingredientes para la masa con 50 kg de harina.

Γ_1 = ingredientes para la masa con 25 kg de harina

$$\frac{24,24 \text{ kg}}{\Gamma_1} = \frac{50 \text{ kg}}{\Gamma_2}$$

$$\Gamma_2 \frac{50 \text{ kg}}{24,24 \text{ kg}} \Gamma_1$$

$$\Gamma_2 = 2,063 \Gamma_1$$

Con esta fórmula calculamos la masa en kg de los ingredientes con 50 kg de harina luego los volúmenes con la fórmula del peso específico.

$$\gamma = \frac{m}{V}$$

γ = peso específico (kg / lt)

m= masa en (kg)

V= volumen en (lt) $\Rightarrow V = \frac{m}{\gamma}$

A continuación en la tabla2 con los datos obtenidos:

TABLA 2
INGREDIENTES CON 50 KG DE HARINA

INGREDIENTES	MASA I1	MASA I2	PESO ESPECÍFICO (γ)	VOLUMEN (V)
Harina	24,2450	50	0.500	100
Levadura	0,60	1,24	1,025	1,21
Agua	5,67	11,70	1	11,70
Sal	0,31	0,64	2,16	0,30
Azúcar	3,88	8,00	0,720	11,12
Margarina	6,90	14,24	0,911	15,63
Huevos	0,61	1,26	1	1,26
Total	42.21	87.02 kg		139,96 lt

Fuente: Seguimiento y recolección de datos en las panaderías

Por lo tanto el resultado total es:

Masa para el pan: 87.08 kg

Volumen total: 139,96 lt

Análisis de fluidos

Como se ha visto en el punto anterior la masa de pan es una mezcla de varios ingredientes dentro de los cuales tenemos el agua que es el segundo componente en proporción, por lo cual se convierte en un fluido. Ahora analizaremos a qué tipo de fluido pertenece.

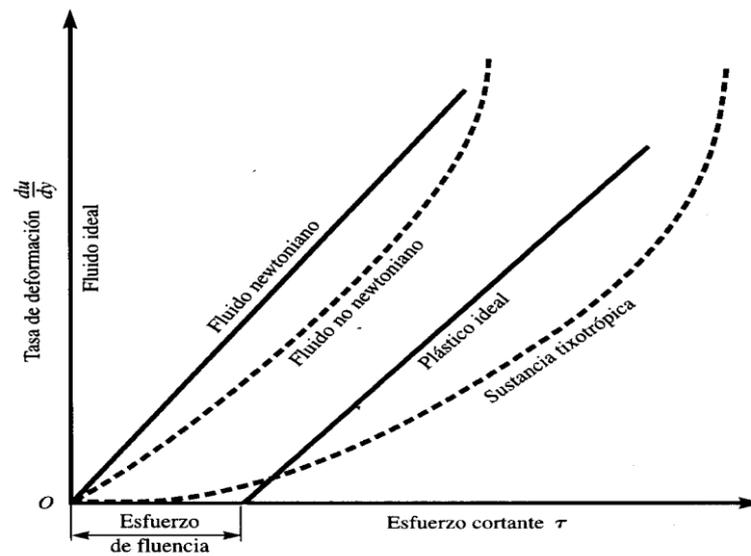


FIGURA 4.1 DIAGRAMA REOLÓGICO

Los fluidos son de tipos: newtonianos y no newtonianos. Los fluidos newtonianos son aquellas que tienen una relación lineal entre la tensión de corte y el gradiente de velocidad, en este tipo de fluidos la velocidad no cambia.

$$\tau = \mu \left(\frac{dv}{dy} \right)$$

Donde:

τ = tensión de corte

(dv/dy) = gradiente de velocidad

μ = viscosidad

Mientras que los fluidos no newtonianos, cambia la viscosidad con el gradiente de velocidad. Esto se clasifica en:

- independiente del tiempo.
- dependiente del tiempo

Los ***independientes del tiempo*** tienen una viscosidad, a cualquier tensión de corte, que no varía con el tiempo.

Los ***dependientes del tiempo***, cambiará la viscosidad con la variación del tiempo.

En nuestro caso, la masa de pan es un fluido dependiente del tiempo debido a que su viscosidad cambia con el tiempo, así como el gradiente de velocidad y temperatura, otros ejemplos tenemos: el nailon, jaleas, el betún, y otros polímeros a todas estas sustancias se les denominan tixotrópicos.

Diámetro de la masa en el proceso amasado

Se emplean los multiplicadores de Lagrange.

$$\nabla f = \lambda \cdot \nabla g$$

∇f : Gradiente de la función

λ : Multiplicador

∇g : Condición

$$V = (\emptyset, L) = \frac{\pi \emptyset^2}{4} \cdot L$$

Se emplea esta fórmula, porque al amasar, se forma una envolvente cilíndrica alrededor del eje de la maquina donde:

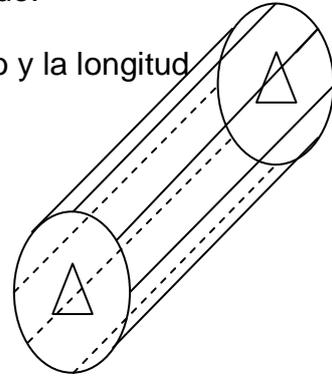
$V(\varnothing, L)$: es el volumen en función del diámetro y la longitud

\varnothing : diámetro del cilindro

L : longitud del cilindro

λ : Multiplicadores de Lagrange

$$\varnothing_x = \lambda \varnothing$$



Donde \varnothing_x es la variable dependiente entre el multiplicador y el diámetro de la envolvente, para luego reemplazar los valores de λ y establecer la medida correspondiente a lo que se requiere.

$$L = 2 \varnothing_x, \text{ por condiciones de distancia y uniformidad}$$

$$V = 139,96 \text{ lt}$$

$$\frac{\pi \varnothing_x^2}{4} \cdot L = 139,96$$

$$\pi \varnothing^2 \frac{(2\lambda\varnothing)}{4} = 139,69$$

$$\pi \lambda \varnothing^3 = (139,96)(2)$$

$$\pi \lambda \varnothing^3 = (139,96)$$

$$\lambda \varnothing^3 = \frac{279,92}{\pi}$$

$$\lambda \varnothing^3 = 89,10 = 0,089 \text{ m}^3$$

Asignar valores a λ ; para determinar la medida del diámetro que satisfaga con el valor del volumen de la envolvente, previamente establecido en la Tabla 2:

$$\lambda = 0,5$$

$$\lambda = 1$$

$$\lambda = 1,5$$

$$\lambda = 2$$

$$\Rightarrow \varnothing = \sqrt{\frac{0,089m}{\lambda}}$$

$$\lambda = 0,5 \quad \Rightarrow \varnothing = 0,5625m = 0,563m$$

$$\lambda = 1 \quad \Rightarrow \varnothing = 0,4465m = 0,47m$$

$$\lambda = 1,5 \quad \Rightarrow \varnothing = 0,3900m = 0,390m$$

$$\lambda = 2,0 \quad \Rightarrow \varnothing = 0,3546m = 0,355m$$

Con los datos determinados para distintos valores, comprobamos el

volumen; donde $L = 2\varnothing$ y $V = \pi \frac{\varnothing^2}{4}$ tal como se observa en la Tabla.

X	\varnothing (m)	L(m)	V (m^3)
0,5	0,563	1,126	0,280
1	0,477	0,894	0,140
1,5	0,390	0,780	0,093
2,0	0,355	0,710	0,070

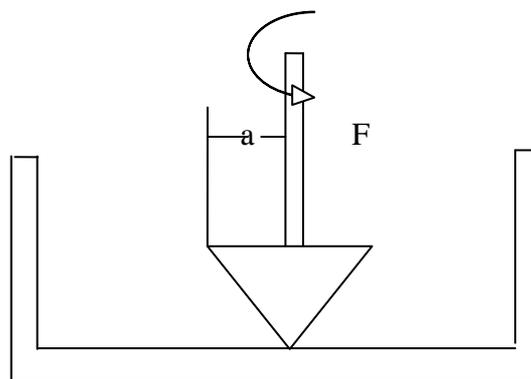
Por lo tanto tenemos, los valores de $\lambda = 1$; $\varnothing = 0,447m$; $L = 0,894m$

Resistencia que presenta la masa de pan de estiramiento.

La resistencia es uno de los aspectos más importantes para el diseño de la máquina amasadora, de pan.

De acuerdo con el Manual de Reología y al tipo de fluido que presente la masa de pan, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$\sigma_o = \frac{W}{\pi a^2}$$



Donde :

σ_o = tensión de fluencia

F = fuerza de estiramiento

a = radio en el plano de penetración de un cono de ángulo recto

Sherman enlistó los siguientes valores de fluencia (Pa) y sus valores para:

MATERIALES	TRANSMISIÓN DE FLUENCIA
Medios muy suaves pero no plano	5000-10000

Suaves pero simples intables	10000-20000
Plásticos y contables	20000-80000
Duro pero satisfactoriamente contables	80000-100000
Demasiado duro límite de contabilidad	100000-150000

La tensión de fluencia con la cual se determina la fuerza de estiramiento es entre 10000 y 20000 Pa, para materiales como nuestro producto. El valor de a que se emplea en el ensayo es de 0,05 cm (radio/penetración). En consecuencia la fuerza de estiramiento:

$$W = \sigma_0 \pi a^2$$

$$F_{max} = 2000 Pa (\pi) (0.05m)^2 \quad F_{min} = 1000 Pa (\pi) (0.05m)^2$$

$$F_{max} = 157.08 N$$

$$F_{min} = 86.54 N$$

$$F_{max} = 16 Kg$$

$$F_{min} = 8 Kg$$

4.2 Cálculo de los materiales para la construcción de la Amasadora.

Dimensiones de la Cámara

Luego de determinar el cilindro envolvente que se forma durante el proceso de amasado, la bandeja se construirá de una lámina de acero inoxidable UNS S316 cuyas dimensiones son una longitud interior de 894 mm y un diámetro interior de 447 mm, lo que se desconoce es el espesor.

Cálculo del espesor de la Cámara

Para calcular el espesor de la bandeja, se parte de que está soportando dos esfuerzos, un esfuerzo circunferencial o de aro, que actúa en el área resistente esto por tener forma cilíndrica de pared delgada y el otro esfuerzo es de corte en las uniones soldadas. El esfuerzo de aro se lo determina a través de la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{p\phi}{2t}$$

Donde:

P: presión interna, producida por el peso y la fuerza de estiramiento de la masa = 1.63 KPa = 2.49×10^{-4} Kg/mm²

ϕ : Diámetro del cilindro = 447 mm

t: espesor de la bandeja, asumido = 2 mm

Reemplazando los valores de las variables en la fórmula se obtiene un esfuerzo de 1.785 Kg/mm²

Por otra el esfuerzo de corte se presenta en las uniones soldadas, y se lo halla empleando la siguiente fórmula:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Donde:

F: Fuerza del peso mas la fuerza de estiramiento de masa = 104 Kg

A: Área de corte por soldadura= 8.6115 mm²

Reemplazando los datos en la fórmula anterior se obtiene, un esfuerzo con un valor de 6.04 Kg/mm²

Se utiliza la teoría del esfuerzo cortante para hallar el valor del factor de seguridad; aplicando los resultados anteriores.

$$\sqrt{\sigma_a^2 + 4\tau_c^2} = \frac{S_y}{n}$$

Sean:

n= factor de seguridad

σ_a = esfuerzo de aro = 1.785 Kg/mm²

τ_c = esfuerzo cortante= 6.04 Kg/mm²

S_y= Esfuerzo de fluencia = 23 Kg/mm²

Al reemplazar los valores se obtiene un factor de seguridad de 1.893≈2 considerado fiable para la máquina.

Diseño mecánico del eje y brazos para el amasado

La máquina presenta un eje y tres brazos, que están en contacto directo con la masa de pan, por lo que es necesario emplear acero inoxidable debido a que el producto en cuestión es alimenticio, entonces se selecciona un UNS S30400. El eje estará siempre en movimiento por lo que está directamente acolado a la catalina que a su vez está conectada por una cadena al motor; los brazos están

directamente soldados al eje. En el eje actúan cargo de flexión y torsión, por lo tanto se procede a analizar en planos XY y XZ, como se ve en las siguientes figuras.

