

Caracas, Junio de 2004

Los abajo firmantes, miembros del Jurado por el Consejo de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres: Jairo Enrique Fernández Flórez y Fabián Quintero Romero, titulado:

“DISEÑO DE UN HORNO AUTOMATIZADO TOSTADOR DE CASABE”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudio conducente al Título de Ingeniero Mecánico, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por los autores, lo declaran **APROBADO.**

Prof. Francisco García

Jurado

Prof. Pedro Lecue

Jurado



Prof. Fausto Carpentiero

Tutor

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UN HORNO AUTOMATIZADO

TOSTADOR DE CASABE

Presentado ante la ilustre:

Universidad Central de Venezuela

Por los Bachilleres:

Jairo Enrique Fernández Flórez

Fabián Quintero Romero

Para optar por el título de:

Ingeniero Mecánico

Caracas, 2004

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UN HORNO AUTOMATIZADO

TOSTADOR DE CASABE

TUTOR: Prof. Ing. Fausto Carpentiero

Presentado ante la ilustre:

Universidad Central de Venezuela

Por los Bachilleres:

Jairo Enrique Fernández Flórez

Fabián Quintero Romero

Para optar por el título de:

Ingeniero Mecánico

Caracas, 2004

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo queremos agradecerle *a Dios Todopoderoso* habernos llevado al punto donde nos encontramos actualmente.

Queremos agradecer a la *Universidad Central de Venezuela* y a todos y cada uno de los profesores que dieron lo mejor de sí para nuestra formación académica y que forjaron las bases para desempeñarnos como futuros Ingenieros Mecánicos.

Queremos agradecerle a la fundación *FUDECI*, por el apoyo brindado y darnos la oportunidad de trabajar en este noble proyecto el cual tiene como fin aliviar las necesidades de los profesionales en el área de la fabricación del casabe.

Al Prof. *Fausto Carpentiero* por su apoyo y tutoría.

Al co-tutor sentimental de este trabajo de grado, Prof. *Heybart Acosta* por sus planteamientos, correcciones y su apoyo desinteresado e incondicional en todo momento, *gracias*.

Al Prof. *Rubén Bigott*, por prestarnos la ayuda para la elaboración del experimento realizado y su apoyo incondicional en este trabajo.

Al Prof. *Pedro Cadenas*, por su disposición a escuchar nuestros planteamientos en todo momento y por sus sugerencias al trabajo de grado.

A nuestro amigo: Prof. *Valerio Chechelev*, por la ayuda prestada en el tiempo que la requerimos.

Al Prof. *Félix Flores*, por su disposición a prestarnos los equipos e instrumentos que necesitábamos para la elaboración de las mediciones.

Al Sr. *Carlos Just*, experto en el área de hornos por su valiosa colaboración.

Al Sr. *José Luis Pineda*, mediano empresario y experto en la elaboración del casabe, por su ayuda desinteresada y su trato humano.

A la profesora *Yolimar Soto* por su ayuda oportuna.

Al personal que labora en la biblioteca del *Instituto de Tecnología de Alimentos de la Universidad Central de Venezuela*, por su apoyo prestado.

A nuestros amigos *José Luis Gonzáles y Aldo Valentini* estudiantes de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, por sus útiles sugerencias en el área de control automático.

A nuestros amigos *Giuseppe Mastrolonardo, Frederic Lemoine, Jean Franco González y Luis Fanelli*, por todo el apoyo prestado.

Gracias.

DEDICATORIA

A **Dios Todopoderoso y Eterno**; Él que todos los días guía mis pasos en cada segundo.

A mi Madre **Olga Flórez**, por todo su esfuerzo diario, su amor ilimitado y su apoyo para hacer de mí y de mis hermanos hombres de bien. Gracias a ti soy lo que soy. *Te Amo.*

A mi Padre **Jairo Fernández** por su apoyo y estar dispuesto a escucharme en todo momento. *Te Amo.*

A mi **Mamá Elvira**, gracias por todo lo que me has dado, gracias por tu amor, y por todos los días de alegría que me has brindado hasta la fecha, nada sería igual sin tí. *Te Amo.*

A mis hermanos **Beto** y **Juancho**. *Los quiero*

Jairo E. Fernández F

DEDICATORIA

A mis padres *Luz Marina* y *Waldo* por haberme enseñado con su ejemplo lo importante que es nunca rendirse en esta vida, y que el éxito sólo se alcanza con trabajo y esfuerzo, gracias por ayudarme a cumplir este sueño, se lo debo a ustedes, los amo.

A *Jason* mi hermano menor con quien siempre he podido contar y nunca me ha fallado, eres digno de mi admiración y respeto, te amo.

Fabián Quintero R.

Fernández Jairo y Quintero Fabián.

DISEÑO DE UN HORNO AUTOMATIZADO TOSTADOR DE CASABE

Tutor: Prof. Fausto Carpentiero. Tesis, Caracas.

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

2004, 207 Pág.

Horno, Automatizar, Higiene, Casabe

En este trabajo especial de grado se realizó el Diseño de un Horno Automatizado Tostador de Casabe el cual tiene como objetivos primordiales aumentar la producción, mejorar las condiciones higiénicas y disminuir el impacto ambiental presente en la zona al sur del estado Anzoátegui.

Este horno tostador de casabe es más eficiente, rápido, ergonómico e higiénico que los hornos tradicionalmente usados para tostar casabe, y protege de las altas temperaturas que se generan en los actuales hornos artesanales, debido al uso de un sistema de aislantes. El horno diseñado posee un impacto ambiental mucho menor ya que se sustituye la fuente de combustible actual (la madera) por otros más ecológicos. Se presentan dos alternativas de generación de calor de acuerdo a la conveniencia del usuario: con resistencias eléctricas y con energía generada con gas licuado. El horno posee un transportador tipo conveyer el cual es movido por un motorreductor. Consta de 12 planchas de tostado de 25 cm de diámetro cada una, las cuales entran y salen continuamente del horno por la línea de transporte. La bandeja una vez adentro es calentada por dos fuentes de calor, una sobre la bandeja y otra por debajo de ella, calentando y tostando la harina de yuca.

Por una sección entra la harina de casabe, colocada por un operador; posteriormente después de solo 50 seg. la torta esta lista y puede ser sacada de la plancha por un segundo operador. Se obtiene una torta tostada cada 6 seg.

El horno es ideal para ser utilizado por los medianos y grandes productores de casabe ya que por su alta producción se obtiene la misma producción de 8 hornos artesanales (de 3 planchas c/u).

Por su diseño compacto y liviano puede ser colocado de un lugar a otro de acuerdo a las conveniencias del usuario. El Horno Automatizado posee un diseño seguro y ergonómico.

INDICE

Introducción	1
Capítulos	
I - Planteamiento del Problema	
1.1 ANTECEDENTES	4
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3 OBJETIVOS Y ALCANCES	6
1.3.1 OBJETIVO GENERAL:	6
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:	6
1.3.3 ALCANCES	7
II - El Casabe	
2.1 INTRODUCCIÓN	10
2.2 FRAGILIDAD	11
2.3 DURABILIDAD	11
2.4 FORTALEZAS NUTRICIONALES	11
2.4.1 FORTALEZAS NUTRICIONALES	11
2.4.2 VITAMINAS Y MINERALES	12
2.4.3 FIBRA DIETARIA	13
2.5 DIVERSIDAD DE PRODUCTOS PARA EL CONSUMIDOR	14
2.6 TÉCNICA PARA ELABORACIÓN DEL CASABE	16
2.7 PREPARACIÓN DEL CASABE	16
2.8 EMPAQUE Y COMERCIALIZACIÓN DEL CASABE	17
2.9 MERCADO DE EXPORTACIÓN	18
III - El Horno	
3.1. DEFINICIÓN	20
3.2. DESCRIPCIÓN GENERAL Y CLASIFICACIÓN.	20
3.3. ELEMENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE HORNOS.	31
3.4. HORNOS DE TEMPERATURAS BAJAS.	33
3.5. MÉTODOS Y APARATOS PARA LA ECONOMÍA DE CALOR CON REFERENCIA PARTICULAR A LOS HORNOS INDUSTRIALES	35
3.5.1. PRINCIPIOS GENERALES DE LA ECONOMÍA DEL CALOR	35
3.5.2. REDUCCIÓN DE LAS PÉRDIDAS POR LAS PAREDES	36
3.5.3. ECONOMÍA DE CALOR EN HORNOS DE BAJA TEMPERATURA	38
3.6. EQUIPOS LIBERADORES DE CALOR	39
3.7 FORMAS DE TRANSMISIÓN DEL CALOR	40
3.7.1. CONDUCCIÓN	40
3.7.2. CONVECCIÓN	41
3.7.3. RADIACIÓN	41
3.8 RESISTENCIAS ELÉCTRICAS	41
IV - Principios de control automático	
4.1. CONTROL DE TEMPERATURA DEL HORNO	50
4.1.1. CONTROL DE LA TEMPERATURA EN FUNCIÓN DE LA POSICIÓN	51

4.2.	INSTRUMENTOS	53
4.2.1.	TERMOPAR	54
4.2.1.1.	TERMOCUPLAS	55
4.2.2.	PIRÓMETRO	56
4.3.	NÚMERO DE PUNTOS DE CONTROL.	63
4.4.	CONTROL PROGRAMADO	64
V -	Marco Metodológico.	
5.1	ESPECIFICACIONES REQUERIDAS EN EL HORNO AUTOMATIZADO TOSTADOR DE CASABE	67
5.2	ALTERNATIVAS DE DISEÑO DEL HORNO AUTOMATIZADO TOSTADOR DE CASABE	68
5.3	EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	70
5.3.1	DISEÑO PROPUESTO N° 1	70
5.3.2	DISEÑO PROPUESTO N° 2	71
5.3.3	DISEÑO PROPUESTO N° 3	72
5.3.4	DISEÑO PROPUESTO N° 4	73
5.3.5	DISEÑO PROPUESTO N° 5	74
5.4	MATRIZ MORFOLÓGICA PARA LA SELECCIÓN DEL DISEÑO	75
5.5	SELECCIÓN DEL DISEÑO	78
VI -	Procedimiento Experimental	
6.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA REGIÓN DE ESTUDIO	80
6.2	MUESTREO DE LA HARINA DE YUCA	81
6.3	EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS	81
6.4	DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA ÓPTIMA DE TOSTADO	82
6.5	ANÁLISIS DE RESULTADOS	84
VII -	Propuesta Termodinámica Del Horno	
7.1	ANTECEDENTES	85
7.2	PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA MASA	86
7.3	PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA	87
7.4	EL PROCESO DE FLUJO PERMANENTE	88
7.5	CONSERVACIÓN DE LA MASA	90
7.6	CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA	92
7.7	TERMODINÁMICA EN SISTEMAS BIOLÓGICOS	96
7.8	PROPUESTA TERMODINÁMICA DEL HORNO	97
7.8.1.	OPCIÓN ELÉCTRICA	97
7.8.2.	OPCIÓN A GAS	100
VIII -	Diseño Del Horno.	
8.1	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL PAR DE ENGRANAJES CÓNICOS	104
8.2	TORQUE REQUERIDO POR EL SISTEMA Y RPM DE LA RUEDA DENTADA	107
8.3	FUERZAS EN EL ENGRANAJE CÓNICO	109
8.3.1	FUERZAS EN EL EJE DEL ENGRANAJE EN EL PLANO Y-Z	109
8.3.1.1	DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR DEL EJE DEL ENGRANAJE EN EL PLANO Y-Z.	110
8.3.2	FUERZAS EN EL EJE DEL ENGRANAJE EN EL PLANO X-Y	111
8.3.2.1	DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR DEL EJE DEL ENGRANAJE EN EL PLANO X-Y	112
8.4	DISEÑO DEL EJE DEL ENGRANAJE	114
8.5	DEFLEXION EN EL EJE DEL ENGRANAJE	115

8.6	DISEÑO DE LA CUÑA PARA EL ENGRANAJE CÓNICO	115
8.7	REACCIONES EN LOS COJINES C Y D	116
8.7.1.	SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS PARA EL EJE DEL ENGRANAJE CÓNICO	117
8.8	FUERZAS DEL PIÑÓN CÓNICO	118
8.8.1	FUERZAS EN EL EJE DEL PIÑÓN EN EL PLANO X – Z	119
8.8.1.1.	DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR DEL EJE DEL PIÑÓN EN EL PLANO X – Z	119
8.8.2.	FUERZAS EN EL EJE DEL PIÑÓN EN EL PLANO X – Y	120
8.8.2.1	DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR DEL EJE DEL PIÑÓN EN EL PLANO X – Y	121
8.9	DISEÑO DEL EJE DEL PIÑÓN	122
8.10	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE DEL PIÑÓN CÓNICO	123
8.11	DISEÑO DE LA CUÑA PARA EL PIÑÓN CÓNICO	124
8.12	SELECCIÓN DEL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN PARA LOS ENGRANAJES CÓNICOS.	126
8.12.1.	ANÁLISIS DE DEFLEXIÓN.	126
8.12.2	ANÁLISIS DE LA CORROSIÓN.	128
8.13	DISEÑO DE LA CADENA	130
8.14	SELECCIÓN DE LA RIUEDA DENTADA	131
8.15	SELECCIÓN DEL ADITAMENTO DE LA CADENA.	131
8.16	SELECCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA LA TORTA DE CASABE	131
8.17	SELECCIÓN DE LAS VIGAS ESTRUCTURALES	132
8.18	SELECCIÓN DE LA PLANCHA METÁLICA	132
8.19	SELECCIÓN DEL AISLANTE	132
8.20	ESPESOR DEL AISLANTE	132
8.21	SELECCIÓN DEL QUEMADOR	134
8.22	SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR	134
8.23	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y POTENCIA	134
8.23.1	SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DEL MOTORREDUCTOR	138
8.23.2	SELECCIÓN DEL INTERRUPTOR PRINCIPAL	138
8.23.3	SELECCIÓN DEL FUSIBLE PARA EL MOTOR	139
8.23.4	SELECCIÓN DEL RELE TÉRMICO DE SOBRE-CARGA.	139
8.23.5.	SELECCIÓN DE LOS FUSIBLES PARA LAS RESISTENCIAS	139
IX -	Higiene En La Elaboración Del Casabe	
9.1	INTRODUCCIÓN	142
9.2	NORMA DEL CODEX PARA LA HARINA DE YUCA COMESTIBLE CODEX STAN 176-1989 (Rev. 1 - 1995)	142
9.2.1	AMBITO DE APLICACIÓN	143
9.2.2	DESCRIPCION	143
9.2.3	COMPOSICION ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD	143
9.2.4	CONTAMINANTES	144
9.2.5	HIGIENE	145
9.2.6	ENVASADO	145
9.2.7	ETIQUETADO	146
X -	Manual De Operación Y Mantenimiento	
10.1	DESCRIPCIÓN	148
10.1.1	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL APARATO	148