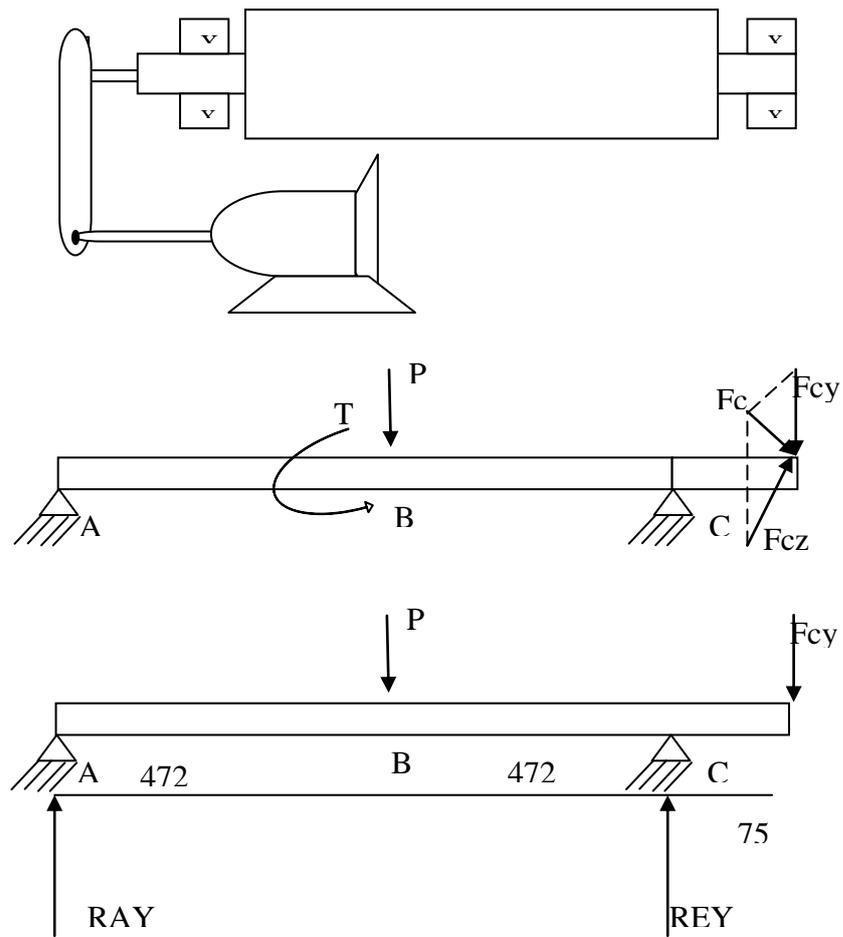


FIGURA 4.2 EJE Y BRAZOS PARA EL AMASADO

Sean:

$P =$ Carga total del amasado = 87.07 kg

$F_{cy} =$ componentes de la polea = 110.9 kg

$F_{cz} =$ componentes de la polea = 110.9 kg

$T_r =$ torque resistente provocado por el estiramiento / masa = 3576
kg.mm = 35.05 N.m

Para todas las cargas planteadas en el plano xy, se deben cumplir las siguientes condiciones:

$$(+)\hat{\sum}fy=0$$

$$(+)\sum M=0$$

Análisis de cargas:

$$(+)\hat{\sum}fy=0$$

$$(+)\sum M=0$$

$$Ray + Rey = Fey + P$$

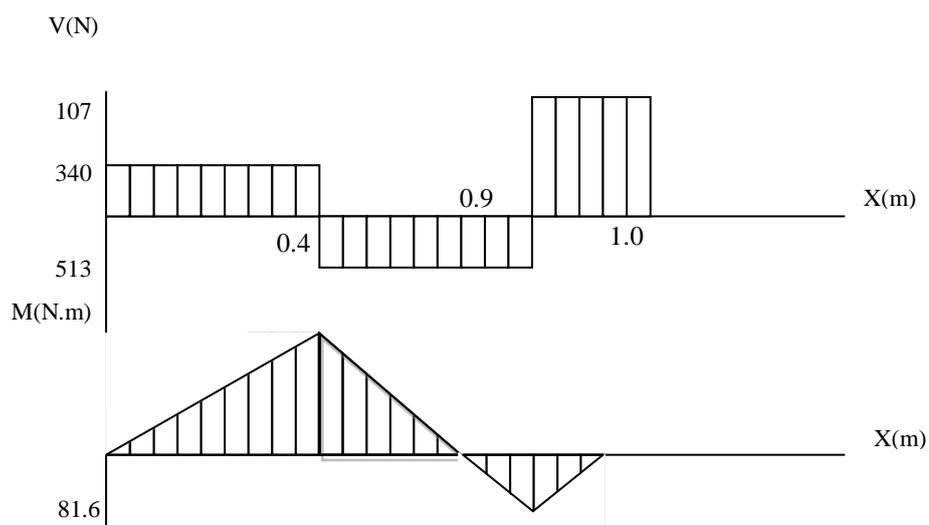
-

$$Fcy(75\text{mm}) + P(472\text{mm}) + Ray(944\text{mm}) = 0$$

$$Ray + Rey = 197.97 \text{ kg}$$

$$Ray = 34.72 \text{ kg} //$$

$$\Rightarrow Rey = 163.25 \text{ kg} //$$

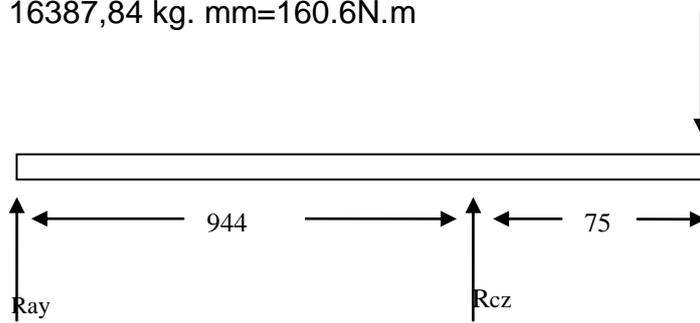


160.6

FIGURA 4.3 DIAGRAMAS DE CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR

Basándonos en el diagrama de los momentos flectores, en el punto se observan un momento flector máximo.

$M_{f\text{m}\acute{a}x.xy} = 16387,84 \text{ kg. mm} = 160.6 \text{ N.m}$



$(+) \uparrow \sum F_y = 0$

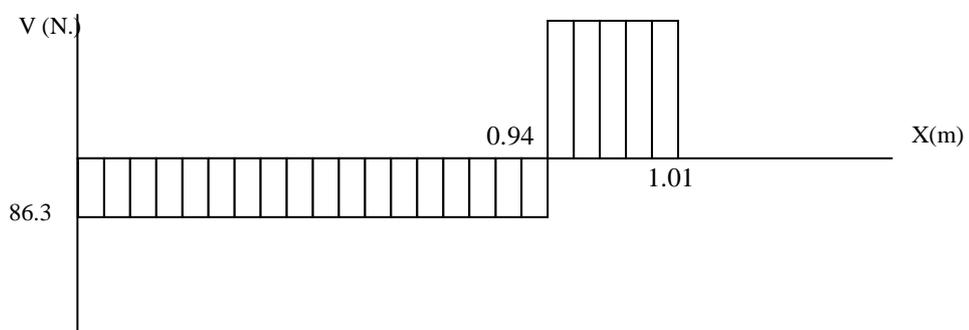
$R_{ay} + R_{cz} = 110.9 \text{ KG}$

$R_{AZ} = - 8.81 \text{ KG//}$

$(+) \sum M_A = 0$

$R_{cz} (944 \text{ mm}) - F_{cz} (1019 \text{ mm}) = 0$

$\Rightarrow R_{cz} = 119,72 \text{ N//}$



1174.5

M(N.m)

FIGURA 4.4 DIAGRAMAS DE CORTANTE Y DE MOMENTO

En base a la gráfica del momento flector, encontramos que en el punto C existe un momento flector máximo.

Mf máx. Xt = 8316.4 kg mm

Hallar el momento resultante para los dos planos:

$$Mf_{res} = \sqrt{Mf_{maxxy}^2 + Mf_{maxxt}^2}$$

$$Mf_{res} = 18377.37 \text{ kg.mm}$$

Características del material

Acero inoxidable UNS 30400

Resistencia a la fluencia: $S_y = 23.00 \text{ kg/mm}^2$

Resistencia a la tensión: $S_{ut} = 64.50 \text{ kg/mm}^2$

Diseño Estático

El eje está sometido a flexión y torsión utilizaremos la teoría de la energía de la distorsión por ser más conservadora, desarrollándose en diseño por fluencia, aplicado en la fórmula siguiente.

$$d = \left[\frac{32 N}{\pi S_y} \sqrt{M^2 + T^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Dónde:

N: Factor de seguridad

d: diámetro del eje

M: momento flector máximo

T: Torque = 3576 kg mm

Sy: resistencia a la fluencia Sy= 23 kg/mm²

Reemplazamos valores:

$$d = \left[\frac{32(3)}{\pi (23 \frac{kg}{mm^2})} \cdot \left[\sqrt{(18377.37 \text{ kgmm})^2 + (3576.0 \text{ kgmm})^2} \right] \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \left[\frac{96 \text{ mm}^2}{72.26} \cdot 18.772.06 \text{ mm} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = [24940.5 \text{ mm}^3]^{\frac{1}{3}} = 29.22 \text{ mm} //$$

$$d = 29.22 \text{ mm} \Rightarrow d = 1 \frac{3}{16} \text{ in}$$

Con los resultados se selecciona el inmediato superior en la medida del diámetro que es 1 3/16 pulgadas

Diseño Dinámico

Flexión alternante:

$$\sigma_{fmax} = \frac{Mf.c}{I} = \frac{32Mf}{\pi\phi^3} = \frac{32(18377.37)}{\pi\phi^3} = \frac{588075.34}{\phi^3}$$

$$\sigma_a = 588075.34 / \phi^3$$

$$\sigma_m = 0$$

Torsión continúa:

$$\tau_a = 0$$

$$\tau_m = \frac{T.r}{J} = \frac{16T}{\pi\phi^3} = \frac{16(3576)}{\pi\phi^3} = \frac{18212.42}{\phi^3}$$

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{\sigma_a^2 + 4\tau_a^2} = \frac{588075.34}{\phi^3} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{\sigma_m^2 + 4\tau_m^2} = \frac{18212.42}{\phi^3} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

Para determinar el límite de fatiga se siguen las siguientes recomendaciones.

Una relación entre la resistencia estática del material y la resistencia a la fatiga dependiendo el esfuerzo mayor que predomina en este caso tenemos la flexión y entonces la fórmula es la siguiente:

$$S_e = 0.5 S_{ut}$$

$$S_e = 32.25 \text{ kg/mm}^2$$

Asumir un valor de $K_i = 0.8$ recomendado cuando solo existen esfuerzo fluctuante

$$S_e = 25.8 \text{ kg/mm}^2$$

Luego de obtener los resultados, empleamos la ecuación de Soderberg:

$$\frac{\sigma_{eqa}}{S_e'} + \frac{\sigma_{eqm}}{S_e} = \frac{1}{n}$$

Factor de seguridad $n=2$

$$\frac{\frac{588075.84}{\emptyset^3}}{25.8} + \frac{\frac{18212.42}{\emptyset^3}}{23} = \frac{1}{2}$$

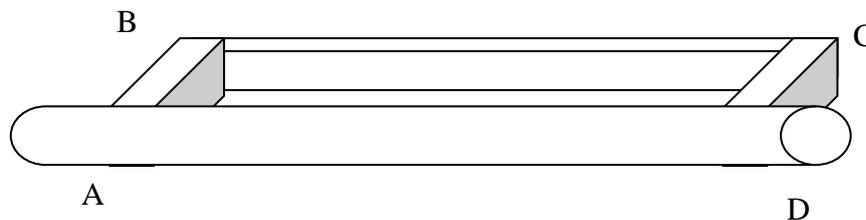
$$\frac{22793.64}{\emptyset^3} + \frac{791.84}{\emptyset^3} = \frac{1}{2}$$

$$\emptyset^3 = 2(23585.48)$$

$$\emptyset = 36.13 \text{ mm//}$$

Al obtener este resultado se elige el inmediato posterior que es un eje de 1.5 pulgadas igual a 38.1 milímetros.

Diseño de los Brazos



Para realizar el diseño de los brazos, vamos a utilizar ángulos de acero inoxidable AISI 304

Resistencia a la fluencia: $S_y = 2300 \text{ kg/cm}^2$

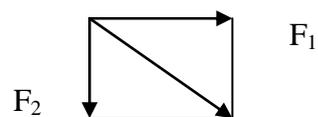
Resistencia a la tensión: $S_{ut} = 6450 \text{ kg/cm}^2$

Diseño Estático

En este caso los brazos van a ser elaborados de ángulos L (40mm X40mmX 6mm), donde $a=b$; cada brazo esta compuesto por tres tramos AB, BC y CD, el tramo AB es análogo al CD por lo tanto se realizarán análisis estático y dinámico de AB y BC. Los ángulos estarán soldados con el eje y entre sí porque cada brazo se compone de tres tramos. Dos tramos de 190mm y uno de 880mm.

En los brazos van a estar presentes la fuerza que se provoca por el estiramiento de la masa que son de 16 y 8 Kg mas la carga total del producto que es de 81 Kg.

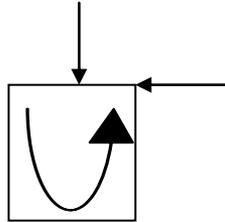
La fuerza de estiramiento de la masa de pan se descompone en el plano XY, tomando los siguientes valores:



Aplicando las funciones trigonométricas se obtiene:

$$F_1 = F \cos 45 = F_2 = F \sin 45 = 12Kg$$

Esfuerzo en el tramo AB



Axial	Flexión 2	Cortante
$\sigma_1 = \frac{F}{A}$	$\sigma_{F1} = \frac{M_{F1} \cdot C_1}{I_1}$	$\tau = \frac{3V}{2A}$
$\sigma_1 = \frac{12 Kg}{4.94 cm^2}$	$\sigma_{F1} = \frac{228Kg.cm \times 1.24cm}{6.96 cm^4}$	$\tau = \frac{3(12Kg)}{2(4.94cm^2)}$
$\sigma_1 = 2.43 \frac{kg}{cm^2}$	$\sigma_{F1} = 40.62 Kg/cm^2$	$\tau = 3.64 Kg/cm^2$
	$\sigma_{F2} = \frac{M_{F2} \cdot C_2}{I_2}$	
	$\sigma_{F2} = \frac{48Kg.cm \times 1.24cm}{6.96 cm^4}$	
	$\sigma_{F2} = 8.55 Kg/cm^2$	

Donde:

A= área de la sección transversal= 4.94 cm²

$I_1 = I_2 =$ momento de inercia de la sección transversal del ángulo =
6.96 cm⁴

M_{F1} = momento flector provocado por la $F1=228$ Kg.cm, a 19 cm del eje

M_{F2} = momento flector provocado por la $F2=48$ Kg.cm, a 4 cm del vértice del ángulo L.

V = cortante igual a la fuerza $F_1= 12$ Kg

Todos los valores de las variables son determinados de la tabla de perfiles estructurales (Ver tabla AHMSA112-113 en el Apéndice B).

Primero calculamos el resultante de la flexión, aplicando la siguiente ecuación:

$$\sigma_{f_{result}} = \sqrt{\sigma_{F1}^2 + \sigma_{F2}^2} = 40.98 \text{ Kg/cm}^2$$

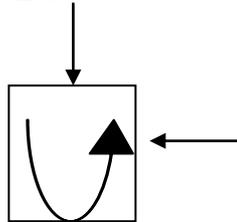
Empleando la teoría del esfuerzo cortante para encontrar el factor de seguridad (n):

$$\sqrt{(\sigma + \sigma_f)^2 + 4\tau^2} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sqrt{\left(2.43 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} + 40.98 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right)^2 + 4 \left(3.64 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right)^2} = \frac{2466 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}{n}$$

Reemplazamos valores, se obtiene $n=56.03$; por lo tanto, se obtiene un factor de seguridad alto de 56.

Esfuerzo en el tramo BC



Axial	Flexión 2	Cortante
$\sigma_1 = \frac{F}{A}$	$\sigma_{F1} = \frac{M_{F1} \cdot C_1}{I_1}$	$\tau = \frac{3V}{2A}$
$\sigma_1 = \frac{81 \text{ Kg}}{346.5 \text{ cm}^2}$	$\sigma_{F1} = \frac{1056 \text{ Kg.cm} \times 1.24 \text{ cm}}{6.96 \text{ cm}^4}$	$\tau = \frac{3(93 \text{ Kg})}{2(6.96 \text{ cm}^2)}$
$\sigma_1 = 0.23 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	$\sigma_{F1} = 188.14 \text{ Kg/cm}^2$	$\tau = 20.04 \text{ Kg/cm}^2$
	$\sigma_{F2} = \frac{M_{F2} \cdot C_2}{I_2}$	
	$\sigma_{F2} = \frac{48 \text{ Kg.cm} \times 1.24 \text{ cm}}{6.96 \text{ cm}^4}$	
	$\sigma_{F2} = 8.55 \text{ Kg/cm}^2$	

Donde:

$A =$ área de la sección del alma superior= 346.5 cm^2

$I_2 =$ momento de inercia de la sección transversal del ángulo= 6.96 cm^4

$M_{F1} =$ momento flector provocado por la $F1=1056 \text{ Kg.cm}$, a 44 cm de la unión con el otro tramo.

$M_{F2} =$ momento flector provocado por la $F2=48 \text{ Kg.cm}$, a 4 cm del vértice del ángulo L.

$F =$ fuerza de la masa 81 Kg

$V =$ cortante igual a la fuerza $F_1 = 93 \text{ Kg}$

Todos los valores de las variables son determinados de la tabla de perfiles estructurales (Ver tabla AHMSA112-113 en el Apéndice B)

Primero calculamos el resultante de la flexión, aplicando la siguiente ecuación:

$$\sigma_{f_{result}} = \sqrt{\sigma_{F1}^2 + \sigma_{F2}^2} = 188.33 \text{ Kg/cm}^2$$

Empleando la teoría del esfuerzo cortante para encontrar el factor de seguridad (n):

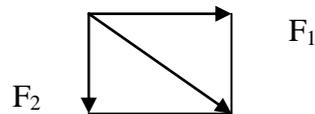
$$\sqrt{(\sigma + \sigma_f)^2 + 4\tau^2} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sqrt{\left(0.23 \frac{Kg}{cm^2} + 188.33 \frac{Kg}{cm^2}\right)^2 + 4 \left(20.04 \frac{Kg}{cm^2}\right)^2} = \frac{2466 \frac{Kg}{cm^2}}{n}$$

Reemplazamos valores, se obtiene $n=12.79$; por lo tanto, se obtiene un factor de seguridad alto de 3.

Diseño Dinámico

Para esta etapa del diseño se emplearán las dos fuerzas de estiramiento que se presentan durante el proceso de producción, que son la máxima de 16 Kg y la mínima de 8Kg; aplicando las funciones trigonométricas correspondientes para cada caso.



$$\text{Donde: } F_1 = 16 \cos 45 = 12Kg \qquad F_2 = 8 \sin 45 = 6Kg$$

Esfuerzos Dinámicos en el tramo AB

FLEXION XY	FLEXION XZ	CORTANTE
$\sigma_{11} = \frac{228Kg \cdot cm \times 0.76cm}{0.92 cm^4}$ $\sigma_{11} = 40.62 Kg/cm^2$	$\sigma_{21} = \frac{48Kg \cdot cm \times 1.24 cm}{6.96 cm^4}$ $\sigma_{F21} = 8.55 Kg/cm^2$	$\tau_{11} = \frac{3(12Kg)}{2(6.96cm^2)}$ $\tau_{11} = 2.59 Kg/cm^2$
$\sigma_{12} = \frac{114Kg \cdot cm \times 0.76cm}{0.92 cm^4}$ $\sigma_{12} = 20.31 Kg/cm^2$	$\sigma_{22} = \frac{15.24Kg \cdot cm \times 1.24 cm}{6.96 cm^4}$ $\sigma_{F21} = 4.28 Kg/cm^2$	
$\sigma_{f \max} = \sqrt{(40.62 Kg/cm^2)^2 + (4.28 Kg/cm^2)^2} = 40.84 Kg/cm^2$		$\tau_{11} = \frac{3(6Kg)}{2(6.96cm^2)}$
$\sigma_{fa} = 40.84 Kg/cm^2$ $\sigma_{fa} = 188.30 Kg/cm^2$	$\sigma_{fm} = 0$ $\sigma_{fm} = 0$	$\tau_{11} = 1.29 Kg/cm^2$

Al hallar los valores de amplitud de esfuerzos y esfuerzo medio, encontramos los valores equivalentes aplicando la siguiente fórmula:

$$\sigma_{\varepsilon q a} = \sqrt{\sigma_a^2 + 4\tau^2} = 41.17 \text{ Kg/cm}^2$$

Vamos a considerar las siguientes recomendaciones para hallar el límite de fatiga:

1. Como predomina la flexión, existe una relación entre la resistencia estática del material y la resistencia a la fatiga, aplicando la siguiente fórmula:

$$S_{\varepsilon'} = 0.5S_u$$

$$S_{\varepsilon'} = 0.5 \left(6450 \text{ Kg/cm}^2 \right)$$

$$S_{\varepsilon'} = 3225 \text{ Kg/cm}^2$$

2. Calcular el límite de fatiga asumiendo un valor $K_i=0.3$, debido a la existencia del esfuerzo fluctuante.

$$S_{\varepsilon} = K_i S_{\varepsilon'}$$

$$S_{\varepsilon} = 0.3 \left(3225 \text{ Kg/cm}^2 \right)$$

$$S_{\varepsilon} = 967.5 \text{ Kg/cm}^2$$

Luego aplicar la ecuación de Soderberg:

$$\frac{\sigma_{\varepsilon q a}}{S_{\varepsilon}} + \frac{\sigma_{\varepsilon q m}}{S_y} = \frac{1}{n}$$

Siendo $\sigma_{\varepsilon q m} = 0$

$$n = \frac{S_e}{\sigma_{eq a}} = \frac{967.5 \text{ Kg/cm}^2}{41.17 \text{ Kg/cm}^2} = 23.5$$

Entonces se obtiene un factor de seguridad alto de 24

Esfuerzos Dinámicos en el tramo BC

FLEXION XY	FLEXION XZ	CORTANTE
$\sigma_{11} = \frac{1056 \text{ Kg.cm} \times 1.24 \text{ cm}}{6.96 \text{ cm}^4}$ $\sigma_{11} = 188.14 \text{ Kg/cm}^2$	$\sigma_{21} = \frac{528 \text{ Kg.cm} \times 1.24 \text{ cm}}{6.96 \text{ cm}^4}$ $\sigma_{F21} = 94.07 \text{ Kg/cm}^2$	$\tau_{11} = \frac{3(12 \text{ Kg})}{2(6.96 \text{ cm}^2)}$ $\tau_{11} = 2.59 \text{ Kg/cm}^2$
$\sigma_{12} = \frac{48 \text{ Kg.cm} \times 1.24 \text{ cm}}{6.96 \text{ cm}^4}$ $\sigma_{12} = 8.55 \text{ Kg/cm}^2$	$\sigma_{22} = \frac{24 \text{ Kg.cm} \times 0.76 \text{ cm}}{6.96 \text{ cm}^4}$ $\sigma_{F21} = 4.28 \text{ Kg/cm}^2$	
$\sigma_{f \max} = \sqrt{(188.14 \text{ Kg/cm}^2)^2 + (8.55 \text{ Kg/cm}^2)^2} = 188.30 \text{ Kg/cm}^2$		$\tau_{11} = \frac{3(6 \text{ Kg})}{2(6.96 \text{ cm}^2)}$ $\tau_{11} = 1.29 \text{ Kg/cm}^2$

Velocidad en el proceso de amasado

En este parámetro, se realizó un sondeo durante el seguimiento del proceso de elaboración del producto en las diferentes panaderías, para luego aplicar la fórmula de golpes promedio por minuto, tal como se observa en la siguiente tabla:

TABLA 3
VELOCIDAD EN EL PROCESO DE AMASADO

PRUEBAS	CICLO#1	CICLO#2	CICLO#3	PROMEDIO (GPM)
Operario#1	35	38	41	38
Operario#2	42	41	49	41
Operario#3	41	45	42	43

Fuente: Seguimiento y recolección de datos en las panaderías

Luego de aplicar un muestreo de los golpes que aplica el panificador (estirar-doblar y comprimir) durante el proceso de amasado, se realiza el promedio de los tres operarios en los tres ciclos, se consiguió el siguiente resultado de 40 GPM.

Selección de los elementos de transmisión

Al seleccionar el motor que se va a emplear, utilizamos la velocidad promedio de la velocidad de amasado (40 vueltas/min) es por esto que se utiliza un motor (905 RPM) y un reductor mecánico (i: 11)

obteniendo una velocidad de salida de 82 RPM como máximo, para regular la velocidad se emplea un variador de frecuencia.