10.1.2	CONEXIÓN ELÉCTRICA	148
10.2	MANUAL DE OPERACIÓN	149
10.3	MANUAL DE MANTENIMIENTO	152
XI -	ANÁLISIS DE COSTOS	
11.1	COSTOS	155
11.2	COSTOS MENSUALES DE UNA EMPRESA CASABERA PROMEDIO	155
11.3	ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DEL HORNO	156
11.4	ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD DEL HORNO AUTOMATIZADO	158
	CONCLUSIONES	159
	RECOMENDACIONES	161
	BIBLIOGRAFÍA	162
	ANEXO A - NORMA CONENIN 2659-89 AISLANTES TÉRMICOS	166
	ANEXO B – TERMOCUPLAS	168
	ANEXO C - NUMERO DE TENSIÓN DEBIDA AL CONTACTO PERMISIBLE PARA ENGRANES DE ACERO	175
	ANEXO D - FACTORES DE APLICACIÓN SUGERIDOS	176
	FACTORES DE TAMAÑO QUE SE SUGIEREN	176
	ANEXO E - COEFICIENTE ELÁSTICO	177
	FACTORES DE DISTRIBUCIÓN DE CARGA PARA ENGRANAJES CONICOS	177
	ANEXO F - NUMEROS DE TENSIÓN PERMISIBLES PARA MATERIALES DE ACERO ENDURECIDOS	178
	FACTORES DE GEOMETRIA PARA ENGRANAJES CONICOS O BISELADOS RECTOS Y ZEROL	178
	ANEXO G - RODAMIENTOS DE DOS HILERAS DE BOLAS CON CONTACTO ANGULAR	179
	ANEXO H - RODAMIENTOS DE RODILLOS A RÓTULA	180
	ANEXO I – FACTOR DE GEOMETRIA PARA ENGRANAJES CONICOS RECTOS CON ÁNGULO DE PRESIÓN DE 20°	181
	ANEXO J – TIPOS DE RODAMIENTOS	182
	ANEXO K - TAMAÑO DE CUÑA CONTRA TAMAÑO DE FLECHA	183
	ANEXO L - TENSIÓN POR DURABILIDAD CONTRA RESISTENCIA AL ESFUERZO POR TRACCIÓN PARA ACERO FORJADO PARA VARIAS CONDICIONES SUPERFICIALES	184
	FACTOR DE TAMAÑO PARA DISEÑO DE EJES	184
	ANEXO M - FACTOR DE CONFIABILIDAD	185
	FACTORES DE SERVICIO PARA IMPULSORES DE CADENA	185
	ANEXO N – ESPECIFICACIONES DE POTENCIA, CADENA ESTANDAR DE TRAMO UNICO CON RODAMIENTOS	186
	ANEXO Ñ - CADENAS TRANSPORTADORAS ESPECIALES	187
	ANEXO O - TABLA AWG	191
	ANEXO P – MOTORREDUCTORES	193
	ANEXO Q – VALORES TÍPICOS DEL COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN	195
	PLANOS (9)	

Listado de abreviaturas

d = diámetro

r = radio

N_p = número de dientes del piñón

N_G = número de dientes del engranaje

γ = ángulo del cono de paso del piñón

h_t = profundidad total

h_k = profundidad media de trabajo

c = espaciamento

a_g = Cabeza del engranaje

a_p = Cabeza del piñón

D_o = diámetro externo del engranaje

d_o = diámetro externo del piñón

A_o = distancia cónica externa

F = Espesor o ancho de la cadena ó fuerza

ρ = densidad

m = masa ó metro

V = volumen ó voltaje

μ = coeficiente de fricción

A = área

F_r = fuerza de roce

g = gravedad

N = Fuerza normal

t = tiempo

n = revoluciones por minuto (rpm)

H = potencia

T = torque

n_g = rpm del engranaje

n_p = rpm del piñón

r_m = radio medio del piñón

R_m = radio medio del engranaje

Φ = ángulo de presión

W_r = fuerza radial

W_t = fuerza tangencial

W_x = fuerza axial

M = momento

Γ = ángulo de cono de paso del engrane

σ_{adm} = esfuerzo máximo admisible

S_y = resistencia de fluencia del material

N = factor de seguridad

y_G = deflexión en el eje del engrane

I = momento de inercia

L = longitud

S_n = resistencia por durabilidad

C_s = factor de tamaño para diseño de ejes

C_R = factor de confiabilidad

S_n' = resistencia por durabilidad modificada

W = ancho de la cuña

σ_t = esfuerzo de tensión en los engranes

P_d = paso diametral

I = factor de geometría para durabilidad de la superficie

J = factor de geometría

K_a = factor de aplicación para la resistencia a la flexión

K_s = factor de tamaño para la resistencia a la flexión

K_m = factor de distribución de carga para la resistencia para la resistencia a la flexión

K_b = factor de espesor de corona

K_v = factor de dinámica para la resistencia a la flexión

S_{at} = tensión permisible del acero endurecido

E_p = módulo de elasticidad del acero para el piñón

E_g = módulo de elasticidad del acero para del engrane

Q = número de calidad

C_p = factor de elasticidad

C_b = factor que permite emplear la misma tensión debida al contacto permisible que para los engranes de talla recta o cilíndricos helicoidales.

F.S.: factor de servicio

p = paso

h_o = coeficiente de transferencia de calor por convección externa

h_i = coeficiente de transferencia de calor por convección interna

K_A = conductividad térmica del aluminio

K_E = conductividad térmica del aislante

T_h = temperatura interna del horno

T_s = temperatura en la superficie

T_∞ = temperatura exterior

E = espesor del aislante

v.c. = volumen de control

\dot{Q} = transferencia de calor por unidad de masa

\dot{W} = trabajo efectuado por unidad de masa

h = entalpía

Δep = diferencia de energía potencial

Δec = diferencia de energía cinética

P = Potencia

φ = factor de potencia

I = intensidad de corriente

I_N = intensidad de corriente del motor

INTRODUCCION

El estudio y aplicación de la ingeniería ha tenido desde sus orígenes la finalidad de satisfacer las necesidades del ser humano. En nuestros días se tiene que tomar en cuenta factores como lo son: el costo, la optimización del proceso y el control de calidad, para la elaboración de un producto para el consumo humano; es por ello que en la elaboración del casabe se hace imprescindible el diseño de una maquina tostadora que cumpla con los factores ya mencionados.

En la región oriental del país se elabora el casabe de manera artesanal y por lo regular no se cumple con normas mínimas de sanidad; la fase del proceso de elaboración del casabe correspondiente al tostado se realiza en planchas metálicas que en su mayoría presentan un estado de corrosión que afecta al producto terminado adicionando sustancias toxicas al mismo; las planchas se encuentran en unos hornos cuyo combustible es la madera. Por la forma en que se manipula fragmentos de esta madera así como partículas de polvo y tierra entran en contacto con la torta del casabe, lo cual es evidenciado en el producto final.

Debido a la naturaleza artesanal del proceso, la elaboración de la torta de casabe se realiza de manera lenta y poco eficiente limitando su producción a gran escala, tomando en cuenta que el casabe es la base de la economía de las comunidades rurales de la región sur del estado Anzoátegui y que es parte fundamental de la dieta de su población, surge la necesidad de optimizar el proceso y al mismo tiempo mejorar las condiciones higiénicas en su elaboración.

Es por ello que surge la necesidad de la elaboración de un diseño innovador el cual permita el cumplimiento de condiciones higiénicas, incremento de la producción y calidad, buscando con esto un aumento de la comercialización del casabe a nivel nacional y con miras también a la exportación de este producto.

El diseño de un horno automatizado tostador del casabe viene a llenar este gran vacío a nivel tecnológico presente en nuestros artesanos los cuales emplean tecnologías de hace cientos de años, además que con este proyecto la *Fundación para el Desarrollo de las Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales* (fundación bajo la cual surgió la iniciativa de este proyecto) contribuye una vez más en el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades más olvidadas de nuestro país.

CAPITULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

En relación con el casabe se ha creado un mito de su valor como alimento, que ha sido algunas veces desestimado en relación con otros alimentos harinosos, por el bajo valor proteico y debido a las propiedades tóxicas de las raíces de donde proviene. La realidad es que la dosis letal mínima de la sustancia tóxica por vía oral para el envenenamiento agudo de un adulto es de 3 mg/kg de peso corporal. Para que un consumidor de casabe tenga problemas de toxicidad aguda, deberá consumir una cantidad equivalente a tres veces su peso corporal, lo que indica que una persona adulta de 70 kg deberá comer 210 kg de casabe.

De la producción nacional de yuca, 44% se destina principalmente al consumo humano directo, 10% al consumo animal y 17% a la producción de casabe, 29% se reporta como pérdidas. La disponibilidad total para 1993 fue de 16,5 kg/habitante, y el consumo real fue de 11,1 kg/habitante (Ortega-Cartaya, 1996).

En Venezuela, el casabe es el producto alimenticio más importante elaborado a partir de la yuca y tradicionalmente ha formado parte de la dieta del venezolano.

Para que el cuerpo humano consuma la energía suficiente para realizar sus actividades diarias debe consumir proteínas (carne, pescado, pollo, granos), vitaminas y minerales (leche, huevo, frutas) y carbohidratos (pan, papa, yuca, ocumo, maíz, etc.), por tanto, si se hace necesario prescindir del pan o reducir su consumo, podría optarse por ingerir otros carbohidratos que sean más económicos.

Cada región del país se caracteriza por tener diferentes hábitos alimenticios que se traducen en los famosos platos típicos de cada zona, la mayoría de las veces estos son elaborados con productos que son de fácil cosecha, por ejemplo, en el Oriente es común comer casabe que proviene de la yuca, este producto es un sustituto del pan y es más económico, al igual que la arepa u otro alimento preparado con maíz.

Los métodos de preparación del casabe son bastante similares en Venezuela, Guayanas, Brasil, Colombia, Cuba, República Dominicana y otras islas del Caribe, y prácticamente los mismos han estado en uso en los últimos 500 a 700 años. Los cambios han sido muy leves a través del tiempo y algunos no se han incorporado para la mejora del sistema de procesamiento.

Es por esto que surge la idea en FUDECI de conformar un área de desarrollo sustentable en torno a aquellas zonas de menores recursos donde su principal fuente de ingresos es la producción de casabe.

Dentro de este marco de desarrollo para las zonas productoras de casabe surgieron los proyectos de modernización para tal fin. Estas ideas han sido concretadas en el pasado reciente como en la tesis presentada en el área de pre-grado como la del *Diseño de una máquina ralladora y exprimidora de yuca para la elaboración del casabe*.

Este trabajo viene a conformar una de las últimas etapas de este proyecto tan ambicioso que quiere ser implantado por esta fundación en la zona sur del Estado Anzoátegui, conformando de esta manera una zona piloto que puede ser ejemplo de desarrollo para otras comunidades.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los actuales momentos la cocción del casabe se realiza de una forma artesanal lo cual conlleva a una baja producción de las tortas de casabe así como la obtención de una torta que no posee las condiciones higiénicas para un consumo saludable. La mayoría de los hornos existentes hasta el momento utilizan como fuente de combustible la madera y por tanto se hace necesario la utilización de otras fuentes de combustibles para la protección de la flora existente en la zona de elaboración del casabe.

Es importante recalcar que el método, así como el horno existente hasta los actuales momentos data de aproximadamente 500 años.

Es por los motivos anteriormente expuestos que se hace necesario el crear un nuevo diseño para la cocción de estas tortas de casabe con la finalidad de mejorar las condiciones higiénicas del producto terminado (lo cual incide en una mejor alimentación para las personas que consumen dicho producto), disminuir las pérdidas de calor hasta ahora presentes en los hornos de cocción del casabe, aumentar la producción de estas tortas, y mejorar las condiciones de trabajo para aquellas personas que se dedican a la fabricación del casabe y que hacen de esta actividad su medio de subsistencia.

1.3 OBJETIVOS Y ALCANCES

1.3.1 OBJETIVO GENERAL:

Diseñar un horno automatizado tostador de casabe con la finalidad de aumentar la producción, mejorar las condiciones higiénicas y disminuir el impacto ambiental presente en la zona al sur del estado Anzoátegui.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- 1) Determinar la temperatura óptima para el tostado del casabe.
- 2) Determinar la fuente de calor apropiada para el diseño del horno automatizado tostador del casabe.
- 3) Minimizar las pérdidas de calor durante el proceso de tostado.

- 4) Seleccionar los materiales de diseño, así como el tamaño y espesor de: las paredes del horno, la puerta, la plancha de cocción y estructura de soporte.
- 5) Seleccionar y/o diseñar el tipo de quemador y/o resistencia a ser utilizada en el diseño del horno.
- 6) Seleccionar y/o diseñar los dispositivos de control de la temperatura dentro del horno.
- 7) Estudiar las condiciones higiénicas óptimas para el tostado del casabe.
- 8) Minimizar el tiempo de tostado del casabe.
- 9) Realizar un diseño que optimice y aumente la producción de la torta de casabe.
- 10)Elaborar los planos del diseño del tostador de la torta de casabe.
- 11)Realizar un estimado del costo del tostador del casabe.
- 12)Especificar las características del horno y su forma de operación.
- 13)Elaboración del manual de mantenimiento del horno automatizado tostador de casabe.
- 14)Elaboración del manual de procedimiento de uso del horno.

1.3.3 ALCANCES:

- Elaborar el diseño del horno automatizado tostador de casabe (“Tosticasabe”).
- Determinar las características físicas de la torta del casabe.
- Diseñar y/o especificar los componentes principales del horno tostador de casabe.

- Obtener la temperatura óptima de cocción del casabe.
- Elaborar los planos del diseño del tosticásabe.
- Especificar el modo de operación del tosticásabe.
- Especificar el procedimiento a seguir para el mantenimiento del tosticásabe.
- Especificar los materiales de construcción del “tosticásabe”.
- Determinar los costos de construcción del “tosticásabe”.
- Analizar económicamente los costos y beneficios del mejoramiento del tostado de la torta de casabe.

CAPITULO II

EL CASABE

2.1 Introducción

La palabra yuca proviene de casabi, nombre dado por los indios Arawacos a las raíces de yuca. En español se conoce como yuca; manioc en francés; mandioca, en portugués; cassave en holandés y maniok en alemán. En idioma español se denomina al producto procesado casabe o cazabe, cassave en francés y beiju en portugués. La yuca es una de las plantas más antiguas cultivadas en el nuevo mundo, refiriendo las representaciones de arcilla de las raíces de la yuca de la costa del Perú, fechadas en 2000 años a.c.

A la llegada de Cristóbal Colón, habían transcurrido más de 25 siglos de un descubrimiento hecho por los indios: el de la riqueza energética y nutricional de la yuca, que sometida a un proceso creado por ellos, era la materia prima del casabe o pan de la tierra. El padre Gumilla en "El Orinoco Ilustrado" afirmó en relación con el casabe: "este es el pan más universal de todos los países cálidos". En la actualidad se produce en Colombia, Guatemala, Belice, Haití, República Dominicana, Honduras, Brasil y Venezuela. La República Dominicana y Venezuela son los países principales productores de casabe.