Motor y Reductor:

En esta parte se presentan las características del motor y del reductor a utilizar:

TABLA 4
CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR

Marca:	WATT
Modelo:	711086 9
Tipo:	WK71 B6
Potencia:	1 ½ HP
Tensión de la red:	220/380 V
Intensidad:	1.9/1.1 A
Coseno ϕ :	0.61
Velocidad en el eje:	905 RPM
Eficiencia:	85 %
Consumo:	330V
Frecuencia:	50 Hz
Número de polos:	3

TABLA 5

CARACTERÍSTICAS DEL REDUCTOR MECÁNICO

Marca:	WUSTINGER
Modelo:	A-2753 Piesting
Tipo:	Hf 0kb 71N6
Relación de transmisión:	11:1
Velocidad de entrada:	905 RPM

Diseño y selección de la poleas

Para seleccionar las dimensiones de las poleas, se aplica la relación entre la velocidad de la polea conductora y la polea conducida. La velocidad de la polea conductora es de 95 RPM y para la conducida es de 40 RPM, pero se necesitan 40 RPM, para tal razón el eje se han ubicado tres brazos, como resultado se triplican los golpes de acuerdo a las vueltas de la polea conducida.

Diámetro de la polea conductora: $\phi_{ct} = 3 \text{ in} = 7.62 \text{ cm}$

Diámetro de la polea conducida: $\phi_{cd} = 7 \text{ in} = 17.78 \text{ cm}$

Al aplicar la relación entre $\frac{\phi_{cd}}{\phi_{ct}} = 2.\bar{3}$ es similar la relación entre

velocidades de ambas poleas $\frac{N_{ct}}{N_{cd}} = 2.\bar{3}$

Se seleccionan poleas y luego las bandas por seguridad del motor, ya que se puede trabar algún elemento mecánico y corra riesgo el motor.

Diseño y selección de las bandas.

Para el diseño y selección de las bandas se necesita la potencia transmitida por el motor, el tiempo de trabajo serán de 6 horas, los diámetros de las poleas como ya se sabe son de 3 y 7 pulgadas. Seleccionamos un factor de servicio de sobrecarga de 1.2 correspondiente a una sobrecarga del 50%, con estos datos se calculan los HP (diseño).

$$HP(\text{diseño}) = Pot \cdot f_{serv} = 0.5 \text{ HP} \cdot 1.1 = 0.55 \text{ HP}$$

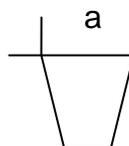
TABLA 6

FACTORES DE SERVICIO DE SOBRECARGA *

% de Sobrecarga	0	25	50	75	100	150
Factor de servicio	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5

*Se multiplican por estos factores la potencia dada para obtener la potencia de diseño. Para operaciones de 16 a 24 h sume 0.1

Con el diámetro mínimo de 3 pulgadas y la potencia de diseño de 0.55 HP, se pasa a la tabla de secciones de bandas V estándares y seleccionamos una banda de sección tipo A donde $a = \frac{1}{2}$ in; $b = 11/32$ in.



b

TABLA 7

SECCIONES DE BANDAS ESTANDARES

SECCIÓN DE BANDA	ANCHO (PLG)	A	GRUESO B (PLG)	DIÁMETRO MÍNIMO DE POLEA (PLG)	CAPACIDAD EN HP, UNA O MÁS BANDAS
A	$\frac{1}{2}$		$\frac{11}{32}$	3.0	$\frac{1}{4} - 10$
B	$\frac{21}{32}$		$\frac{7}{16}$	5.4	11-25
C	$\frac{7}{8}$		$\frac{17}{32}$	9.0	15-100
D	$1\frac{1}{4}$		$\frac{3}{4}$	13.0	50-250
E	$1\frac{1}{2}$		1	21.6	100 o más

Los ángulos de contacto para una distancia entre centros de $13\frac{3}{4}$ " pulgadas son:

$$\theta_s = \pi - 2 \sin^{-1} \left(\frac{D-d}{2C} \right) = \pi - 2 \sin^{-1} \left(\frac{7-3}{2(13.75)} \right) = 2.85 \text{ radianes}$$

$$\theta_L = \pi + 2 \sin^{-1} \left(\frac{D-d}{2C} \right) = \pi + 2 \sin^{-1} \left(\frac{12-3}{2(23)} \right) = 3.43 \text{ radianes}$$

Ahora calcular la longitud de banda:

$$L = \sqrt{4C^2 - (D-d)^2} + \left(\frac{1}{2} \right) (D\theta_L + d\theta_s)$$

$$L = \sqrt{4(13.75 \text{ in})^2 - (7 \text{ in} - 3 \text{ in})^2} + \left(\frac{1}{2} \right) [(7 \text{ in})(3.43) + (3 \text{ in})(2.85)]$$

$$L = 43.5 \text{ in}$$

Seleccionamos el tamaño estándar más próximo A44. En la tabla siguiente se muestra que una banda A44 tiene una longitud de paso de 41.3 pulgadas.

TABLA 8
CONVERSION DE PERIMETROS INTERIORES A LONGITUDES DE PASO

Sección de banda	A	B	C	D	E
Cantidad a sumar al perímetro interior, in	1.3	1.8	2.9	3.3	4.5

La velocidad de la banda es:

$$V = \frac{\pi dn}{12} = \frac{(\pi)(3)(95)}{12} = 74.61 \text{ pie}/\text{min}$$

Las poleas serán de dos canales porque se van a utilizar dos bandas para la transmisión de la potencia requerida en el proceso de producción, la cual es de 0.55 HP. La banda seleccionada es 9440 13A1120 (1/2" x44-3/8").

Diseño y selección de rodamientos

Tipo de cargas:

De acuerdo al diseño de la máquina, esta presenta solo cargas radiales, pues en ningún caso se ha encontrado cargas de tipo axial.

Las cargas radiales están determinadas por las reacciones de cada uno de los ejes, se tomará las de mayor valor, por cuanto requiere de márgenes de seguridad apropiados a las condiciones del diseño, estas cargas se presentarán en la tabla.

Análisis estático

Bajo una sollicitación a carga estática, se calcula el factor de esfuerzos estáticos f_s , para demostrar que se ha elegido un rodamiento con suficiente capacidad de carga.

$$f_s = \frac{C_o}{P_o}$$

f_s ; Factor de esfuerzos estáticos

C_o ; Capacidad de carga estática (KN)

P_o ; Carga estática equivalente (KN)

Este factor de esfuerzos f_s es un valor de seguridad contra deformaciones elevadas en los puntos de contacto de los cuerpos rodantes, Para que el rodamiento que giran con mayor facilidad, se elije un factor de esfuerzos alto. Si las exigencias de suavidad de giro son más reducidas, bastan valores bajos. En general se pretende conseguir los siguientes valores:

$$f_s = 1,5 - 2,5 \text{ para exigencias elevadas.}$$

$$f_s = 1,0 - 1,5 \text{ para exigencias normales.}$$

$f_s = 1,0 - 1,5$ para exigencias reducidas.

La carga equivalente P_o (KN) es un valor teórico. Es una carga radial en rodamientos y una carga axial y centrada en los rodamientos axiales.

P_o Origina la misma sollicitación en el punto de contacto más cargado entre cuerpos rodantes y camino de rodadura que la carga combinada real.

$$P_o = X_o \cdot F_r + Y_o \cdot F_a$$

P_o Carga estática equivalente (KN)

F_r Carga radial (KN)

F_a Carga axial (KN)

X_o Factor radial=1

Y_o Factor axial=0

Análisis dinámico

El comportamiento de un rodamiento, se determina por la carga dinámica equivalente P , la misma que se evaluará por la siguiente ecuación:

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

Donde:

X : Factor radial = 1

Y : Factor de empuje = 0

F_r : Carga radial aplicada (KN)

F_a Carga de empuje=0 (KN)

Por lo tanto: $P = F_r$

La carga dinámica C, se determina con la Ecuación:

$$C = P \cdot \frac{f_i}{f_n}$$

Siendo:

f_i Factor de esfuerzos dinámicos

C Capacidad de carga dinámica (KN)

P Carga dinámica equivalente (KN)

f_n Factor de velocidad.

El factor de velocidad se halla con la siguiente fórmula:

$$f_n = \sqrt[p]{\frac{33 \frac{1}{3}}{n}}$$

Siendo:

p: El exponente de vida= 3 (rodamiento de bolas)

n: La velocidad (rpm)=81rpm

$$f_n = 0.74$$

El factor de esfuerzos dinámicos se halla con la siguiente fórmula:

$$f_L = \sqrt[p]{\frac{L_n}{500}}$$

Siendo:

p: El exponente de vida= 3 (rodamiento de bolas)

L_h : Vida nominal \cong 20000 horas

$$f_L = 3.42$$

TABLA9

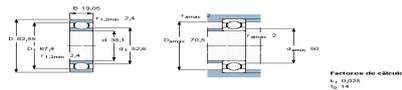
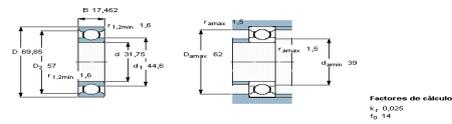
RESUMEN DE SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Eje	Fr (KN)		fs	Co req (KN)		Co rod (KN)	fL	Fn	C req(KN)		C rod (KN)	ϕ (mm)	Serie (rod)
	Pto A	Pto C		Pto A	Pto C				Pto A	Pto C			
	1	0.34		1.60	1.3				0.44	2.09			
1	0.34	1.60	1.3	0.44	2.09	6.8	3.42	0.74	1.57	7.4	10.2	35	6007 2RS

Fuente: Tabla de rodamientos SKF

Con los resultados obtenidos se concluye que los rodamientos seleccionados (A partir de tablas de rodamientos SKF ver en Apéndice C) cumplen con las condiciones estática y dinámica, además se seleccionaron con la ejecución 2RS por las placas de obturación por ser el producto alimenticio.

Luego de seleccionar el rodamiento se procede a determinar la chumacera. En nuestra máquina se necesitarán cuatro chumaceras: dos de pared y dos de piso. La chumacera de pared va ubicada en la bandeja y es de la serie **UCP207-23** con un diámetro de **36 mm** y la chumacera de piso tiene un diámetro de **36mm** in va ubicada en el bastidor y es de la serie **UCF207-23**



Diseño de chaveta para la polea conductora

El material que se emplea para chavetas pro lo general es uno con bajo contenido de carbono (0,2 % C o menos) acabado en frío por tanto un acero 1020 tiene la siguiente característica:

Acero SAE 1020 (acabado en frío)

Resistencia al fluencia $S_y = 4640 \text{ Kg/cm}^2$

Fuerzas en la chaveta

Para evaluar la resistencia de la chaveta se considera que el espesor de la chaveta es de $\frac{1}{4}$ del diámetro del eje, para nuestro caso el diámetro del eje es de 1 1/2 pulgada por tanto el espesor de la chaveta es de $\frac{1}{4} \text{ in} = 6.35 \text{ mm}$.

Falla por cizalladura

Al conocer el torque se determina la longitud de la chaveta, para ello se aplica la siguiente fórmula:

$$L = \frac{2 \cdot T}{S_{yt} \cdot b \cdot D}$$

Donde:

T: Momento torsor ejercido por el motor en Kg.cm

D: Diámetro del eje en cm

b: base de la chaveta en cm

El valor de S_{yt} se lo calcula con la siguiente fórmula:

$$S_{yt} = \frac{S_y}{2 \cdot n}$$

Donde:

S_y : Resistencia máxima a la tensión en Kg/cm²

n: coeficiente de cálculo sobre la resistencia de fluencia que va de:

- 1,5 para cargas uniformes
- 2 a 2,25 para cargas ligeras
- 4,5 para cargas severas

Falla por compresión

Se procede a determinar la longitud de la chaveta, para ello se emplea la siguiente fórmula:

$$L = \frac{4 \cdot T}{S_c \cdot b \cdot D}$$

Donde:

T: Momento torsor ejercido por el motor en Kg.cm

D: Diámetro del eje en cm

b: base de la chaveta en cm

para calcular el valor de S_c se aplica la fórmula:

$$S_c = \frac{S_y}{n}$$

Siendo:

S_y : resistencia máxima a la tensión en Kg/cm²

n: coeficiente de cálculo sobre la resistencia de fluencia:

- 1.5 cargas uniformes
- 2 a 2.25 cargas ligeras
- 4.5 cargas de choque severas

DENOMINACIÓN EN EL EJE	D(CM)	T(KG.CM)	SECCIÓN T=B (CM)	CIZALLADURA (CM)	COMPRESIÓN (CM)
polea conducida	3.18	540	0.635	0.53	0.48

Por lo tanto la chaveta tendrá la siguiente longitud a fabricar: desde

3.0 a 4.5 cm

Diseño del bastidor

Para diseñar el bastidor se tendrá en cuenta una carga distribuida de

0.162 lb/cm y el peso de los elementos que es de 220 lb además se

empleará **ÁNGULO 2"x3/16"** 6m A-36 que son elementos estructurales fabricados por procesos de laminación en caliente de palanquillas provenientes de la colada continua, por medio de la cual se les da secciones transversales con formas de "L" con aletas iguales. Los perfiles angulares son muy utilizados en todo el mundo para la construcción de torres de transmisión eléctrica, torres de telecomunicaciones, fabricación de vigas y columnas en celosía, cerchas, arriostramientos y en cerrajerías en general.