En Venezuela los estados más importantes en cuanto al volumen de la producción son Monagas, Apure, Portuguesa, Zulia y Barinas. Por área geográfica de concentración, la región oriental es la más importante del país. La yuca constituye el principal sistema de producción del renglón raíces y tubérculos en Venezuela. Los requerimientos anuales de productos alimenticios per cápita se ubican, aproximadamente en 300 Kg. de farináceos (cereales y/o raíces y tubérculos equivalentes). De esta categoría de alimentos, el país requiere anualmente 6,6 millones de toneladas, de los cuales se producen 2 millones y se importa aproximadamente otro tanto.

La calidad del casabe varía de una región a otra y de un productor a otro, en una misma región. No existen criterios unificados en su calidad y cada grupo o región lo elabora dependiendo de una tradición.

Se elabora principalmente en algunas comunidades campesinas de los estados Bolívar, Monagas, Anzoátegui, Sucre, Miranda, Guárico y Carabobo. El consumo de este producto es muy desigual en el país, alcanzando altos niveles en algunos estados, particularmente los de la región oriental, mientras que en otros se consume en bajas proporciones o no se consume.

2.2 Fragilidad

La humedad se considera el factor clave en esta característica, así con un valor superior a 50% de la catebia, se obtiene un producto muy duro y de poca fragilidad, y con un valor cercano a 45%, se obtiene un producto de textura blanca y de mucha fragilidad.

2.3 Durabilidad

Dado el procedimiento de secado de la torta a las temperaturas empleadas para su cocción y al valor del porcentaje de humedad del producto final, el casabe puede ser conservado por un largo período (más de un año) sin descomponerse.

2.4 Fortalezas nutricionales

Para satisfacer, las necesidades nutritivas que el organismo humano presenta diariamente es necesaria una metódica y racional ingestión de alimentos, de los cuales luego el organismo pueda extraer los principios de los que tenga necesidad, a continuación se analizará el casabe desde el punto de vista de su aporte nutricional.

2.4.1 Energía y proteínas

El casabe es considerado como un alimento energético, debido a su alto contenido de almidón (83%) expresado en términos de carbohidratos total; su nivel de energía es 343 Kcal./100 g y es bajo en proteínas (1,3%). Dado su sabor neutro tolera la incorporación de otros ingredientes en su elaboración, como vitaminas y minerales esenciales, harina de ajonjolí, maní o soya, los cuales no solamente modifican sus bondades organolépticas sino que mejoran sus atributos nutricionales.

2.4.2 Vitaminas y minerales

De los requerimientos mínimos diarios el casabe puede aportar 23,32% de tiamina (vitamina B1) y 30,92% de niacina. De acuerdo con los criterios establecidos para otros alimentos, el casabe posee una relación ideal calcio/fósforo. El contenido de calcio es alto comparado con el pan blanco, la harina de trigo, el arroz, las hojuelas de maíz y el maíz procesado. Su contenido de hierro es más alto que otros productos alimenticios como la harina de trigo, hojuelas de maíz, harina de arroz y harina de maíz precocida (INN, 1983). La tabla 1 muestra el análisis porcentual del casabe venezolano.

2.4.3 Fibra dietaria

La fibra dietaria del casabe consiste de una fracción insoluble (36%), principalmente constituida de polímeros de glucosa (celulosa) y lignina (30%) y de una fracción soluble de 42%, que consiste en calcio poliurónico. La fracción insoluble es muy estable al calor.

Algunas pruebas epidemiológicas indican que el mayor consumo de fibra puede contribuir a reducir la incidencia de ciertas enfermedades como la diabetes, las afecciones coronarias, el cáncer del colon y distintos trastornos digestivos. La fibra parece actuar como un cedazo molecular, bloqueando agentes cancerígenos, que de lo contrario seguirían circulando por el organismo. También absorbe agua, por lo cual contribuye a la formación de deposiciones blandas y voluminosas (FAO, 1991).

La tabla 2 muestra que el casabe posee valores superiores de fibra dietaria de 4,4% sobre el pan de trigo, de 1,4% sobre las hojuelas de avena y de 4,4% sobre el arroz.

Tabla 1	
Composición química de la harina de yuca	
Humedad	10,03
Proteína (%) N * 6,25	1,81
Grasa cruda	1,58
Fibra cruda	1,49
Ceniza (%)	2,09
Almidón (%)	69,72
Azúcares totales (%)	3,02
Azúcares reductores (%)	1,91
Sólidos solubles (%)	-
Acidez total (%)	0,12
Calcio (ppm)	2524,72
Manganeso (ppm)	8,96
Magnesio (ppm)	720,07
Hierro (ppm)	186,49
Cobre (ppm)	1,06

* Expresado como ácido acético

Tabla 2. Contenido de fibra dietaria (soluble + insoluble) en diferentes productos.	
Producto	Fibra dietaria (%)
Casabe	9,00
Pan de trigo	4,61
Hojuelas de avena	7,66
Arroz	4,64
Fuente: Carrizales. 1991b.	

2.5 Diversidad de productos para el consumidor

De la actividad procesadora en la elaboración del casabe del "yare", denominado en la Isla de Margarita como "catara", puede obtenerse almidón en forma artesanal por decantación y el agua (sobrenadante) puede utilizarse para hacer vinagre. El líquido del yare puede utilizarse para la preparación de la bebida kumache, que contiene además sal y ají.

En la región oriental del país y especialmente en los estados Bolívar y Amazonas se han obtenido, mediante la incorporación de diferentes elementos saborizantes, diversos tipos de productos.

Las diferentes modalidades que podemos encontrar son las siguientes:

1) Casabe salado: Se prepara añadiendo 0,5% de sal a la harina húmeda antes de hornear. Este producto es generalmente aceptado en Haití y la República Dominicana y consumido por sus pobladores, quienes gustan de alimentos salados. También puede añadirse ají picante a la harina salada antes de hornear.

2) Casabe con maní: Este tipo de pasapalo se obtiene añadiendo maní tostado a la harina salada antes de hornear. Normalmente se le agrega 10% de maní.

3) Casabe dulce: Se prepara agregando azúcar blanca o morena a la harina en el budare, durante el proceso de doración del primer lado. El contenido de azúcar debe ser de 100 mg/Kg. de pulpa húmeda.

4) Casabe “chorriao”: Después de hacer la torta de casabe se prepara una mezcla de almidón con leche y azúcar hasta que dé el punto. Luego se chorrea la torta con esta mezcla en el budare, se deja reposar y se pica para guardar o almacenar.

5) Casabe con dulce: Se elabora colocando entre dos tapas de casabe una capa de melado de caña con anís y jengibre, para darle sabor.

6) Dulce de casabe: El yare, que resulta una vez separado el almidón, se cocina hasta secarse completamente. En seguida se le agrega un tormo de masa sacada de sebucán y se mezcla cerniéndolo. Luego se continúa con la cocción hasta quedar como una jalea. De una paila o canarín queda sólo una pequeña cantidad de dulce (un platito).

7) Naiboa: Se prepara añadiendo azúcar cruda mezclada o papelón con queso blanco. En algunas localidades también se le agrega anís.

8) Turrón de casabe: Al casabe se le añade azúcar cruda o blanca, pulpa de frutas o sabor artificial de frutas.

9) Gofío cumanés: El casabe se pone en remojo, se le desmenuza y agrega en un recipiente que contenga azúcar y luego se compacta. Actualmente se oferta con sabores de coco, guayaba y piña.

10) Parakari (bebida): Hojas de yuca tostadas se colocan entre dos tortas de casabe que se cubren con hojas de plátano, para obtener después de cinco días una masa suave que se disuelve en agua y se fermenta durante tres días.

2.6 Técnica para elaboración del casabe

Los métodos de preparación del casabe son bastante similares en Venezuela, Guayanas, Brasil, Colombia, Cuba, República Dominicana y otras islas del Caribe, y prácticamente los mismos han estado en uso en los últimos 500 a 700 años.

La elaboración del casabe está ligada a diversos factores que incluyen el volumen de raíces de yuca cosechadas, la disponibilidad de la "cazabera o ralla", el número de personas empleadas para la elaboración del producto y de la época, pues en el período seco la producción es mayor que en el período de lluvias. Al conjunto de objetos que se emplean en su elaboración, desde el raspado de la raíz hasta el secado de las tortas, se le conoce como "tren de casabe".

2.7 Preparación del casabe

1. Se pela la yuca. Se lava. Se ralla. Se deja escurrir en un colador. Se prensa muy fuertemente para sacarle todo el jugo. Para prensarla puede utilizarse un sebucán (utensilio indígena para este fin hecho de fibras de cana), una prensa, un cincho o simplemente un paño que con la yuca rallada en su interior se tuerce fuertemente hasta sacarle todo el jugo o "yare", que es venenoso y del cual se obtiene el almidón de yuca.

2. Sobre un budare caliente se vierte la cantidad de yuca necesaria para cubrirlo. Se extiende esta con una espátula de madera para formar una capa de unos 3 milímetros de espesor, rellenándola donde sea necesario, y se cocina hasta que la harina se aglutine o endurezca, doblando y apretando el borde con una espátula (alrededor de 1 centímetro) para hacerlo mas fuerte y manejable. Se cocina hasta que comience a dorar y se pueda voltear y este completamente dura y manejable. En el sistema de elaboración popular del casabe, estas "tortas" se ponen luego junto al fuego o budare, apoyadas entre palos para que se acaben de secar.

3. Finalmente se ponen las tortas al sol para que se sequen bien y no corran peligro de enmohecerse.

2.8 Empaque y comercialización del casabe

El empaque se realiza en función de la tradición y de la comercialización en cada región. En este sentido, puede ser empacado en papel multipliego, hojas secas de banano o de platanillo, en diferentes lotes de cuentas.

La tendencia del consumidor es la de preferir la presentación en polietileno para las tortas de 30 cm o de 90 cm de 1,5 Kg. de peso, cortadas en forma apropiada.

La comercialización del casabe se realiza en tres modalidades: directamente en la casabera; en forma directa en el establecimiento (bodega, supermercado e hipermercado) y en los mercados municipales.

Dada su notable economía en peso, una forma de comercialización se hace sobre la base de "cuentas" de 20 tortas; en bultos, equivalente a dos cuentas, o en "carga", equivalente a cuatro cuentas. Otra modalidad son las cuentas de 20 tortas de 1,5 a 1,7 Kg. c/u; cargas de 80 tortas de 1,3 Kg. c/u, o bultos de 50 tortas de 100 g c/u.

La torta de 23 cm de diámetro posee un peso de 82 g; la de 50 cm, 312 g y la de 80 cm, 1.225 g. Al consumidor de las principales áreas urbanas se le ofrece una presentación de una torta de 1.225 g en una bolsa de plástico abierta, la de 312 g en una bolsa de polietileno cerrada, y la de dos tortas de 82 g c/u en envase de papel celofán.

Últimamente se están comercializando tortas de aproximadamente 5 cm de diámetro en una presentación de envase plástico transparente y rectangular, especialmente en las cadenas de supermercados e hipermercados del país, la cual se utiliza para untar diferentes pastas en el disfrute de cócteles y fiestas.

2.9 Mercado de exportación

Venezuela exporta tortas en pequeñas cantidades a los mercados hispanos de La Florida (EUA), especialmente desde el Estado Anzoátegui, y recientemente las galletas de casabe se exportan hacia Curazao, Aruba, Colombia y España. Otros mercados futuros son Bélgica y Estados Unidos de Norteamérica.

De acuerdo con Carrizales (1995) para hacer competitivo el casabe venezolano en el mercado internacional, hay que producir las raíces de yuca a precios más atractivos para los productores de casabe y generar tecnologías en el procesamiento que ayuden a reducir los costos de operación.

CAPITULO III

EL HORNO

En el presente capítulo se hará un estudio elemental de los tipos de hornos presentes en el mercado, así como algunas de sus características básicas. En base a este estudio se diseñará el tipo de horno más conveniente en la elaboración del casabe.

3.1 Definición

Un horno es un recinto cerrado en el que la temperatura puede elevarse a un valor fijado de antemano y mantenerse durante cierto tiempo, con el fin de producir transformaciones especiales, químicas, físicas en el material introducido. La fuente de calor puede ser interior o exterior al horno, y el suministro de calor puede tener lugar antes de la introducción de la carga (por ejemplo horno de pan) o después. El calor necesario se produce mediante combustión de materiales gaseosos, líquidos o sólidos (horno de combustión), por medio de energía eléctrica (horno eléctricos), que actúa por arcos voltaicos, o bien, generando, por inducción, grandes corrientes en la carga (que, en tal caso, ha de ser conductora).

3.2 Descripción general y clasificación.

La temperatura deseada en el horno se produce por la generación de calor. Para ello se emplean dos métodos:

1. Combustión del combustible
2. Conversión de energía eléctrica en calor.

El tipo de horno de combustión se emplea mucho más que el de horno eléctrico; sin embargo, para muchas aplicaciones se prefiere el horno eléctrico, porque ofrece ventajas que no pueden ser medidas simplemente por el coste del combustible.

Otra clasificación se basa en la manipulación de material en su paso a través del horno. Existen dos tipos principales:

1. El horno «dentro-fuera» o tipo de horno de carga por lotes o intermitente, o periódico.
2. El horno continuo.

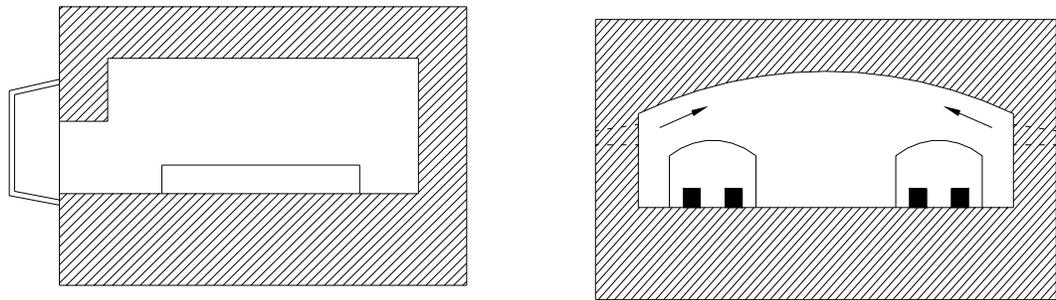


Fig. 1. Tipo de horno para carga por lotes o «dentro-fuera».

Se ilustran estos tipos de hornos en forma de esquema en las figuras 1, 2, 3 y 4. En el horno «dentro-fuera», la temperatura es constante, prácticamente, en todo su interior. Se coloca la pieza en una posición determinada y permanece en ella hasta que se calienta. A continuación es sacada, generalmente, por la misma puerta por donde entró. La figura 1 muestra un horno de este tipo.

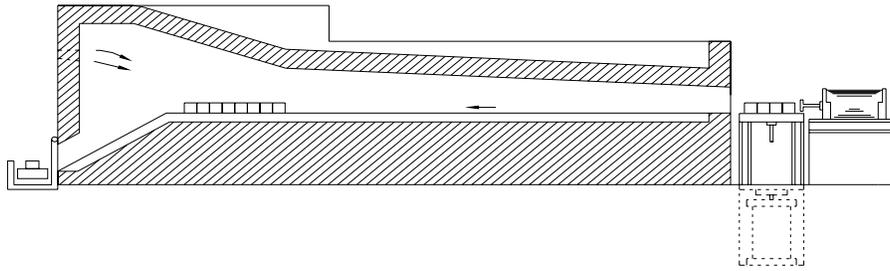


Fig. 2- Horno continuo con descarga por un extremo.