La estructura se encuentra sometida a las cargas que se presentan en el gráfico siguiente:

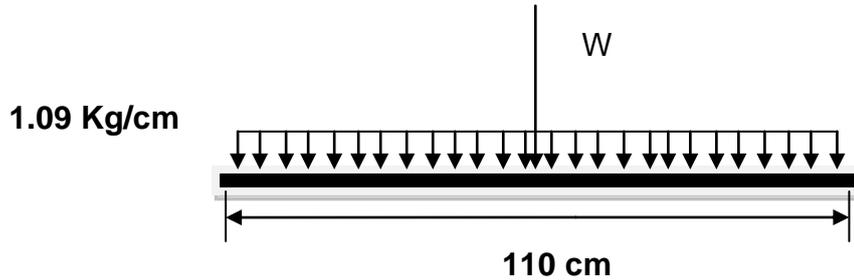


FIGURA 4.5 CARGAS ACTUANTES EN EL BASTIDOR

Colocando el peso equivalente de la carga distribuida:

$$W_{eq} = 1.09 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} \times 89.4 \text{ cm} = 97 \text{ Kg} \rightarrow W_{eq} = 97 \text{ Kg}$$

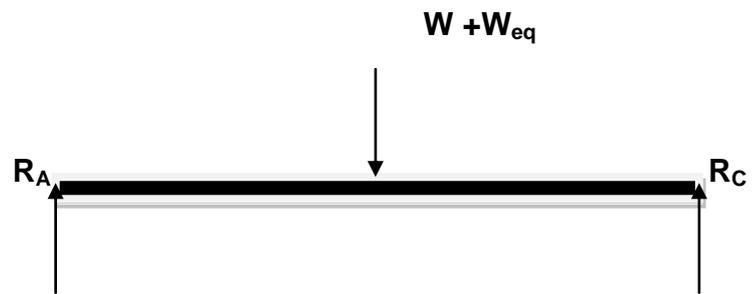


FIGURA 4.6 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE

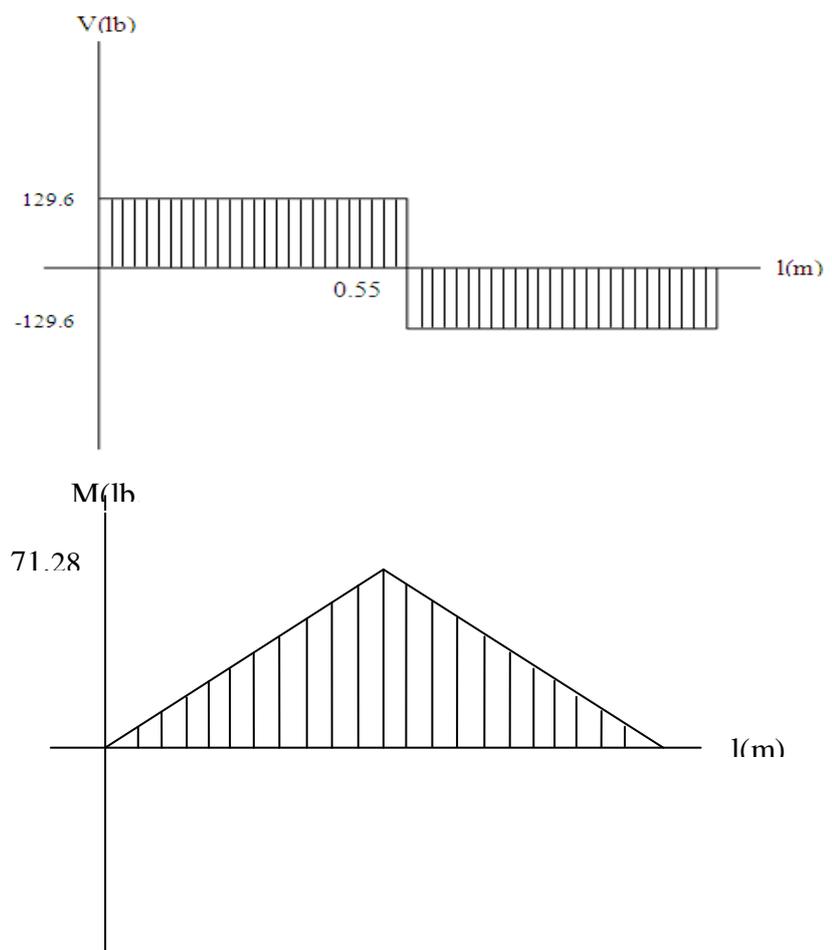


FIGURA 4.6 DIAGRAMAS DE CORTANTE Y DE MOMENTO

TABLA10
DISEÑO DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL

Descripción	Símbolo	Ecuación	Resultados
Carga Distribuida (Kg)	W_{eq}	$W_{eq} = 1.09 \frac{Kg}{cm} \times 89.4cm$	97
Carga aplicada (Kg)	W	Puntual	68
Reacción A (Kg)	R_A	$\sum F_y = 0$	82.5
Reacción C (Kg)	R_C	$\sum M_A = 0$	82.5
Momento (Kg.cm)	M	Área del Diagrama Cortante	4875.8
Área (cm ²)	A	Ver en Apéndice D	4.66
Inercia (cm ⁴)	I	Ver en Apéndice D	11.28
Inercia angular (cm ³)	w	Ver en Apéndice D	3.08
Radio de giro (cm)	C	Ver en Apéndice D	1.55
Esfuerzo de rotura	S_{ut}		4183.67
Esfuerzo máximo	$\sigma_{m\acute{a}x}$	$\sigma_{max} = \frac{M \cdot c}{I}$	669.99
Esfuerzos a y m	σ_a	$\sigma_a = \sigma_m = \frac{\sigma_{max}}{2}$	334.99
Esfuerzos equivalentes $\left(\frac{Kg}{cm^2}\right)$	σ_{eq}	$\sigma_{eq a} = \sigma_{eq m} = \sqrt{\sigma_a^2 + 3}$	338.44
Factor de acabado superficial	K_a	$\frac{S_{ut}^b}{A}$	0.88
Factor de tamaño	K_b	$1.189d^{-0.097}$	0.855
Factor de confiabilidad	K_c	Con un R=0.9	0.897
Factor de Temperatura	K_d	Parámetros	1
Concentración de tensiones	K_e	Parámetros	1
Efectos de corrosión	K_g	Parámetros	1
Límite de fatiga	S_e	$0.5S_{ut}$	2091.87
Límite Real de Fatiga	S_e	$K_i \cdot S_e'$	1411.81
Factor de Seguridad	n	$\frac{\sigma_{eq a} + \sigma_{eq m}}{S_e} = \frac{1}{n}$	3.12

4.3 Aplicación del programa Solidworks para el bosquejo de los planos de construcción

Con el avance tecnológico para el bosquejo de planos de construcción actualmente se hace uso de Solidworks un software útil en este tipo de diseño y construcción de máquinas para la producción, sabiendo que con este programa se mejora la presentación de los elementos y componentes de las máquinas pues se aprecia en 3D, lo que ayuda en la comprensión de los constructores y/o técnicos con lo que quiere el ingeniero al final de la obra o proyecto. En este proyecto se realizaron planos de construcción y ensamblaje de la amasadora de pan (Ver los planos en el Apéndice E).

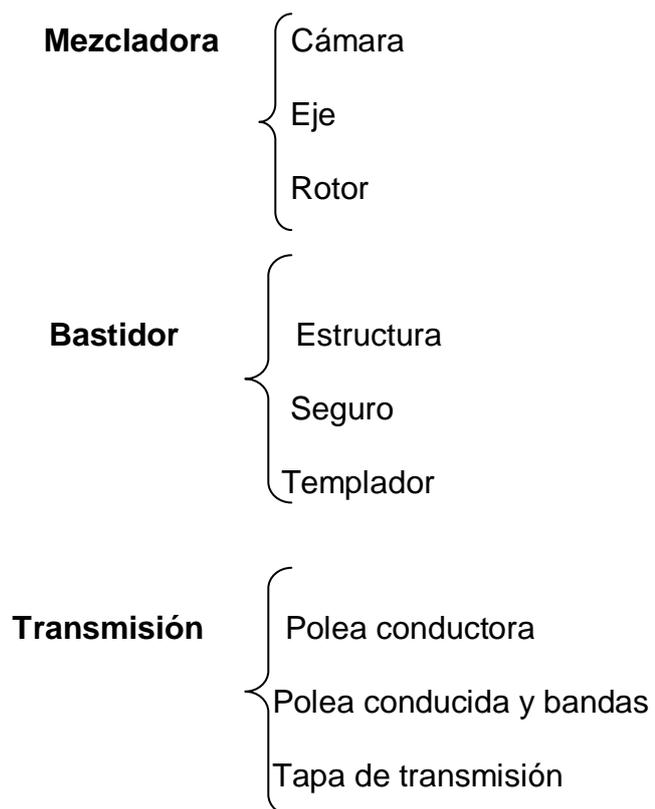
4.4 Diagrama de Gantt

Como ya es conocido por todos los profesionales encargados de proyectos, el Diagrama de Gantt, es una herramienta aplicada en la planificación de proyectos. En el desarrollo de este punto (diagrama e informe) se aplicó el software *gantt-project-2.0.9*(Ver en Apéndice F), y se emplea para el manejo de los tiempos en la ejecución del proyecto. Com principales en estos tiempos tenemos: Estudio de mercado y justificación de la máquina (presentado en el capítulo 3), Diseño de la máquina (presentado en el capítulo 4) y la construcción

de la amasadora que es presentada a continuación en el siguiente subtema.

Construcción de la Máquina

Dentro de este aparatado del proyecto, se lo desarrollo de acuerdo a las partes constitutivas de la máquina empezando por la mezcladora, bastidor y luego la transmisión; todo basado en los planos de construcción realizados previamente.



Mezcladora: Componente de la máquina constituido por las partes ya mencionadas en el cuadro sinóptico anterior y es el lugar donde se ingresará la materia prima (ingredientes de la masa) para luego obtener el producto alimenticio terminado “masa para pan”. Por tal razón esta parte de la máquina está construida íntegramente de acero inoxidable que es el acero que se recomienda usar en la industria alimenticia.

Cámara.- El material empleado para la cámara es una plancha acero inoxidable SAE 316 con un espesor de 2 mm. De acuerdo a los planos está conformada por una cámara, dos tapas laterales con atiesadores y una tapa superior (Ver planos de construcción 02-03-04 en el Apéndice E).

Para construir la cámara verificamos las medidas de corte (1520 mmX894 mm) y doblado (15mm) en el Plano2 en el Apéndice E y marcamos la plancha, a continuación cortamos con el EQUIPO de PLASMA (200-230V) que corta planchas de espesores hasta 6.35mm (1/4 in), se lleva la plancha cortada a la máquina de doblado y luego a la roladora para darle la forma de semicírculo en el fondo de la misma con la medida de ϕ 447mm. Las tapas laterales se cortaron con plasma (640mmX447mm) ver Plano 3en el Apéndice E al igual que el agujero de 39 mm para el eje luego se le realizó el doblado de 15 mm.Los atiesadores como su nombre lo indica son para dar rigidez y

evitar que se pandearán las paredes laterales de la bandeja. Son en forma de U (ver plano 04 en el Apéndice E) para medidas es igualmente cortado con plasma y doblado en el borde.

La tapa superior es cortada con plasma y doblada en todos sus extremos, también lleva una manigueta que es elaborada de la plancha de 2 mm; para las medidas. (Ver Plano 6 en el Apéndice E).

Para el ensamblaje (Ver Plano E-1 en el Apéndice E) de las partes que conforman la cámara se empleo soldadura especial TIG (Tungsten Inert Gas) debido a sus grandes ventajas que son: arco estable y concentrado, factible de utilizar en todas las posiciones y en todo los tipos de juntas, buen aspecto del cordón como terminados suaves y lisos ausencia de salpicaduras y escorias evitando trabajos de limpieza aplicable a espesores finos desde 0.3 mm utilizable con o sin material de aporte. En este caso como nuestra junta es a tope y el espesor es de 2 mm los parámetros de soldadura son 98 Amperes por ser en posición vertical, el diámetro del electrodo de tungsteno es de 1.6 mm, el diámetro del material de aporte es de 2.0 mm con una velocidad de soldadura entre 170-220 mm/min, un caudal de gas Argón de 7-9 l/min con una pasada (Datos obtenidos del manual AGA). De acuerdo a las normas AWS el electrodo de tungsteno es E 316 L16 y el de aporte es ER 70S - 6

Eje.- Para el maquinado del eje se empleo un eje de acero inoxidable SAE 304 ϕ 1 ½ in (38.1 mm) (todas las medidas verificar en el PLANO 01 en el Apéndice E), cortamos el eje de 1280 mm con el arco de sierra de manual, luego todo el proceso es maquinado, así es el caso en el TORNO se utilizó cuchillas ASAB 17 (acero blanco) para maquinar todas las medidas diametrales para el rotor ϕ 38.1 mm (1 ½ in), para las chumaceras de piso y pared de ϕ 36.0 mm y la polea de 30.0 mm y la FRESADORA se empleó para maquinar las canales de 3.0 mm de las chavetas que se acoplaran los bujes del rotor.