En los hornos continuos, el material cargado se desplaza mientras se está calentando. El tipo en línea recta (figs. 2 y 3) es muy corriente.

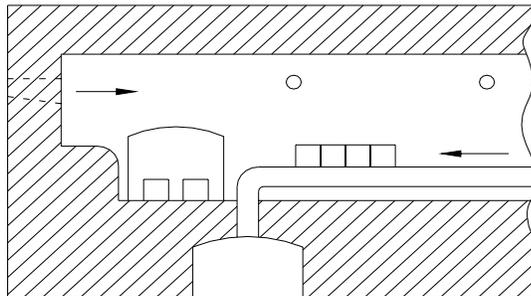


Fig. 3. Extremidad de descarga de un horno continuo con descarga lateral.

En ambos, el material pasa sobre una solera fija o a veces esta solera se mueve. Cuando se emplea una solera fija el material pasa sobre patines o rodillos, tomando una inclinación hacia abajo por la fuerza de la gravedad, o es desplazado a través del horno por medio de empujadores. La figura 2 muestra un horno continuo con “descarga por un extremo” o, dicho con más propiedad, con “descarga por gravedad”, mientras que la figura 3 representa la extremidad de descarga con “descarga lateral”. Son muy útiles para muchas aplicaciones los hornos con solera giratoria o mesa giratoria (Fig. 4).

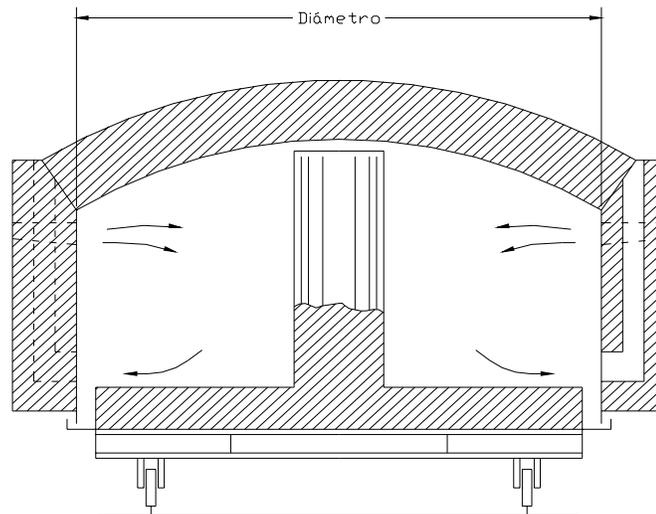


Fig. 4. Horno continuo con solera giratoria

La pieza es colocada en la solera y se extrae una vez que la mesa ha dado casi una revolución completa. También puede alimentarse el material en el horno por medio de la acción de un tornillo (Fig. 5); el horno es un tubo giratorio con una rosca helicoidal interna. El tipo de horno de carretón, que aparece en la figura 6, posee una solera móvil, que permanece, sin embargo, parada durante el período de calentamiento y, en algunas ocasiones, incluso durante el periodo de enfriamiento.

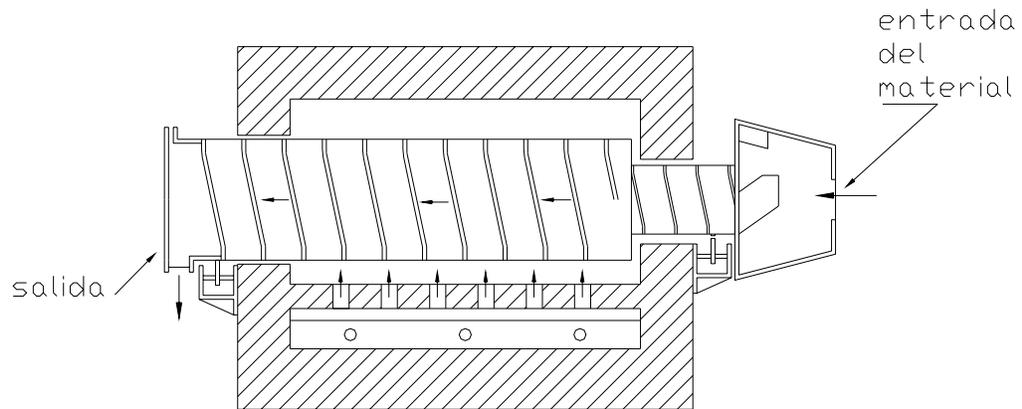


Fig. 5. Horno continuo con transportador de tornillo.

El carretón se desplaza a una posición exterior al horno, para su carga y descarga. Un sistema similar se aplica en el tipo de horno elevador. La solera se carga a nivel del suelo, moviéndose después al interior del horno, lo que no se representa porque está perdiendo importancia.

En los hornos que se calientan por combustión existen muchas diferencias a causa de la naturaleza del combustible. Los hornos que queman carbón grueso sobre un hogar de parrilla poseen un altar o torna-llamas, sobre el que las llamas pasan al horno. Los hornos de este tipo han desaparecido prácticamente del mercado. Un pequeño número de hornos industriales queman carbón pulverizado.

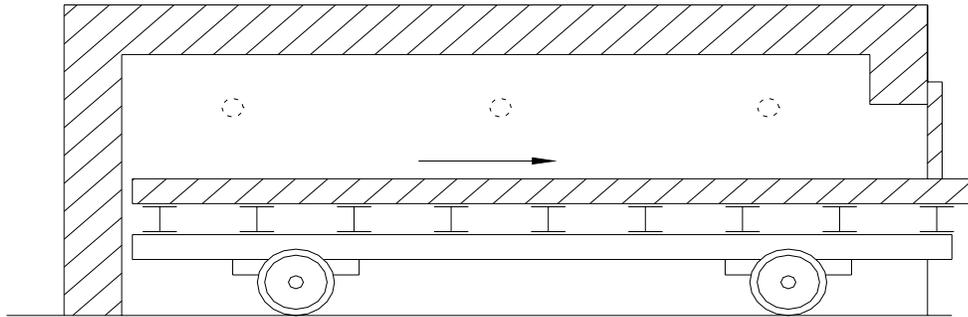


Fig. 6. Horno de solera móvil.

En cualquiera de estas variantes, el lugar donde se realiza la combustión y la forma de dirigir los productos de la combustión sirven de base adicional para su clasificación. Si las llamas se desarrollan en la propia cámara de calentamiento, como en la figura 1 ó 4, se dice que el horno es de calefacción directa. Algunas veces también se denominan hornos de caja o tipo estufa.

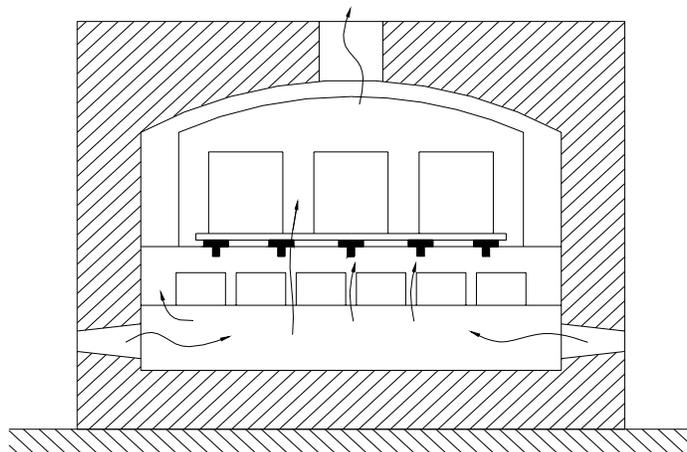


Fig. 7. Horno de calefacción por la parte inferior.

Si la llama aparece en una cámara de combustión, colocada a un lado de la cámara de calefacción (fig. 8), se dice que el horno es «de calentamiento lateral». Finalmente, si la llama se desarrolla en un espacio encima de la cámara de calefacción (fig. 9) y se vierte a través de una bóveda agujereada, se dice que el horno es “de calentamiento por la parte superior”. En todo este párrafo se emplea la palabra llama para expresar brevemente los “productos de la combustión fuertemente calentados”. El término “horno de reverbero” comprende el tipo de horno en el que se desarrolla la llama a una cierta distancia por encima del hogar, siendo desviada sobre éste por una bóveda en arco o inclinada.

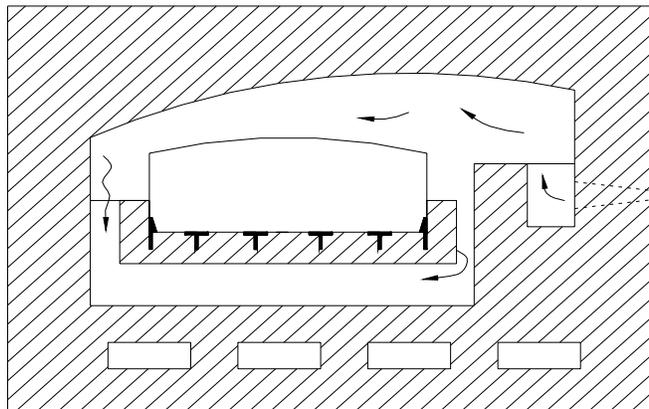


Fig. 8. Horno de calefacción lateral.

El término horno de reverbero es comúnmente empleado en la industria de la fundición de metales.

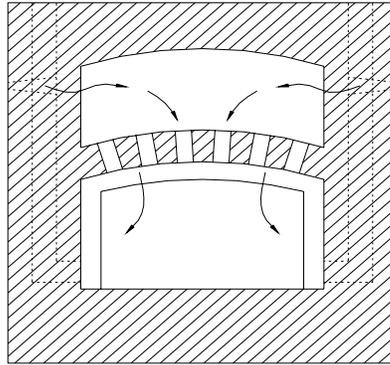


Fig. 9. Horno de calefacción por la parte superior.

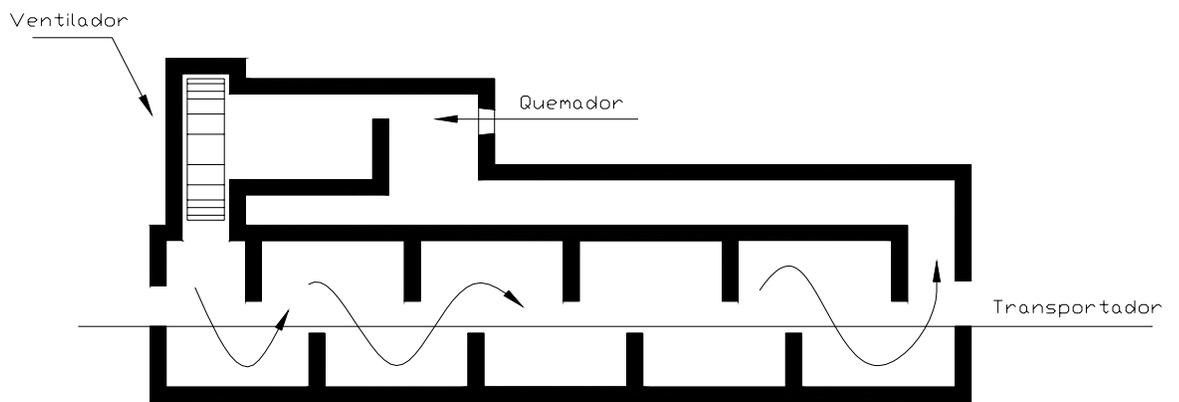


Fig. 10. Horno de recirculación.

Cuando se trata de temperaturas medias y bajas se prefiere el horno con recirculación o circulación forzada, si se desea alcanzar una buena uniformidad de temperaturas (fig. 10).

En todos estos hornos, las piezas a calentar están en contacto con los productos de la combustión.

Para ciertos procesos este contacto perjudica a las piezas del material a calentar; en estos casos, las piezas o carga se encierran en una mufla que, generalmente se calienta por medio de los productos de la combustión.

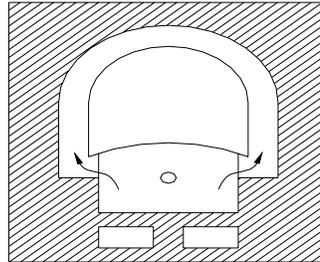


Fig. 11 Horno con mufla.

En la figura 11 aparece un esquema de un horno con mufla. No solamente es la carga la que se encierra en las muflas, sino que también los productos de la combustión pasan a través de ellas, las cuales se denominan tubos radiantes. Muchos hornos requieren una atmósfera especial para protección de las piezas, particularmente para evitar la oxidación o para otros fines, y se construyen con una envolvente exterior hermética al gas, que rodea al revestimiento refractario. El calor es suministrado por tubos radiantes que queman combustible o por elementos calefactores a base de resistencias eléctricas.

Si la protección contra la temperatura elevada constituye un objetivo más importante que la protección contra la atmósfera del horno, el techo de la mufla puede ser omitido y el horno recibe el nombre de “horno de semimufla”.

El precalentamiento del aire de combustión se alcanza por dos métodos claramente diferentes. En un método los gases de combustión salientes transmiten una parte de su calor al aire que entra en un flujo uniforme a través de una pared. Este intercambiador de calor es llamado “recuperador” y se dice, con frecuencia, que el horno es del tipo de recuperación.

En otro tipo, los productos de la combustión salientes imparten calor a los ladrillos o al metal colocado en una cámara de intercambio térmico, mientras que el aire entrante absorbe calor de los ladrillos o de las placas de otra cámara de intercambio, que ha sido calentada previamente por los gases de la combustión. Se invierte la dirección de la llama a intervalos regulares. Se dice que este horno es del tipo regenerador; también se le llama horno “Siemens”, porque fue inventado por Sir William Siemens y Friedrich Siemens.

La exposición anterior no ha agotado la lista de tipos de hornos. Existen hornos estacionarios y portátiles; también existen muchas formas de “hornos automáticos”, en los que las piezas a calentar se llevan a través de la cámara de calentamiento por medio de un mecanismo de transporte.

En la figura 12 se muestra un horno con transportador de cadenas. Otras formas de transportadores son los de mallas de alambre, los de movimientos oscilantes y los de rodillos. La figura 13 muestra un horno con transportador de rodillos.

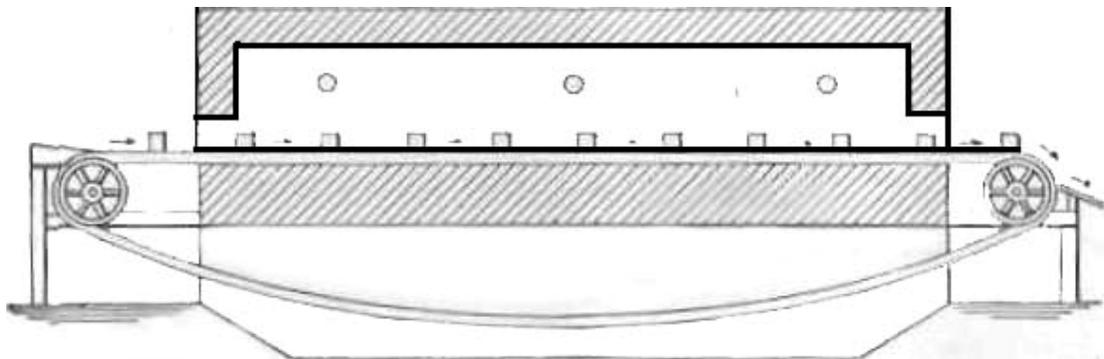


Fig. 12. Horno con transportador de cadena

Como ya se ha indicado anteriormente, gran número de hornos se calientan por conversión de la energía eléctrica en calor. Esta conversión puede realizarse por uno o más arcos, por corrientes primarias o inducidas, que fluyen por resistencias o por corrientes inducidas en la propia carga.

Aunque la mayoría de los hornos industriales se calientan eléctricamente por medio de resistencias, se prefiere el tipo de inducción para algunos fines.

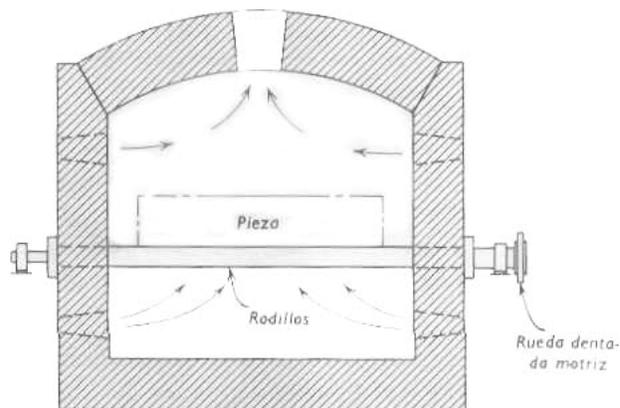


Fig. 13. Horno con solera de rodillos.

Se emplean diferentes materiales para la construcción de resistencias eléctricas para la calefacción. En la figura 14 aparece un horno de resistencia. A veces es posible emplear el material a calentar como resistencia. En la figura 15 se muestra, en forma de esquema, el calentamiento por inducción. Una corriente de alta frecuencia pasa a través de una bobina que rodea la pieza a calentar.

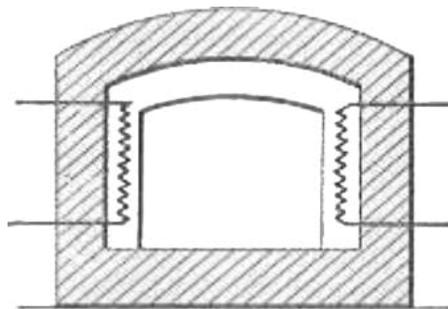


Fig. 14. Horno eléctrico con resistencias metálicas.

Debe comprenderse que la breve descripción y la clasificación incompleta hechas en este capítulo han sido escritas desde el punto de vista de la construcción de hornos, más bien que desde el de la producción del material calentado y la adaptabilidad a las condiciones de las fábricas.

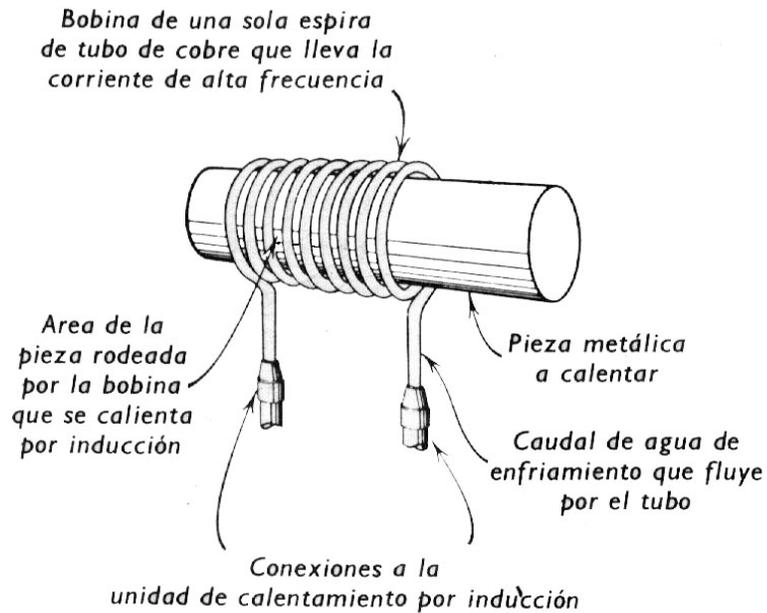


Fig. 15. Calentamiento por inducción.

3.3 Elementos de la construcción de hornos.

Los elementos con que se construyen los hornos son simples y bien conocidos, pero parece apropiado describirlos brevemente. En la mayoría de los hornos, las piezas o carga que han de calentarse se apoyan sobre la solera. Para proteger las cimentaciones e impedir que la solera se ablande, se disponen espacios abiertos debajo de aquella para la ventilación por circulación de aire; se dice en este caso que la solera está ventilada. El combustible y el aire entran en el horno a través de orificios o quemadores.

Los quemadores realizan la combustión en el bloque de mampostería de los mismos. Los productos de la combustión abandonan el horno a través de conductos de ventilación y galerías, pasando a través de canales de humos y chimeneas.

El material empleado más corrientemente en la construcción de hornos es el ladrillo refractario, que se fabrica con arcilla refractaria. Los ladrillos refractarios se clasifican en ladrillos refractarios para grandes temperaturas (temperaturas de fusión mayor que 1744 °C), ladrillos medianamente refractarios (temperatura de fusión mayor que 1615 °C) y ladrillos ligeramente refractarios. Estos últimos contienen minerales que bajan su punto de fusión. Para evitar un trabajo excesivo en el corte de los ladrillos, se construyen los hornos con una multiplicidad de dimensiones de ladrillos. Todos los fabricantes de ladrillos producen, por lo general, ladrillos de arco, ladrillos cuña, ladrillos de montante de puerta y ladrillos de forma diversa, incluyendo en sus catálogos las dimensiones y los precios. Para reducir las pérdidas de calor se construyen frecuentemente los hornos con ladrillo refractario aislante (llamado también ladrillo ligero) o se recubren también con material aislante, que es un material refractario finamente dividido. Los ladrillos ligeros sirven también, actualmente, como aislante para colocar detrás del ladrillo denso.

Raramente se colocan los ladrillos en seco; generalmente se colocan con una capa delgada de mortero entre ellos.

Otros materiales para paredes y techos de hornos son arcilla refractaria plástica retacada in situ y hormigón hidráulico resistente al calor (compuesto refractario para moldear).

3.4 Hornos de temperaturas bajas.

El estudio de la capacidad de calentamiento se ha limitado, hasta aquí, a los hornos en que las temperaturas prevalecen por encima de 760 °C. En estos hornos la radiación es fuertemente energética, de manera que todas las partes (excepto las que están cubiertas por la carga) de un horno intermitente tienen prácticamente igual temperatura. La cosa es diferente en los hornos que emplean temperaturas más bajas, en los que la radiación es débil. Si el calor se transmite solamente por radiación, el horno de temperatura baja será, para una cantidad dada de calor transmitido, seis veces mayor que el horno de alta temperatura y la distribución de temperaturas en la carga estará lejos de ser uniforme.

La cantidad de calor transmitida por convección aumenta cuanto mayor es el peso específico y la velocidad del flujo calorífico. El peso específico de un flujo es mayor a baja temperatura que a alta. Se aumenta la velocidad del flujo por la acción del chorro del exceso de aire de combustión o por medio de ventiladores que trabajan en caliente, como se hace en la mayoría de los casos.

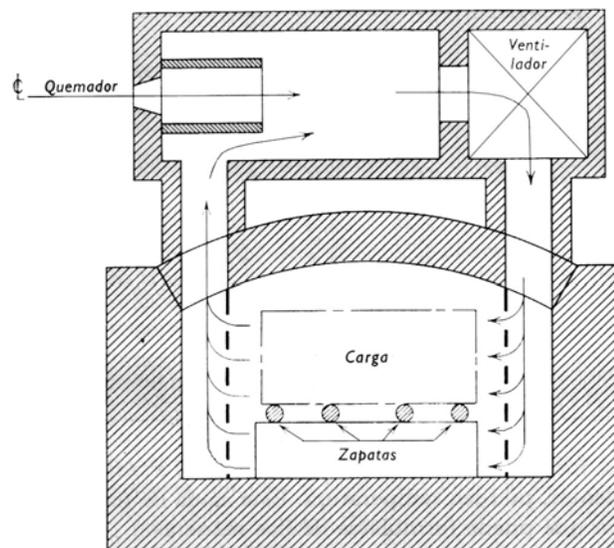


Fig. 16. Horno de carga por lotes con convección forzada o con recirculación.

Pueden colocarse los ventiladores en el horno, desde donde remueven la atmósfera, o colocarse preferentemente en conductos, como se aprecia en la figura 16. El orificio de salida o escape no aparece en la figura. Existe un límite en la velocidad a causa del equilibrio entre la reducción de las dimensiones del horno (y el costo) y la uniformidad de temperaturas incrementada y, por otro lado, el coste de la energía.

La potencia entregada al ventilador se convierte en calor. Puesto que la capacidad de calentamiento de cualquier horno está fuertemente determinada por el coeficiente de transmisión del calor, debe averiguarse el valor de este coeficiente

Una vez elegido el coeficiente k de transmisión del calor, puede calcularse el tiempo de calentamiento en el punto donde los gases calientes hacen el primer contacto con la carga. Puede emplearse la ecuación logarítmica o el método de cálculo más simple con la diferencia de temperaturas equivalente.

Mientras los gases del horno pasan a lo largo o a través del material que se ha de calentar, pierden temperatura. Esta caída de temperatura presenta una cuestión que puede formularse de dos maneras:

1. Cuando la carga en el punto del primer contacto con los gases del horno ha alcanzado la temperatura deseada, ¿cuál es la temperatura de la carga en el punto donde salen los gases?

2. Cuando el punto más frío de la carga ha alcanzado la temperatura deseada, ¿cuánto se ha sobrecalentado la parte más caliente de la carga?

Una temperatura excesiva de los gases del horno produce una gran diferencia en la velocidad de calentamiento y en el costo inicial del horno.

Por esta razón es deseable la realización de un cálculo de la diferencia de temperaturas a lo largo del horno. Puede mencionarse con relación a este punto, que la diferencia de temperatura en los extremos de entrada y salida es pequeña, si el recorrido del gas es corto. Se evita un recorrido excesivamente largo introduciendo los gases calientes en el centro del horno y extrayéndolos por los extremos o viceversa (v. Fig. 10).

La diferencia (temperatura del gas-temperatura final de la carga) debe ser pequeña si la propiedad del material caliente está adversamente afectada por un sobrecalentamiento ligero y si el material caliente tiene una baja conductividad térmica.

3.5 Métodos y aparatos para la economía de calor con referencia particular a los hornos industriales

3.5.1 Principios generales de la economía del calor

En muchos procesos industriales de calentamiento, el costo del combustible representa tan sólo una pequeña fracción del coste total de la manufactura.

En estos casos se considera como de importancia secundaria la economía del combustible.

Pero existen otros procesos en los que el combustible representa una parte considerable del gasto. Aunque el combustible es comparativamente barato en Venezuela, su coste se eleva continuamente. Desde 1940 la elevación del coste se ha acelerado considerablemente. Aunque la elevación del coste del aceite combustible y del gas natural es menos espectacular, también es, sin duda alguna, muy notoria. El coste de la energía eléctrica también se eleva a causa del incremento del combustible, de los salarios y de los costes del equipo. Por esta razón, debe prestarse atención a los métodos para la economía del calor.

El calor puede economizarse por el empleo de uno o más de los siguientes métodos:

a) Reducción de las pérdidas por las paredes, incluyendo las pérdidas por almacenamiento.

b) Aplicación del calor, a elevada temperatura, a una carga que está a baja temperatura sin pérdidas.

c) Pre calentamiento de la carga por la recuperación del calor de los humos.

d) Pre calentamiento del aire, combustible o ambos por la recuperación del calor de los humos.

e) Calderas de recuperación.

3.5.2 Reducción de las pérdidas por las paredes

La combustión a través de puertas poco herméticas constituye una parte de las pérdidas por las paredes.

Las paredes de los hornos construidas con ladrillos refractarios aislantes e incrustadas en una carcasa de acero, reducen el flujo de calor al ambiente.

Las pérdidas se reducen aún más por la inserción de bloques de fibra entre el refractario aislante y la cubierta de acero.

Las paredes de los hornos altos se construyen frecuentemente con ladrillos refractarios compactos. Entonces, se formula la siguiente pregunta. ¿En cuánto pueden reducirse las pérdidas de calor por la utilización de aislante? La respuesta depende del espesor del ladrillo refractario y del aislante, del tipo de aislante y de la continuidad en el funcionamiento del horno.

La forma en que la economía del calor varía con estas tres variables puede observarse en la tabla 3, que se refiere tan sólo a las pérdidas por las paredes y no al consumo calorífico total del horno.

Tabla 3. Reducción de las pérdidas por las paredes por el aislamiento en porcentaje.

No incluye las esquinas				
Espesor de la pared de ladrillo refractario [mm]	Funcionamiento continuo		Ciclo 1 semana	Ciclo 1 día, 6 días por semana
	Aislante 63,5 mm	Aislante 127 mm	Aislante 63,5 mm	Aislante 63,5 mm
	114,30	62	76	38
228,60	46	65	36	18
342,90	38	57	20	14
457,20	35	53	15	12

Ciclo de 1 semana significa funcionamiento continuo durante 6 días de 24 h. Para un funcionamiento de 5 días, la economía se reduce en un 10 % aproximadamente. Ciclo de 1 día significa de 8 a 10 h por día.

Los valores tabulados deben reducirse algo si la pared es gruesa en comparación con las dimensiones del horno. Los valores tabulados se aplican solamente a aquellos hornos que están completamente cubiertos con aislante, aun debajo de los enlaces del horno.

La economía del calor no significa necesariamente un ahorro de dinero, puesto que los gastos fijos del costo del aislamiento pueden exceder del costo de combustible que se ahorra; aunque esto es un caso muy raro, debe de tenerse en cuenta.

Otro factor que reduce la utilidad del aislamiento es su empleo en paredes que están sujetas a frecuentes reparaciones. Ningún aislamiento puede justificarse económicamente cuando son necesarias costosas reparaciones.

3.5.3 Economía de calor en hornos de baja temperatura

La temperatura de la llama de cualquier combustible debe reducirse antes de que los productos de combustión hagan contacto con la carga. La temperatura de los productos de la combustión se reduce frecuentemente por la admisión de un exceso de aire; la llama es “amortiguada”. Este método empleado frecuentemente es adecuado, pero es antieconómico porque los gases de escape arrastran no solamente el calor de los productos de combustión, sino también el calor del exceso de aire añadido.

En los hornos de baja temperatura se economiza combustible, si los productos de combustión transmiten parte de su calor a la carga por radiación, antes de estar en contacto con ella.