Rotor.- Para el rotor se empleo ángulos de acero inoxidable SAE 316 40mmX 6 mm y dos bujes de acero inoxidable SAE 304 ϕ 70.0 mm. Como se aprecia en el Plano P11 en el Apéndice E, está conformado por tres brazos construidos a partir de los ángulos con similar medida longitudinal de 885 mm pero diferente medida diametral siendo estas tres: ϕ_{mayor} 180 mm, ϕ_{medio} 135 mm y ϕ_{menor} 90 mm; con la finalidad de golpear la masa en tres posiciones diferentes y darle más conformidad a la masa. Estos fueron ensamblados con soldadura MIG entre si dentro de la bandeja. En este caso como nuestra junta es a tope y el espesor es de 6 mm los parámetros de soldadura son 310 Amperes por ser en posición horizontal, el diámetro del electrodo de tungsteno es de 3.2 mm, el diámetro del material de aporte es de 4 mm con una

velocidad de soldadura entre 60-90 mm/min, un caudal de gas Argón de 10-12 l/min con una pasada (Datos obtenidos del manual AGA). De acuerdo a las normas AWS el electrodo de tungsteno es E 316 L16 Y el de aporte es ER 70S - 6 y también soldados a los bujes que fueron fresados interiormente para realizar las canales para acoplarlos al eje principal evitando movimientos radiales que no vayan junto al movimiento del rotor con el eje principal; estos bujes también tienen prisioneros de 3/8 in, para acoplar estos prisioneros se hizo uso de una broca 7/16" en el taladro de pedestal y se realizó la rosca con machuelo de 3/8" UNC.

Bastidor.- El material empleado para el bastidor es acero estructural SAE 1018 con ángulos de 2 in X3/16 in. Para las medidas nos basamos en el Plano P-7 en el Apéndice E y de igual forma fueron cortados con plasma y para adherirlos se empleo soldadura MIG (Metal Inert Gas) que tiene similares características y ventajas que la soldadura TIG, para este caso empleamos electrodo ER 70S 6 (alambre) de acuerdo a la Norma AWS.

En el bastidor se encuentran acoplados el seguro y el templador. El seguro es de un eje de acero SAE 1018 fue maquinado en el TORNO es acoplado a rosca los dos pines de seguridad y a presión con el mango (Ver plano E02 en el Apéndice E), el templador está diseñado

con dos planchas de SAE 1020 y dos bisagras torneadas una para la plancha que sostiene al motor a través de una brida y la otra para el perno que hace de templador.

Transmisión.-Acoplar finalmente las poleas de 3in al eje del motor y la de 7in al eje principal acoplados con las chavetas y prisioneros de 3/8 in correspondientes, para finalmente ubicar las bandas para la transmisión de la potencia del sistema y con la tapa de seguridad (Ver PLANO 12 en el Apéndice E), construida a partir de una plancha de acero SAE 1018 de un espesor de 2.0 mm en este caso también se empleo plasma para el corte y soldadura MIG. (Ver planos de ensamble general: Plano E03 y Plano E04 en el Apéndice E). Para ver más detalles fotográficos de la construcción ver en el Apéndice H.

4.5 Análisis Económico

En el cálculo de los materiales de construcción se analiza por separado cada elemento mecánico del diseño de la máquina y se determinó parámetros necesarios para la construcción como para la compra de los mismos.

Bandeja.- Está construida de acero inoxidable.

Cuerpo de la bandeja: 1506.2mm X 894.0 mm X 2.0 mm

$$V = abc = 2.7 \times 10^6 \text{mm}^3 = 2.7 \times 10^{-3} \text{m}^3$$

$$\text{Si el } \gamma = 8200 \text{ Kg/m}^3 \rightarrow m = 22.1 \text{ Kg}$$

Dos tapas laterales: 574.5 mm X 447 mm X 2.0 mm

$$V = abc = 5.14 \times 10^5 \text{ mm}^3 = 5.14 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\text{Si el } \gamma = 8200 \text{ Kg/m}^3 \rightarrow m = 4.2 \text{ Kg} \rightarrow m' = 8.4 \text{ Kg}$$

Tapa superior: 960 mm X 500 mm X 2.0 mm

$$V = abc = 9.6 \times 10^5 \text{ mm}^3 = 9.6 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\text{Si el } \gamma = 8200 \text{ Kg/m}^3 \rightarrow m'' = 7.9 \text{ Kg}$$

Siendo: $M = m + m' + m'' = 38.4 \text{ Kg}$, es necesario comprar una plancha de 1220X2440, cuyo peso aproximado es de 46 Kg.

Eje:

$$\text{Dimensiones: } \emptyset = 1 \frac{1}{2} \text{ in} = 38.1 \text{ mm} \quad L = 1280 \text{ mm}$$

$$V = \frac{\pi \emptyset^2 L}{4} = 1.46 \times 10^6 \text{ mm}^3 = 1.46 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\text{Si el } \gamma = 8200 \text{ Kg/m}^3 \rightarrow m = 11.96 \text{ Kg} \text{ o si el peso lineal de } 8.9 \text{ Kg/m}$$

tenemos un peso de 11.39 Kg

Brazos.- Construido de ángulos de acero inoxidable con dimensiones:

40mm X 40mm X 6mm

$$L_{\text{BRAZO}} = 180 + 880 + 180 = 1240 \text{ mm} = 124 \text{ cm} = 1.24 \text{ m}$$

$$L_{\text{BRAZO}} = 90 + 880 + 90 = 1060 \text{ mm} = 106 \text{ cm} = 1.06 \text{ m}$$

$$L_{\text{BRAZO}} = 135 + 880 + 135 = 1150 \text{ mm} = 115 \text{ cm} = 1.15 \text{ m}$$

Se suman las tres longitudes y nos da un resultado total de 3.45m por lo que se tiene que comprar un ángulo de 6m, que es lo que se encuentra en el mercado.

Si el peso aproximado es $\gamma_l = 1.12 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \rightarrow m = 3.84 \text{ Kg}$.

Bastidor.- Está construido de ángulos de acero estructural, con dimensiones 2 in X 2in X 3/16 in

$$L_{\text{total}} = 4600 \text{ mm} + 4300 \text{ mm} = 8900 \text{ mm} = 8.9 \text{ m}$$

Entonces se tienen que comprar dos ángulos de 6m

Si el peso aproximado es $\gamma_l = 1.12 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \rightarrow m = 9.97 \text{ Kg}$

Además se utilizaron 2 chumaceras de pie y 2 chumaceras de pared, 2 poleas, 1 motoreductor, 2 bandas.

Poleas: De dos canales con diámetros de 3 in y 7 in.

Motoreductor: Trifásico de ½ HP

Bandas: Dos de sección A44

Los datos para cálculos y conclusiones generales fueron tomados de las (Tablas IBCA ver en Apéndice G).

Cálculo de costos para la construcción de la máquina

En esta parte del proyecto se aplicó el método PERT, basado en la suma de los costos directos e indirectos y determinar utilidades para establecer finalmente el valor de venta de la amasadora, seguidamente realizar la comparación con la máquina importada y sacar las conclusiones favorables para el panificador.

Costos Directos

Son los costos que se derivan por los materiales que se emplean en la construcción de la máquina.

TABLA 11

COSTOS DE LA BANDEJA AMASADORA

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN	PESO	TOTAL (\$)
Plancha	Inoxidable SAE 316L	1220x2440 e=2 mm	38.4 Kg	280
Eje redondo	Inoxidable SAE 304	$\varnothing = 1 \frac{1}{2} \text{ in}$	11.96 Kg	81.53
Ángulos	Inoxidable SAE 304	40X6 mm	3.87 Kg	80
Bujes	Inoxidable	$\varnothing = 70 \text{ mm}$	1.67 Kg	24

Fuente: Facturas de compra de materiales

TABLA12
COSTOS DE LA TRANSMISIÓN DE LA AMASADORA

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN	PESO	TOTAL (\$)
Motoreductor	Weg	Trifásico	12	280
Ángulos	SAE 1018	2in X 3/16 in	9.97	40.62
Poleas	A2	3 in y 7 in	3.3	60
Fuente : Facturas de compra de materiales				
Fuente: Facturas de compra de materiales				
Bandas	13A1120	44 in	0.2	17
Chumaceras	2 de pie y 2 de pared	UCP207-23 UCF207-23	4	65.96
Pernos	Hexagonales	1/2" 3/4" 3/8"	0.4	19.80

Fuente: Facturas de compra de materiales

Argón = 64.40

Consumibles (Discos de corte y desbaste, pulimentado para soldadura de acero inoxidable con base alimenticia, pinturas) =51.18

Los costos directos dan un valor total de: \$ 1064.49=\$ 1064.50

Costos Indirectos

Los costos indirectos son los que se derivan:

- Agua ,Luz, internet, Alquiler de maquinaria que no tenga el taller, Impresiones, Movilización, otros: \$ 115=\$ 115

- La mano de obra de los operadores que es cuarenta por ciento de los costos directos: $0.4 \times \$1064.50 = \$ 425.80$

Costos indirectos:

Dan un valor total de: \$ 540.80

Costos Generales.

Es la suma de los costos directos e indirectos, dando un costo general de la máquina: \$1605.30

Utilidad.- Es la parte representativa para el dueño del proyecto es el cuarenta por ciento del costo general, dando un total de utilidad de \$ 642.12

Valor de venta de la máquina.- Es la suma del costo general mas la utilidad, que da un resultado de \$ 2247.42

Podemos comprobar que la técnica de estimación de costos es válida pues si revisamos la tabla de acopio de estimación de costos tomada de la tesis de Reparación de Equipos Pesados empleando Sistemas de Soldadura (Ing. Marino Velástegui) concuerda con nuestro análisis.

4.6 Pruebas y Ajustes

El desarrollo de la prueba consiste en dar arranque a la máquina con carga para verificar los resultados obtenidos con los valores nominales, a continuación presentamos la siguiente tabla:

TABLA 13
RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS VALORES NOMINALES

MAGNITUDES	VALORES NOMINALES	VALORES MEDIDOS
Masa	50 KG de harina	90 Kg de masa
Tensión o voltaje	220V / 380V	330 V
Intensidad de Corriente	1.9 A / 1.1 A	1.5.A
Tiempo de proceso	30 a 40 minutos (manual)	20 minutos (máquina)
RPM	42	42

Fuente: Prueba realizada en la empresa que adquirió la máquina

De los resultados obtenidos podemos concluir que la máquina esta trabajando a tope o con un límite que es de no exceder o sobredimensionar la carga establecida, lo que puede provocar falencias o reducir el tiempo de vida del motor.

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo final se resaltan los resultados finales de la máquina, abarca todos los aspectos importantes que se deben recalcar desde la construcción y manejo de la máquina tanto para los constructores como para las personas que adquirirán la amasadora de pan respectivamente.

Conclusiones:

- El objetivo principal de la tesis se consiguió: “Diseñar y construir una máquina para amasar pan con una capacidad de 100 Kg/h de

producción, accionada por un motor trifásico, lo que satisface las necesidades y requerimientos establecidos por el cliente.

- Para la construcción se aplicaron conocimientos y recursos que nos presenta la nueva tecnología como son: Dibujo aplicado de planos a través del programa SOLIDWORKS para el diseño en 3D, Soldaduras especiales TIG Y MIG en los procesos de manufactura de la máquina como también el conocimiento en maquinas-herramientas para que se cumpla la fiabilidad de la máquina determinada en el diseño de la amasadora y su excelente presentación.
- Siendo una máquina muy práctica tanto en construcción y mantenimiento es factible aumentar o reducir las revoluciones por minuto u otro parámetro de diseño, al cambiar algún elemento mecánico de transmisión.
- Luego de realizar la prueba de ensayo se observó y se registró datos técnicos sobre el proceso de producción: cuantitativos y cualitativos como: trabajar con la máquina durante la elaboración del pan es menos agotador y más práctico. Mejorando la técnica que evita el cansancio del proceso manual y reduce el tiempo de ejecución.