Una llama colocada en el centro de un horno grande irradia calor a las tuberías que casi cubren las paredes circundantes. Los gases parcialmente enfriados hacen contacto, entonces, con otras tuberías. La mayor parte del calor que se ahorra por este método se pierde por el incremento que sufren las pérdidas por las paredes.

El mejor método de economizar calor en los hornos de baja temperatura consiste en mezclar los productos de combustión calientes con otros productos de combustión más fríos, que han pasado anteriormente sobre la carga. Esta mezcla puede conseguirse por la acción del chorro de la llama, como aparece en la figura 7, o por medio de un ventilador para trabajar en caliente como aparece en la figura 10.

3.6 Equipos liberadores de calor

Según la naturaleza de la energía empleada, los equipos liberadores de calor consisten en un dispositivo de combustión o en un elemento eléctrico de calentamiento. En los hornos diseñados correctamente, el equipo liberador de calor y el horno (y en ocasiones el material a calentar) están adaptados adecuadamente uno a otro y forman una combinación integral que genera y utiliza calor. En los hornos que queman fuel-oil resulta bastante difícil establecer la línea en que acaba la generación y comienza el empleo del calor. La liberación del calor comienza en el dispositivo de combustión y acaba en el horno. Se obtiene una visión mucho más clara mediante un estudio por separado de los quemadores, si se tiene presente la interrelación entre el quemador, el horno y la carga.

El equipo ideal de liberación del calor debe satisfacer las siguientes especificaciones:

1. Permite alcanzar una temperatura controlada uniforme en el horno, calentador o estufa;
2. Permite obtener una atmósfera controlada y uniforme en el horno o calentador;
3. No se destruye por el calor que libera.

Aunque estos requisitos parezcan simples, son, en total, bastante difíciles de cumplir, como lo demuestra el razonamiento siguiente. Si la fuente de la energía calorífica es la combustión del combustible, la temperatura de una partícula de la mezcla (combustible, aire, productos de combustión) en el punto del recorrido de la partícula se determina por el calor añadido y sustraído de una partícula después de haber entrado en la cámara de combustión.

3.7 Resistencias eléctricas

El estudio térmico de los dispositivos de potencia es fundamental para un rendimiento óptimo de los mismos. Esto es debido a que en todo semiconductor, el flujo de la corriente eléctrica produce una pérdida de energía que se transforma en calor.

El calor produce un incremento de la temperatura del dispositivo. Si este incremento es excesivo e incontrolado, inicialmente provocará una reducción de la vida útil del elemento y en el peor de los casos lo destruirá.

En todo semiconductor el flujo de la corriente eléctrica produce una pérdida de energía que se transforma en calor. Esto es debido al movimiento desordenado en la estructura interna de la unión. El calor elevará la energía cinética de las moléculas dando lugar a un aumento de temperatura en el dispositivo; si este aumento es excesivo e incontrolado provocará una reducción de la vida útil del dispositivo y en el peor de los casos su destrucción.

Es por ello que la evacuación del calor generado en el semiconductor es una cuestión de gran importancia para asegurar el correcto funcionamiento y duración del dispositivo.

La capacidad de evacuación del calor al medio ambiente podrá variar según el tipo de cápsula pero en cualquier caso será demasiado pequeña, por lo que necesita una ayuda adicional para transferir el calor disipado mediante un dispositivo de mayor volumen y superficie conocido como disipador de calor, el cual hace de puente para evacuar el calor de la cápsula al medio ambiente.

CAPITULO IV
PRINCIPIOS DE CONTROL AUTOMÁTICO.

En los hornos industriales es necesario mantener casi constantes varias magnitudes físicas y químicas o seguir un programa predeterminado si se quieren obtener productos de elevada calidad. Dichas magnitudes son temperatura, presión, composición de la atmósfera e, indirectamente, la velocidad del flujo. Los principios que fundamentan el control automático de cualquiera de dichas magnitudes son análogos. Por esta razón es aconsejable discutirlos brevemente antes de tratar del control de las distintas magnitudes.

La magnitud que se va a controlar (temperatura, presión, etc.) se denomina la magnitud controlada o la variable controlada, la magnitud que varía y tiende a hacer cambiar la controlada se llama variable independiente. En algunos procesos existen diversas variables independientes.

El control automático se obtiene por el método siguiente: se extrae la energía (directa o indirectamente) de la magnitud controlada. Esta energía se equilibra por la fuerza de un contrapeso o de un muelle mecánico o de un equivalente neumático o electromagnético. El elemento que produce la fuerza de equilibrio puede tener muchas formas diferentes. Si cambia el valor de la variable independiente, también cambiará el valor de la variable controlada y se interrumpe el equilibrio existente entre la fuerza derivada y la neutralizadora. La pequeña diferencia de fuerzas pone en funcionamiento un mecanismo que tiende a retornar la variable controlada a su valor anterior, llamado *punto de regulación* o *punto de control*.

El punto de regulación, a menudo, es ajustable, de modo que pueda variarse a voluntad la magnitud controlada.

Obviamente, se necesitan varios elementos para realizar el control automático. Un instrumento, el elemento primario (el medidor), mide la variable a controlar y su desviación del punto de regulación. Detecta el equilibrio o desequilibrio de fuerzas (da una señal). Un segundo elemento el controlador, convierte la diferencia de fuerzas en movimiento del elemento final, que puede ser una válvula o un interruptor.

En algunos controles el instrumento medidor también es controlador. Dichos controles son automáticos.

Normalmente, la diferencia de fuerzas en el medidor es demasiado pequeña para vencer la resistencia por fricción (u otra) del elemento final, a no ser que la desviación del punto de regulación sea muy grande. Se intercala un relé que convierte la pequeña diferencia de fuerzas del medidor en una fuerza mucho mayor. Un aparato controlador que incorpora este principio se dice que está servomandado. El equipo que amplifica la fuerza se llama en ocasiones un servomotor. La amplificación puede realizarse por acción mecánica, hidráulica, neumática, eléctrica o electrónica.

El control de dos puntos, ejemplos del cual son el control todo o nada y el control alto o bajo, es el modo más simple de realizar el control del servomandado. Cuando una variable controlada se desvía del punto de regulación en una cantidad predeterminada, el flujo de energía (combustible, fluido, electricidad) hacia el proceso se interrumpe total (todo o nada) o parcialmente (alto o bajo) o se da todo, según la dirección de la desviación.

Cuando el medidor ha vuelto y sobrepasa el punto de regulación, la acción del control se invierte. El control oscila alrededor del punto de regulación. Si no fuera por la fricción e inercia del aparato, el elemento final (válvula, etc.) podría abrirse repentinamente y cerrarse total o parcialmente incesantemente con una elevada frecuencia de inversiones. La frecuencia de las inversiones se reduce si el punto de conexión y de desconexión están situados a una distancia establecida (normalmente pequeña) de cualquier lado del punto de regulación. La distancia entre los dos puntos se llama *la diferencia operacional*.

Esta disposición, aunque reduce la frecuencia de las inversiones, comparada con la frecuencia que resulta de una diferencia extremadamente pequeña, aumenta la amplitud de fluctuación de la variable controlada. Se reduce aún más la frecuencia de las inversiones si se retarda el movimiento del elemento final (válvula, etc.); esto es, si se incrementa el tiempo (segundos de funcionamiento de un extremo a otro). El elemento final *flota* alrededor de su posición correcta. Un movimiento muy lento del elemento final produce gran amplitud de fluctuación de la variable controlada.

La amplitud de las fluctuaciones de la variable controlada puede reducirse cambiando de *abrir o cerrar todo* a *alto-bajo*. Este método exige un control manual para condiciones excepcionales. En muchos procesos no son causa de problemas las oscilaciones, porque no es necesario un control exacto. En otros procesos se desea un control exacto y, por lo tanto, no se desean oscilaciones.

Las oscilaciones pueden eliminarse por un control de posición proporcional diseñado correctamente y realizado con precisión, en el que la posición del elemento final es en todo momento proporcional a la desviación de la magnitud controlada desde el punto de regulación, a través de una gama que se conoce como la banda proporcional o el campo de estrangulamiento.

El elemento final se mueve solamente cuando lo hace la aguja del medidor. Este debe estar casi totalmente libre de la fricción y debe tener una inercia muy pequeña.

La estabilidad del control (ausencia de oscilaciones) exige que, sin una reposición automática, las distintas posiciones del elemento final se correspondan con diferentes valores de la variable controlada. El valor de la variable controlada cae desde la falta de carga hasta la carga total. Esta caída o desviación se muestra en el diagrama de la figura 17, en el que la línea *DR* se llama *la característica del control*. No debe ser necesariamente una línea recta.

La desviación que es necesaria para evitar las oscilaciones depende no sólo del diseño del equipo de control, sino también de las peculiaridades del proceso al que sirve.

La palabra *desviación* indica que la magnitud controlada se desvía del punto de regulación, siempre que la variable independiente se halle por encima o por debajo de su valor medio. Algunos procesos no son afectados seriamente por el error de desviación, mientras que otros sí lo son. Esto se remedia corrigiendo la desviación por medio de una reposición. Si, en la figura 17, se incrementa la carga desde el valor medio hasta *NW*, la variable controlada desciende la magnitud *E*. El error se anula mediante una reposición que eleva la característica del valor de *E* hasta *ST*. La reposición o corrección de la desviación puede hacerse manualmente. Como la mayoría de los instrumentos de control llevan incorporada una corrección automática de la desviación, es conveniente hacer una breve exposición de este sistema.

Siempre que cambia la carga, se opone un muelle al movimiento del elemento final para *asegurar* la estabilidad. Un *extremo del* muelle se sujeta un elemento viscoso, tal como un émbolo de un amortiguador. La fuerza ejercida por el muelle durante un cambio de carga mueve gradualmente el elemento viscoso, el cual se para cuando el muelle ha tomado su forma original anterior a la deformación, por lo que la variable controlada vuelve lentamente al punto de regulación. En la mayoría de los instrumentos comerciales se reemplaza el amortiguador viscoso por un dispositivo electromagnético de retardo u otros equivalentes.

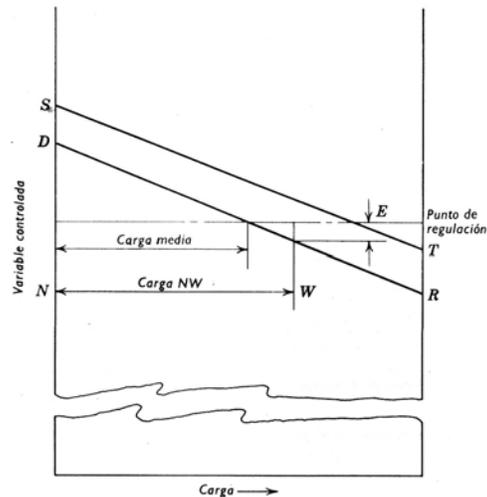


Fig. 17. Diagrama que representa el principio de la corrección manual de la desviación.

En el lenguaje de la industria de controles, la corrección automática de la desviación se describe del modo siguiente: el sistema (Fig. 18) se dispone para realizar los ajustes del error entre una señal de respuesta de lo que ocurre en cada momento a la variable controlada y lo que se solicita por la señal de control de entrada. Realimentando al controlador alguna función de la desviación, el medidor puede comparar dicha señal con la del control de entrada y minimizar la diferencia mediante la acción del controlador.

El control se repone automáticamente para acomodarse a las variaciones en la carga del proceso, eliminar la desviación e incrementar la sensibilidad total manteniendo la variable controlada en el punto de regulación.

En general, los sistemas de control se establecen según el grado de sensibilidad necesario y la naturaleza del proceso que se va a controlar, que puede ser intermitente o continuo y que puede requerir valores altos o bajos de transferencia del efecto entre las variables independiente y controlada. Esto supone un tiempo de retardo que se llama *retardo de transferencia*.

La sensibilidad del control es función no sólo del instrumento de control, sino también del proceso.

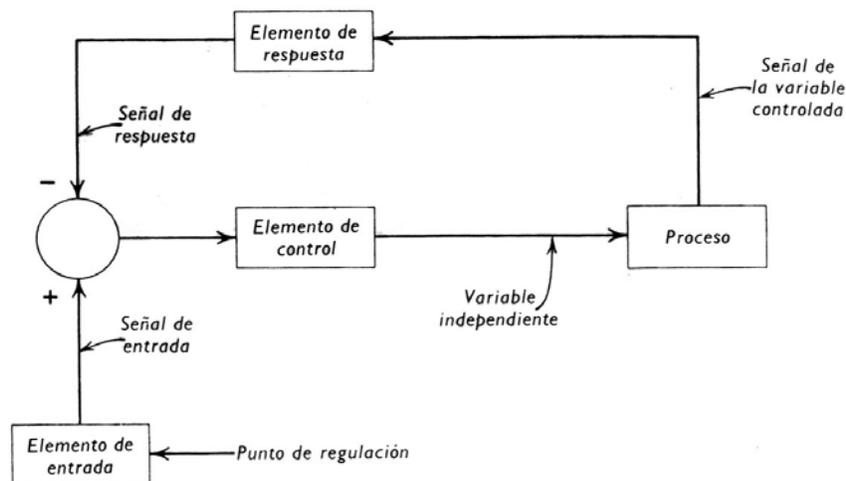


Fig. 18. Diagrama que representa el principio de la corrección automática de la desviación.

El controlador debe actuar rápidamente para restaurar el nivel. Si es grande el diámetro del depósito, el controlador dispone de más tiempo. En una máquina que tenga poca inercia, el regulador debe actuar rápidamente. Si la máquina tiene mucha inercia, la acción del regulador puede ser más pausada. Si en un horno pequeño se abre una puerta de una dimensión determinada, la temperatura disminuye rápidamente y la acción del control debe ser rápida. El rápido movimiento del elemento final produce un desplazamiento excesivo y fluctuaciones, a menos que el controlador esté proyectado para una desviación considerable.

4.1 Control de temperatura del horno

Según las especificaciones realizadas por especialistas, el objetivo es:

1. Poner la superficie expuesta de la carga a una temperatura determinada y mantener esta temperatura constante, respecto al tiempo hasta que se haya alcanzado una uniformidad específica de temperatura en la carga, o
2. Variar la temperatura de la carga de acuerdo con un ciclo de calentamiento y enfriamiento especificados.

En cualquiera de los casos se desea mantener uniforme la temperatura de la carga, con respecto a su colocación en el horno. Las razones para alcanzar una temperatura en la carga, y mantenerla constante, son sencillas. Para cada proceso determinado y para cada material, existe una temperatura mínima que se debe obtener para que el proceso sea satisfactorio. Una temperatura que supere mucho el valor requerido no solamente es un desperdicio de calor, sino que también tiene, a veces, efectos indeseables.

4.1.1 Control de la temperatura en función de la posición

Se consigue la uniformidad de la temperatura en función de la posición en el horno, si todas las superficies de la carga expuesta reciben la misma cantidad de calor por unidad de tiempo. Esto ocurre en los hornos discontinuos. En los hornos continuos, la temperatura debe ser uniforme en toda la anchura del horno.

Para algunos procesos, la uniformidad de temperatura del horno no da los mejores resultados.

La verdadera uniformidad, con respecto a la colocación se obtiene con mucha dificultad por el control automático por sí sólo; es, más bien, el resultado del buen diseño y funcionamiento del horno.

Los siguientes factores afectan a la uniformidad de la temperatura de un horno: disposición de los elementos eléctricos de calefacción o de los tubos radiantes; temperatura uniforme de cada tubo radiante; disposición de los quemadores; tipo de quemadores (de llama luminosa o de gas puro) velocidad y dirección de los productos de la combustión para producir la circulación, circulación forzada, altura de los quemadores y la bóveda sobre la parte superior de la carga (en los hornos de altas temperaturas), disposición de las entradas de calor, salidas y paredes de la mufla. Los factores de funcionamiento son: disposición de la carga, ajuste de los quemadores y cierre de algunos quemadores durante el proceso de calentamiento.

La uniformidad de la temperatura se obtiene fácilmente en algunos procesos de calentamiento que no necesitan horno.

La radiación y convección del calor a la pieza se igualan por paredes de semimufla (que se conocen también con el nombre de *tornallamas*). Dichas paredes, que en ocasiones se construyen también con carburo de silicio, radian y vuelven a radiar el calor en el espacio próximo al lado caliente, y reduce la transferencia de calor a las piezas que se hallan próximas a la fuente de calor. La radiación, reflexión y radiación secundaria de los productos de la combustión y de las paredes, producen una temperatura bastante uniforme de la pared de la mufla, excepto en aquellos puntos donde una llama opaca toca la pared de la mufla.

Cuando se emplean paredes de semimufla con hornos con calefacción la parte inferior, la circulación que es inducida por un quemador iguala aun más la temperatura. Esta combinación se encuentra en los hornos pequeños con calefacción por la parte inferior, tales como el que aparece en la figura 19.

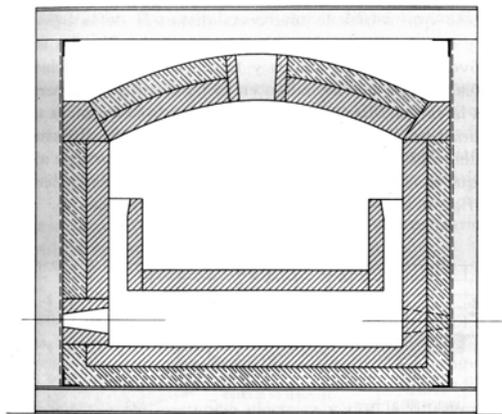


Fig. 19. Horno de semimufla con calefacción por la parte inferior.

4.2 Instrumentos

Los instrumentos, exigen aparatos de medida. La temperatura se mide por la dilatación de un sólido, líquido o gas, por cambio de la resistencia eléctrica y por la diferencia de fuerzas electromotrices al final de dos alambres diferentes que se unen en el extremo caliente (termopar). Los pirómetros de radiación poseen termopares.

Todos estos efectos de la temperatura se han empleado para medir y controlar las temperaturas. La dilatación de los sólidos (láminas bimetálicas) se emplea mucho en el control de la temperatura de los domicilios. Los demás efectos de la temperatura se han agrupado en instrumentos adaptados a las distintas temperaturas de los hornos. La enorme amplificación que puede obtenerse por medios electrónicos, ha convertido a la mayoría de ellos en aparatos anticuados y ha limitado la relación de los efectos que pueden ampliarse por acción electrónica. Entre dichos efectos, los principales son:

1. Variación de la resistencia eléctrica con la temperatura;
2. Variación de la fuerza electromotriz de un termopar con la temperatura.

Dichos métodos de medida se empleaban antes de que fuera conocida la electrónica y se utilizan sin amplificación electrónica, pero la electrónica ha ampliado la gama de medición a temperaturas demasiado bajas como para que puedan medirse con exactitud.

La mayoría de los controles de la temperatura de los hornos se basan en el empleo de los termopares. Por esta razón, la discusión siguiente se basa exclusivamente en su uso.

4.2.1 Termopar

Un termopar consiste en dos alambres de metales diferentes. Los alambres se sueldan juntos en el extremo caliente. En el extremo frío están conectados a un instrumento de medida que puede ser un galvanómetro o un potenciómetro.

En raras ocasiones los termopares se fabrican por los propios usuarios; normalmente se suministran como parte del equipo de control.

La fuerza electromotriz de un termopar, para una temperatura dada de un horno, es función de la composición de los alambres. La fuerza electromotriz generada puede ser cuantitativamente relacionada con la temperatura y así el sistema puede ser usado como termómetro, conocido como *termocupla*. Si se desea tener una fuerza electromotriz elevada con baja temperatura, se escogen el hierro y el constatan (una aleación de níquel y cobre). El límite superior para esta combinación son los 650 °C.

Los elementos de chormel (cromo y níquel) y alumel (aluminio y níquel) se emplean para temperaturas de hasta 1094 °C, que pueden superarse si se da una excelente protección a los elementos. El platino y el platinorodio son útiles hasta las más elevadas temperaturas que existen en los hornos industriales.

Los gases que se presentan en los hornos industriales (oxígeno, monóxido de carbono, compuestos del azufre) corroen o fragilizan los metales de que están contruidos los elementos.

Por esta razón, los elementos se introducen en un tubo protector, que a menudo consiste en dos tubos concéntricos. El tubo interior es metálico, el exterior es de cerámica.

Puede repetirse que la temperatura en el tubo protector difiere ligeramente de la temperatura del horno, siempre que varía esta última.

4.2.1.1 Termocuplas

Las termocuplas se basan para su funcionamiento en el efecto SEEBEK:

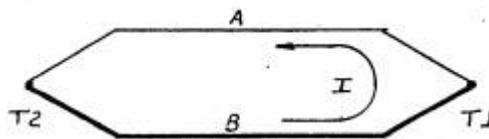


Fig. 20

Calentado la juntura de dos materiales distintos que componen un circuito cerrado, se establece una corriente.

Las leyes principales que rigen su funcionamiento son:

1) Ley de Homogeneidad del circuito: No se puede obtener corriente calentando un solo metal. (Efecto Thompson)

2) Ley de Metales Intermedios: La sumatoria de las diferencias de potencial térmicas es cero en un circuito con varios metales, si estos están a temperatura uniforme.

3) Ley de Temperaturas intermedias: La fuerza electromotriz térmica de una TMC no depende de las temperaturas -intermedias.

Una termocupla consiste de un par de conductores de diferentes metales o aleaciones. Uno de los extremos, la junta de medición, está colocado en el lugar donde se ha de medir la temperatura. Los dos conductores salen del área de medición y terminan en el otro extremo, la junta de referencia que se mantiene a temperatura constante. Se produce entonces una fuerza electromotriz (fem) que es función de la diferencia de temperatura entre las dos juntas (fig. 20)

4.2.2 Pirómetros

Los termopares pueden medir la temperatura del horno aunque no estén instalados en él. En un pirómetro de radiación un cierto número de termopares forma lo que se conoce por termopila. Los rayos calientes emitidos por un objeto caliente se enfocan por lentes limpias en los lugares calientes de la termopila, como aparece en la figura 21. El cuerpo caliente puede ser la parte inferior de un tubo refractario cubierto que se expone a la temperatura del horno, o el material calentado. La calibración de los pirómetros de radiación difiere en ambos casos.

La fuerza electromotriz de la termopila se emplea para realizar el control automático de la temperatura. La fuerza se obtiene de la cantidad variable (controlada) y se equilibra mediante una fuerza conocida.

Las fuerzas electromotrices muy pequeñas se median y se equilibran al principio en un galvanómetro del tipo de suspensión, que es un instrumento delicado. Se hacía menos delicado por el empleo de pivotes de rubí y se llamaba *milivoltímetro*. En los dos instrumentos, la fuerza electromotriz produce un par que se equilibra por un muelle capilar e indica la temperatura.

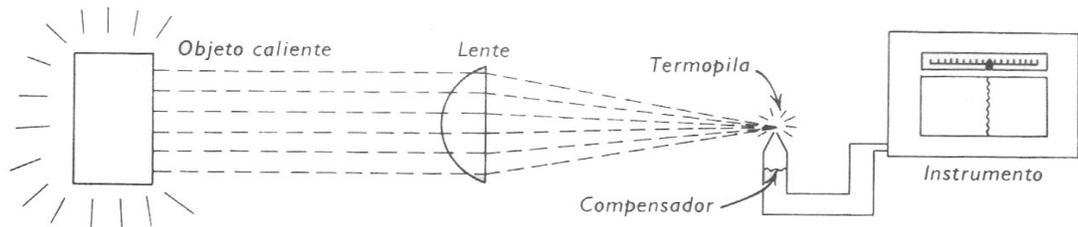


Fig. 21. Esquema que representa el principio del pirómetro de radiación.

Cuando era necesario realizar el control de la temperatura del horno, era casi obvio emplear el movimiento de la aguja del galvanómetro. También era obvio que la aguja puede realizar sólo una fuerza insignificamente pequeña y que su movimiento puede emplearse para activar un relé o un servomotor. Los contactos eléctricos ofrecían una solución. Su empleo se ilustra en forma de esquema en la figura 22.

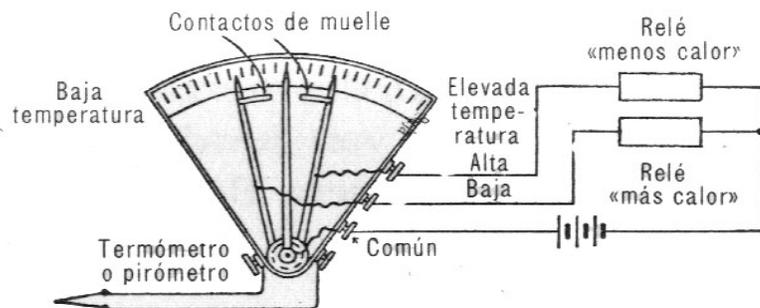


Fig. 22. Esquema de regulador de temperatura del tipo de contacto.

El desgaste de los contactos por los arcos limita el empleo de este instrumento de control para medir corrientes débiles. Los contactos se hacen más firmes y más positivos en el instrumento de control que aparece en la figura 23, que se conoce con el nombre de pirómetro de barreta depresora. La aguja 1 del galvanómetro se mueve libremente en dirección horizontal. A intervalos regulares de tiempo es presionada. Si la aguja está en la zona muerta (sin contacto) no ocurre nada, pero, si se mueve sobre uno de los muelles 2, se realiza un contacto entre los puntos de contacto (aislados) de dicho muelle y se establece o se interrumpe la provisión de calor al horno. El pirómetro de barreta depresora constituyó una mejora del pirómetro de contacto, pero el deterioro de los puntos de contacto causaba molestias. El problema se resolvió por interruptores de mercurio, que consisten en un tubo basculable lleno de gas y que contiene una pequeña cantidad de mercurio. Dos alambres van fundidos en la parte inferior del tubo en un extremo. En cuanto la barreta flexible depresora presiona las puntas flexibles del galvanómetro sobre el lado del alambre del tubo de cristal, se establece el contacto.

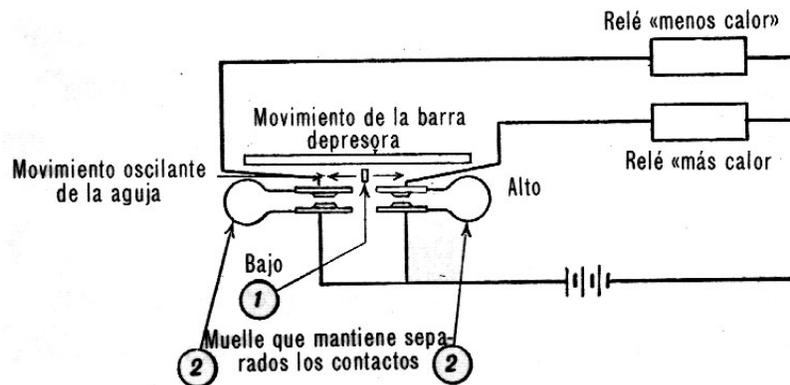


Fig. 23. Esquema de regulador de temperatura, del tipo barra depresora.

En el controlador de pluma no se necesitan contactos eléctricos. En este instrumento, la aguja indicadora lleva una ligera aleta metálica, la cual, en el punto de regulación, permanece entre dos bobinas osciladoras estacionarias. Si la aleta entra en el espacio que existe entre las bobinas osciladoras, se altera el circuito y se activa un relé.

Todos los instrumentos aquí descritos son apropiados para un control todo-nada (de dos puntos) donde no se exige una robustez excesiva. No son tan apropiados para el control proporcional. A este respecto debe decirse que el control proporcional, que se considera generalmente como un tipo superior de control, no es tan bueno como el control de dos puntos para algunos procesos de calentamiento.

Un ejemplo de la veracidad de esta afirmación es el recocido de ciclo largo en un horno con calefacción por la parte inferior. En un horno de este tipo, las llamas (o los gases calientes) se proyectan a gran velocidad en el interior de la cámara de combustión, debajo de la solera, durante la primera parte del proceso de calentamiento, por lo que se obtiene la circulación y se produce la uniformidad de calefacción en todo el recinto del horno. Cuando la superficie de la carga se ha puesto a temperatura, la provisión de calor se reduce por el control.

En el control proporcional, la velocidad de la llama se reduce y los gases se mueven hacia arriba a lo largo de las paredes. No se suministra calor a la solera. Con un control de dos puntos, entran llamas periódicamente en la cámara de combustión. El control proporcional de la temperatura se realiza normalmente por medio de potenciómetros.

También, en los instrumentos descritos, la fuerza electromotriz de un termopar se equilibra indirectamente por un muelle en un galvanómetro. En un potenciómetro, la fuerza electromotriz se equilibra con la de una pila *standard* u otra fuente de alimentación de tensión constante. Las dos fuerzas electromotrices producen débiles corrientes en dos ramas de un puente Wheatstone modificado, en el cual las resistencias están ajustadas de forma que no fluye corriente en el puente cuando la temperatura del horno es igual a la temperatura del punto de regulación.

Si la temperatura del horno se desvía de la temperatura del punto de regulación circula por el puente una corriente muy pequeña, casi inmensurable. Para que pueda ser útil a efectos de control, la corriente del puente se amplifica electrónicamente, después de convertirla en corriente alterna de onda cuadrada. En los Estados Unidos se conoce el instrumento empleado para realizar esta conversión con el nombre de *chopper*. La corriente transformada se amplifica proporcionalmente hasta una tensión que permita el funcionamiento de motores para ajustar válvulas, tuberías de inyección o válvulas de mariposa, y para desplazar un contacto a lo largo de un alambre cursor.

Para conseguir la estabilidad de control, después de una alteración, la temperatura vuelve al punto de regulación, no inmediatamente, sino después de algunas leves oscilaciones. Desplazando el contacto a lo largo del alambre cursor, varía la resistencia (y la caída de tensión) entre la pila *standard* y el puente, por lo que se restablece el equilibrio en el puente. En la figura 24 se ilustran esquemáticamente la conversión y la amplificación. A cada una de las diferentes temperaturas corresponde una posición distinta que indica la temperatura.