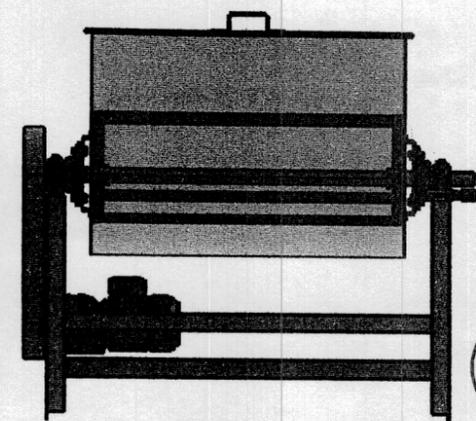
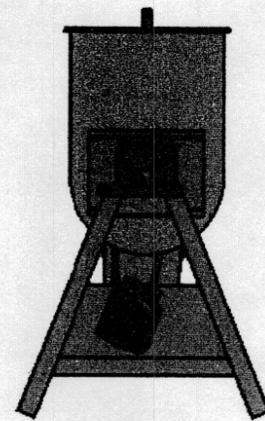
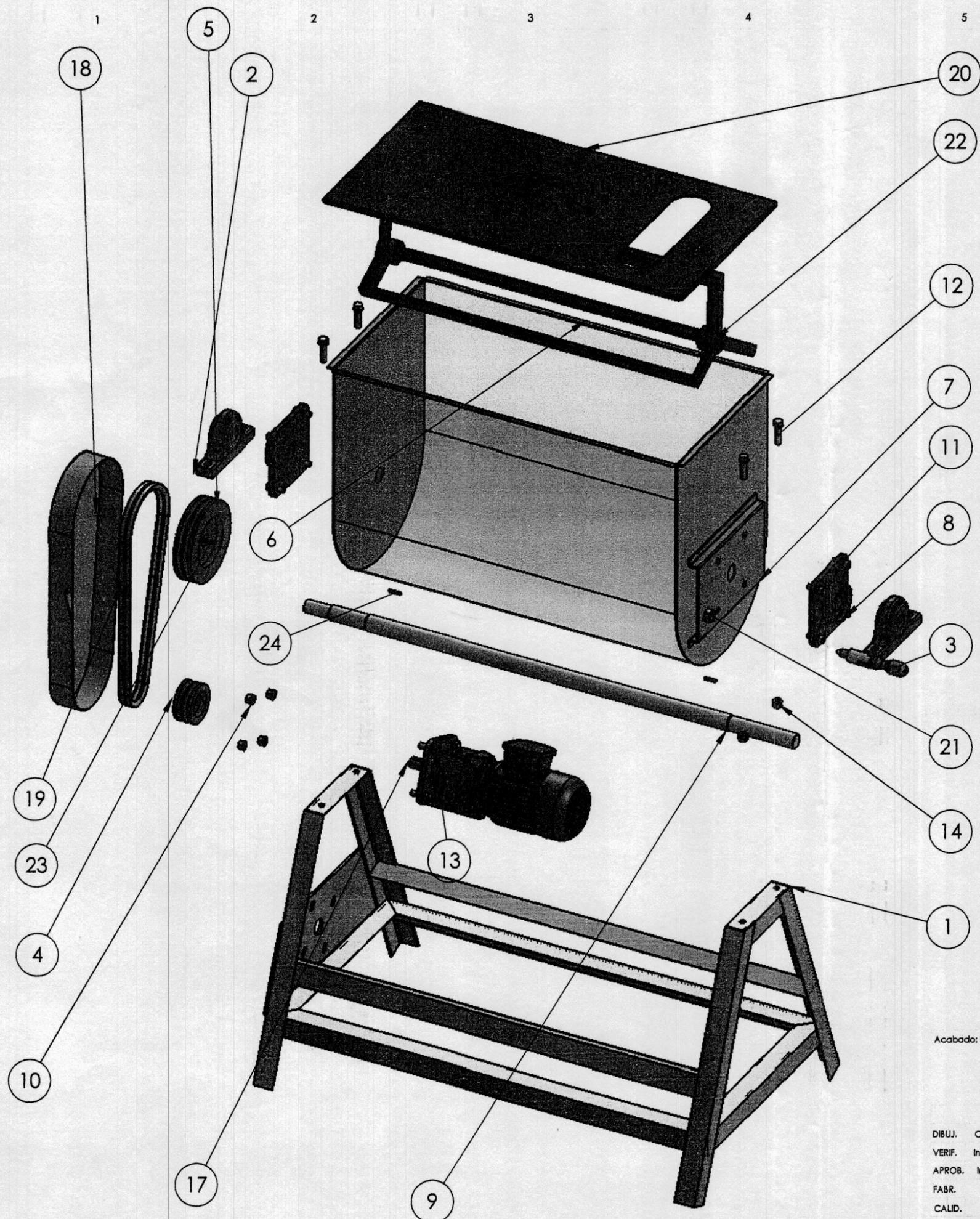
- Con los conocimientos adquiridos en la ESPOL y prácticas en diferentes empresas se realizó la selección correcta del material que se empleó para la construcción del componente de la máquina que está en contacto directo con la materia prima del producto: acero inoxidable; que es el metal establecido por las normas de calidad e higiene que se puede emplear para la construcción de máquinas aplicadas para la elaboración de productos alimenticios. Eliminando el contacto manual entre el obrero (panadero) y la masa de pan.

Recomendaciones:

- Al realizar una nueva investigación de campo (Técnicas Estadísticas) sobre las panificadoras en otras ciudades, tomar como referencia las realizadas por el INEC en el último censo de Población y Vivienda del año 2010, con la finalidad de comparar y obtener mejores resultados en los parámetros de diseño y/o estudio de mercado.
- Realizar pruebas de ensayo y comprobar la teoría sobre las fuerzas de estiramiento de la masa de pan que se aplicó en el diseño de la máquina antes de empezar los cálculos de los materiales, ya que

esto podría reducir los factores de seguridad y abaratar los costos de construcción.

- Seleccionar un buen técnico en la construcción de la máquina que tenga conocimiento sobre la lectura de los planos de construcción para que durante la elaboración de la máquina se eviten errores de en las medidas de algún elemento de la amasadora.
- Aplicar radiografías industriales para poder comprobar el estado y características de la soldadura aplicada y garantizar el trabajo realizado. También se debe acoplar el gas protector durante el proceso de soldadura TIG en la construcción de la máquina para que el cordón quede más limpio y con mejor acabado.



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Bastidor	1
2	Chumacera de pie	2
3	Seguro mecánico	1
4	Polea 3"	1
5	Polea 7"	1
6	Cámara armada	1
7	Placa Soporte	2
8	Chumacera de pared	2
9	Eje	1
10	Arandela Regular LW 1/2"	16
11	Arandela LW 7/16"	16
12	Perno Hex. 1/2" 20x2x1.25-N	4
13	Perno 1/2"-20x1.5x1.25-N	4
14	Tuerca 1/2"-20-D-N	8
15	Tuerca 7/16"-20-D-N	8
16	Allen 7/16" 20x1.25x1.25-N	8
17	Motorreductor	1
18	Tapa transmisión	1
19	Bandas V^Ensamble total	2
20	Tapa	1
21	Anillo de seguridad	1
22	Rotor	1
23	Chaveta	1
24	Chaveta media luna	2

Acabado:

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

PROYECTO:

Amasadora de pan

TÍTULO:

Ensamble explosionado
Lista de Materiales

NOMBRE: Carlos Espinosa
DIBUJ. Carlos Espinosa
VERIF. Ing. Marino Velastegui
APROB. Ing. Ernesto Martínez
FABR. TECNOS S&C
CALID.

FIRMA: [Signature]
FECHA: 03-08-11



MATERIAL:

Varios

N.º DE DIBUJO:

E4

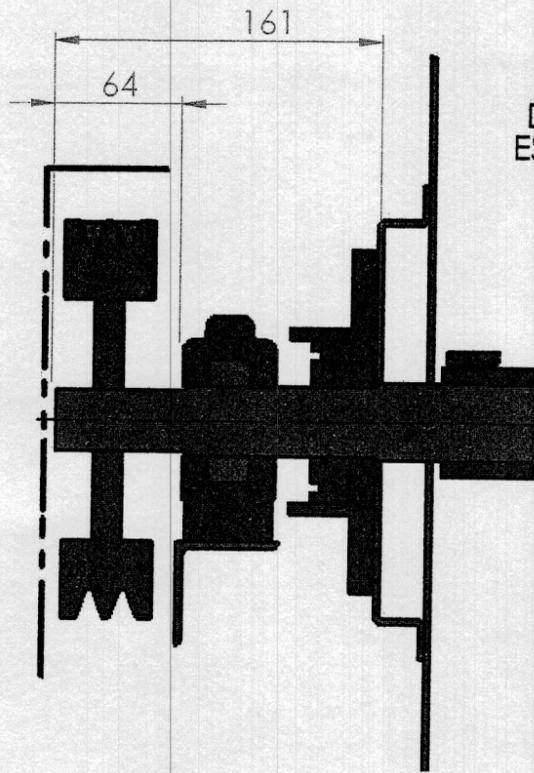
A3

PESO:

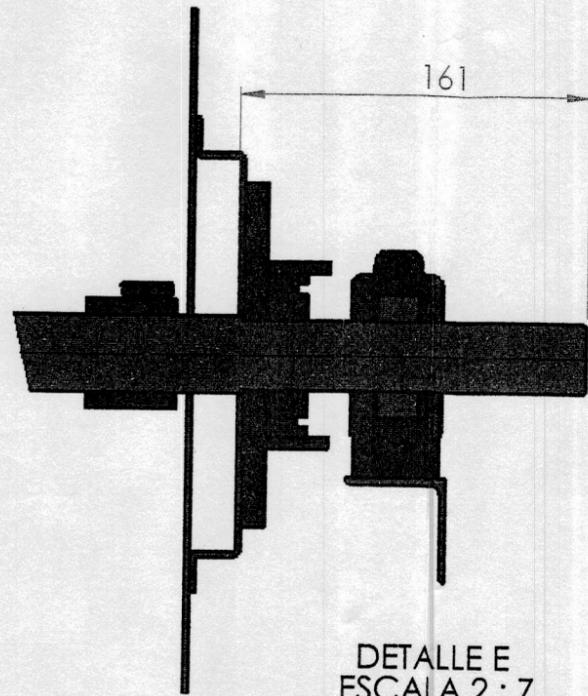
ESCALA: 1:10

HOJA 1 DE 1

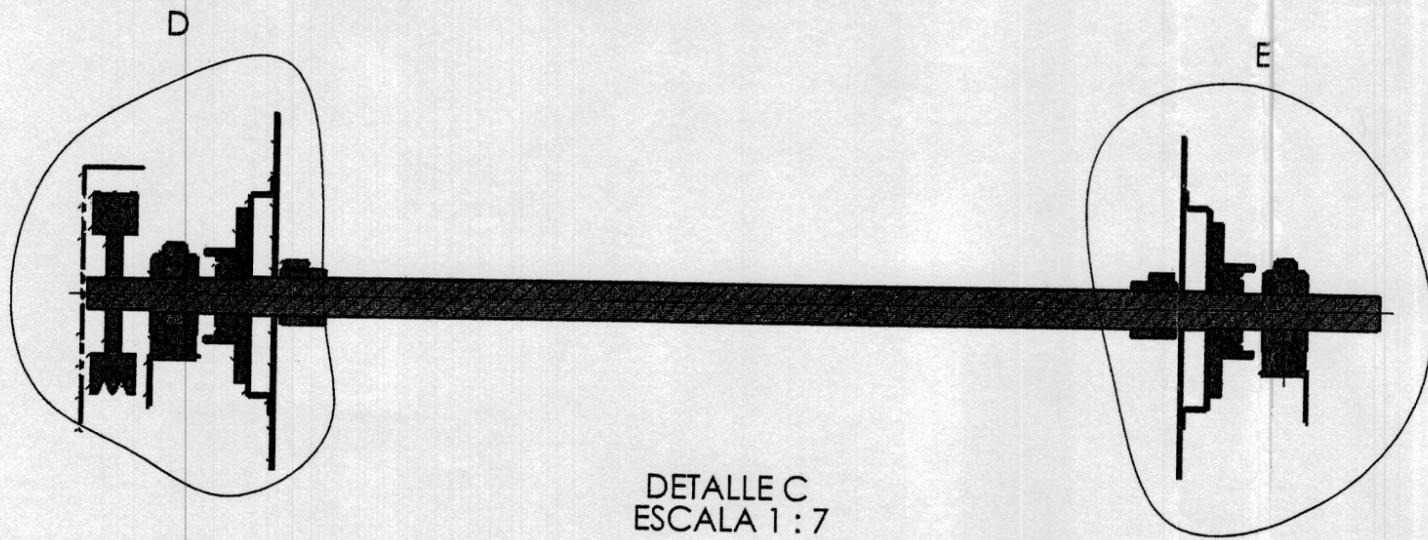
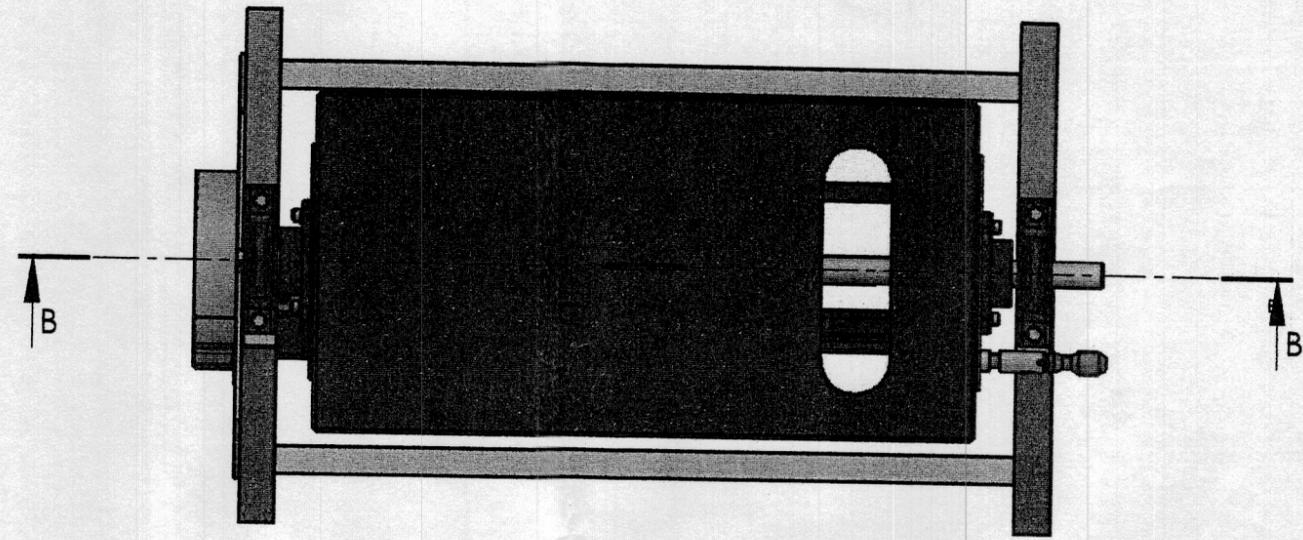
FIMCP - ESPOL



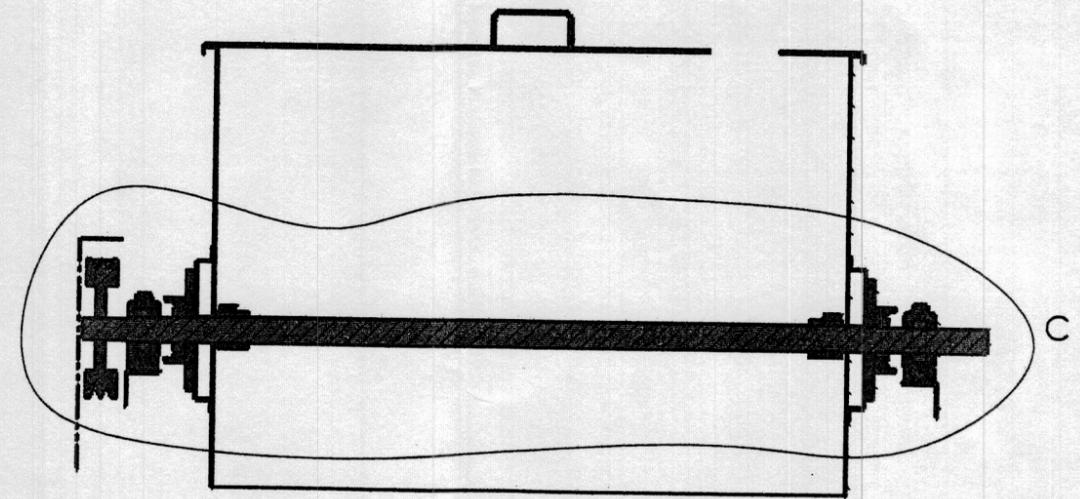
DETALLE D
ESCALA 2:7



DETALLE E
ESCALA 2:7



DETALLE C
ESCALA 1:7



SECCIÓN B-B
ESCALA 1:10

Acabado:

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

NOMBRE
DIBUJ. Carlos Espinosa
VERIF. Ing. Marino Velastegui
APROB. Ing. Ernesto Martínez
FABR. TECNOS S&C
CALID.

FIRMA
FECHA
03-08-11



PROYECTO: Amasadora de pan

TÍTULO: Ensamblaje Transmisión eje

FIMCP - ESPOL

MATERIAL:
Varios

N.º DE DIBUJO

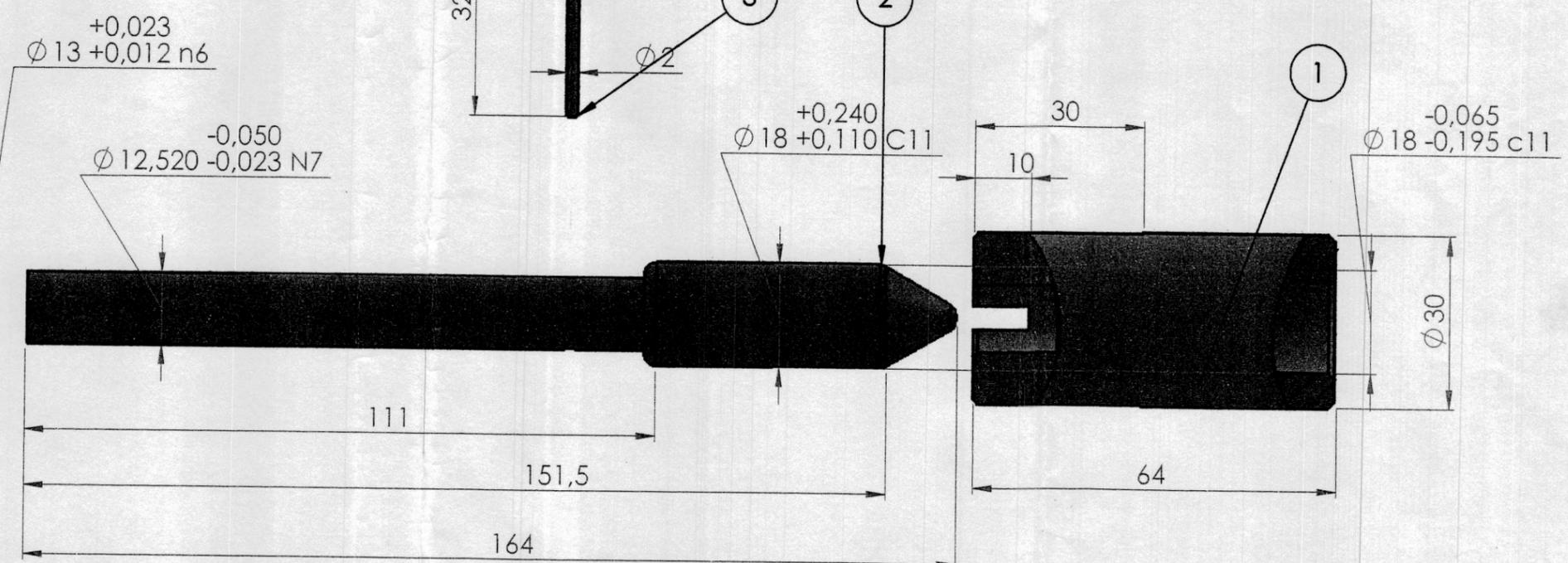
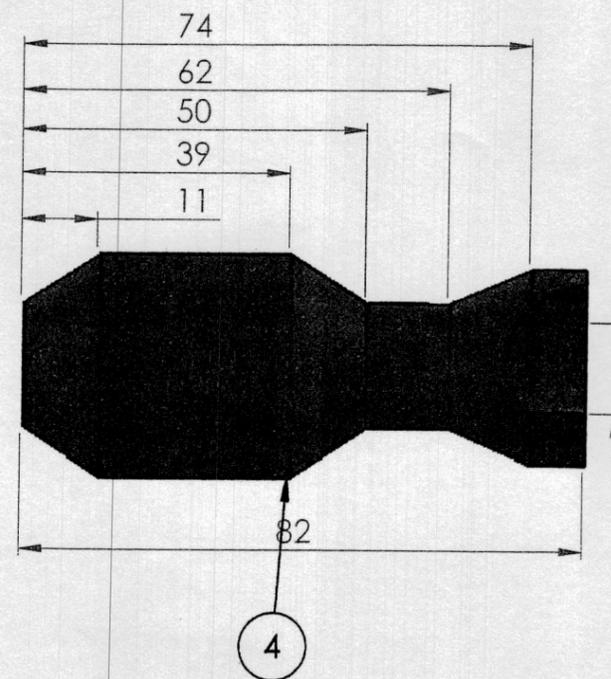
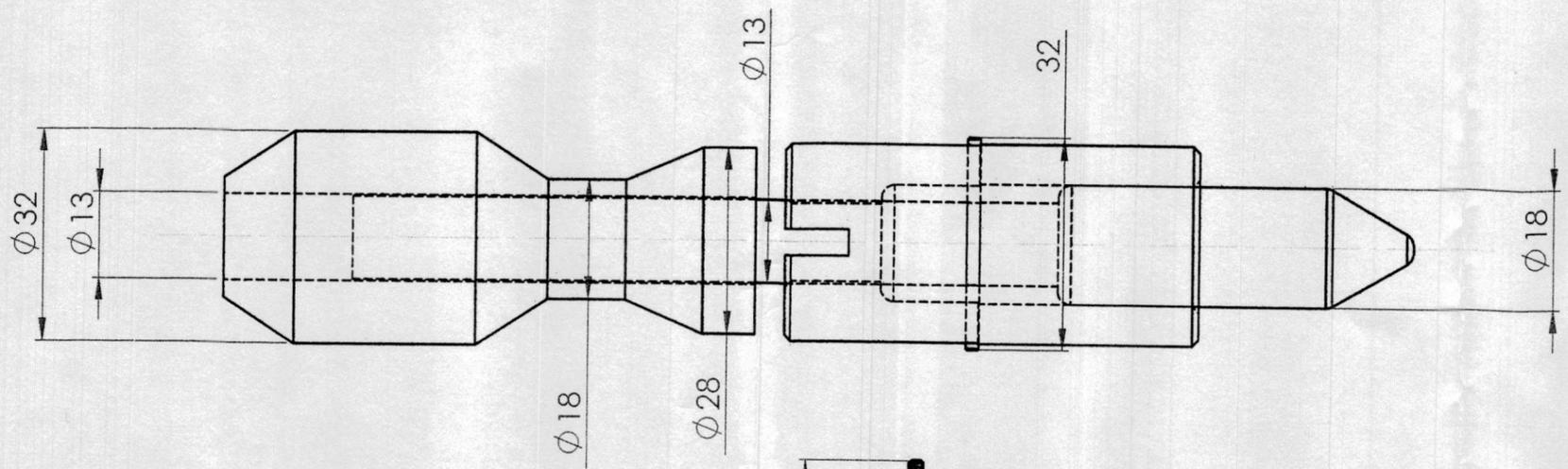
E3

A3

PESO:

ESCALA: 1:10

1 2 3 4 5 6 7 8



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Cilindro seguro	1
2	Pasador seguro	1
3	Pin del pasador	1
4	Mango seguro	1

Acabado: N7

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

PROYECTO: **Amasadora de pan**

TÍTULO: **Ensamble Seguro**

DIBUJ. Carlos Espinosa
 VERIF. Ing. Marino Velastegui
 APROB. Ing. Ernesto Martínez
 FABR. TECNOS S&C

NOMBRE: **FIMCP - ESPOL**
 FIRMA:
 FECHA: 03-08-11

MATERIAL: **Varios**

N.º DE DIBUJO: **E2**

PESO: **ESCALA: 1:10**

HOJA 1 DE 1



1 2 3 4



junio 2011 | julio 2011 | agosto 2011

6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 1 2 3 4 5 6 7 8 9

- campo
- ESTADÍSTICO Y MUESTREO
- cuestión dirigida a las panaderías
- registro de datos
- análisis de Datos
- resultados
- DE LA MÁQUINA
- TÍTULOS DE DISEÑO
- Diseño de forma
- Parámetros previos del producto
- Cálculo de la Bandeja
- Diseño de ejes y brazos
- ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN
- Motor y reductor
- Diseño de poleas y bandas
- Rodamientos y Chaveta
- Diseño del Bastidor
- QUEJO DE PLANOS
- CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA
- Operadora
- Operador
- Transmisión y ensamblaje
- ENSAYO