Para cambiar el punto de regulación, varía la longitud del enlace entre el motor de equilibrado y el contacto del alambre cursor. En los instrumentos modernos, el alambre cursor y el contacto móvil han sido sustituidos por dispositivos equivalentes que evitan los contactos. Entre dichos dispositivos se hallan los condensadores dobles móviles que tienen muchas placas y los alambres con resistencias que varían según la tensión.

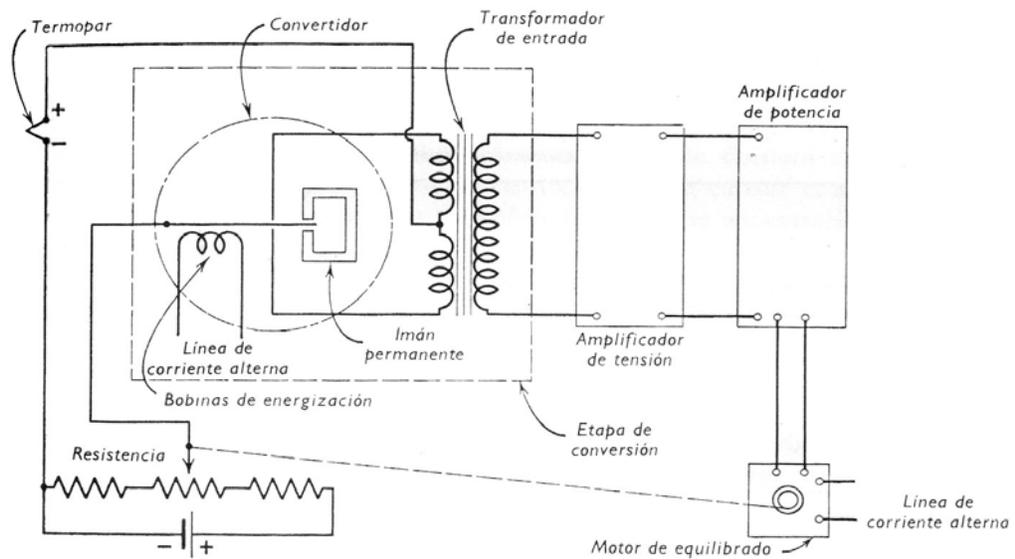


Figura 24

En el control proporcional de los hornos calentados por combustible, la superficie libre a través de una válvula o un grupo de válvulas se ajusta por el equipo de control. Las válvulas pueden moverse por un motor eléctrico, pero normalmente se mueven por presión hidráulica o neumática. En el control hidráulico, un tubo inyector giratorio descarga el aceite contra el borde entre dos canales que conducen a los lados opuestos de un pistón.

En el control neumático, el aire comprimido entra a un ritmo constante en un recipiente y sale a través de un orificio que se bloquea más o menos por una lengüeta. La posición de la lengüeta se ajusta por el mecanismo de control, por lo que cambia la presión en el recipiente.

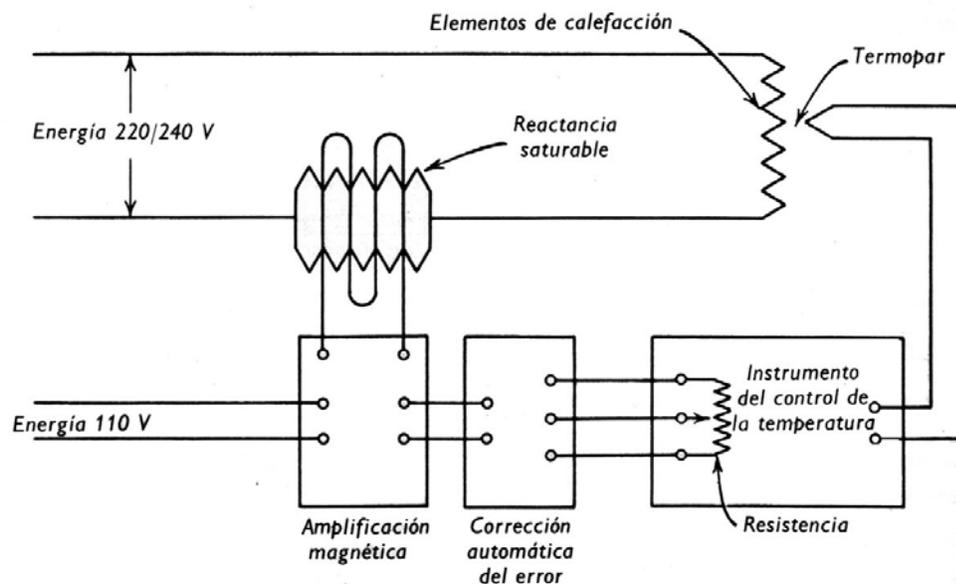


Fig. 25

En el control proporcional de los hornos calentados por resistencias, el suministro de calor no puede variarse por el movimiento de las válvulas. El flujo de la corriente se ajusta normalmente por una impedancia variable. En serie con las resistencias, existe una bobina con un núcleo de hierro, cuya magnetización y desmagnetización impide el flujo de corriente. Otra bobina concéntrica lleva corriente continua ajustable. Con el flujo máximo de corriente continua, las moléculas del núcleo están *congeladas* y la impedancia es muy pequeña.

En la figura 25 se ilustra en forma esquemática el aparato.

Los instrumentos para realizar el control de la temperatura del horno se construyen con un elevado nivel de perfección. Responden casi instantáneamente a los cambios de temperatura en un bulbo de resistencia o en la unión caliente de un termopar. No obstante, no pueden compensar por el retraso producido por el recubrimiento protector que rodea los bulbos y los termopares. Cuando se quema carbón pulverizado, se introduce un retraso de tiempo adicional por el tiempo que transcurre entre el alimentador y el quemador. El retraso es aún mayor si se quema combustible sólido en una parrilla o en un hogar, Un retraso grande exige una gran desviación si se desea un control estable.

4.3 Número de puntos de control.

En la aplicación del control de la temperatura surgen dos cuestiones, a saber: ¿Cuántos puntos de control deben establecerse y cuántos quemadores o resistencias debe controlar cada pirómetro?

En muchos hornos se emplea un solo punto de control debidamente colocado, puesto que más puntos de control podrían causar complicaciones indeseables. En algunos hornos de calcinar cerámica se instalan dos pirómetros conectados en serie. La combinación controla la temperatura media. En ambos casos se hacen revisiones ocasionales, por ejemplo con un pirómetro óptico.

Los grandes hornos continuos de solera recta o giratoria se dividen, por lo menos, en dos zonas de calentamiento y de homogeneización. Cada zona se controla por un pirómetro independiente. Por razones metalúrgicas o por otras exigencias de fabricación algunos de estos hornos se dividen en cinco zonas, cada una de las cuales está equipada con un control de temperatura independiente.

Muchos hornos continuos de gran longitud para tratamientos térmicos tienen zonas diferentes con el fin de obtener un patrón determinado de calentamiento y refrigeración. Por ello están equipados con un cierto número de puntos consecutivos de control de la temperatura.

4.4 Control programado

Hasta aquí hemos estudiado solamente el problema de mantener constante la temperatura de la carga. Después de haber hallado una solución del problema de poner la superficie de la carga a una temperatura determinada y mantenerla constante, el problema de la variación automática de la temperatura, que siga una ley o un ciclo, no ofrece dificultades insalvables.

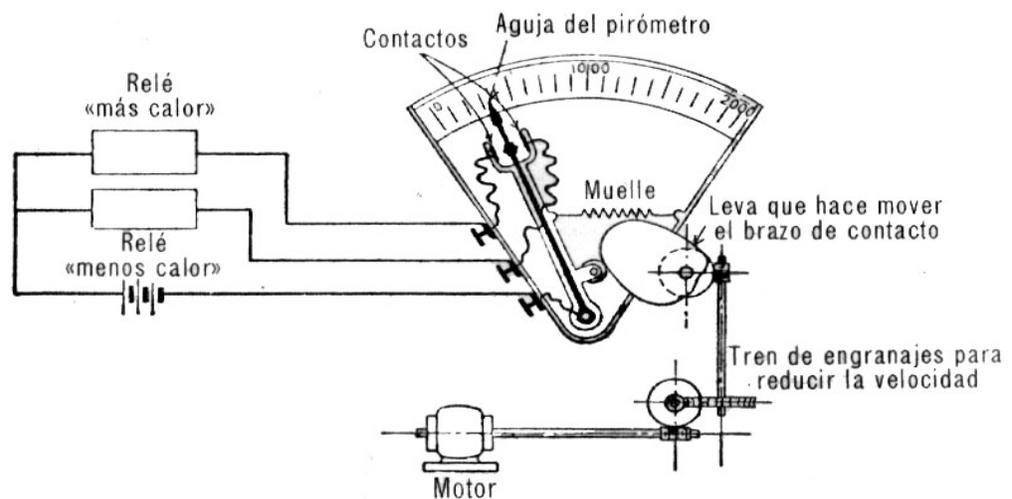


Fig. 26. Esquema de instrumento para variar la temperatura del horno en función del tiempo y con un ciclo determinado.

Debe recordarse que, en el control automático de la temperatura, el galvanómetro o el potenciómetro tienen un ajuste manual para la temperatura (punto de regulación o punto de control) que debe alcanzarse y mantenerse. Todo lo que debe hacerse para conseguir que la temperatura siga un ciclo determinado es hacer que una leva accionada por un motor o por un reloj, a través de reductores de velocidad apropiados, mueva el ajuste de control de la temperatura del modo deseado.

En la figura 26 se muestra dicho mecanismo. En este instrumento puede emplearse rápidamente una nueva relación de transmisión para variar la duración de un ciclo o puede emplearse una nueva leva para cambiar las relaciones de temperatura dentro del ciclo. En lugar de la leva puede emplearse un interruptor automático de tiempo, que desconecta el suministro de combustible y aire o de energía eléctrica después de un cierto tiempo, permitiendo de este modo la refrigeración de la carga.

Los engranajes y las levas no pueden seleccionarse y diseñarse al azar. Deben adaptarse al tamaño y al material de las piezas que van a calentarse.

CAPITULO V
MARCO METODOLÓGICO

Dentro del marco metodológico se estudiarán las diferentes alternativas que se plantearon a lo largo del proceso de diseño. La evaluación de estas alternativas del diseño del horno nos permitirá conocer cuál es la mejor opción en cuanto a la disminución de pérdidas de calor, producción, costos, diseño sencillo y práctico y costos del diseño.

5.1 Especificaciones requeridas en el horno automatizado tostador de casabe

- El horno a diseñarse debe ser de producción continua.
- El diseño debe ser de fácil construcción.
- Con el diseño del horno se desea reducir las pérdidas de calor hasta ahora presentes en los budares artesanales.
- Los elementos de construcción serán preferentemente económicos y en su gran mayoría de producción venezolana.
- El horno a ser diseñado será de fácil manipulación por parte del usuario y este no requerirá de mayor instrucción para utilizarlo.
- El horno debe ser de fácil traslado.
- El horno debe permitir tostar diferentes tipos de harina de yuca destinadas para la elaboración de casabe.
- El horno a ser diseñado debe cumplir con los parámetros necesarios para el tostado de alimentos.
- Debe ser de fácil acceso a su interior para implementar el mantenimiento requerido en su momento.

5.2 Alternativas de diseño del horno automatizado tostador de casabe

A continuación serán planteadas las diferentes ideas que fueron tomadas para el diseño del horno. Posteriormente se procederá a la evaluación de cada una de ellas, exponiendo las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

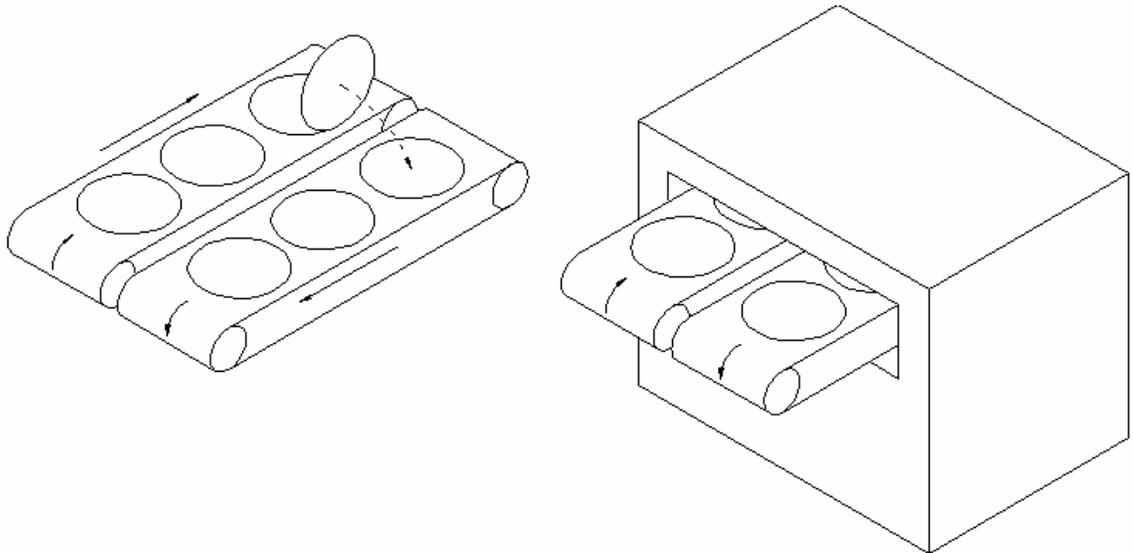


Fig. 27 Propuesta N° 1 (Fuente: Los Autores)

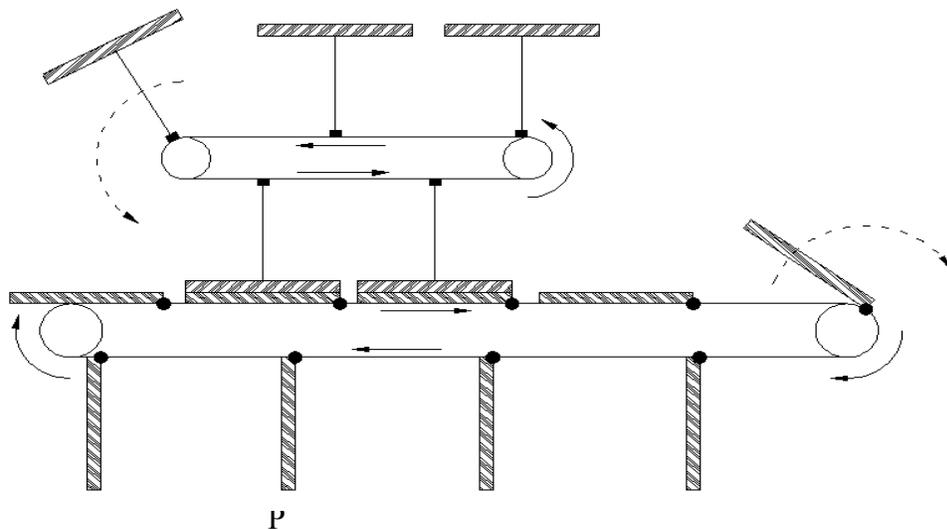


Fig. 28 Propuesta N° 2 (Fuente: Los Autores)

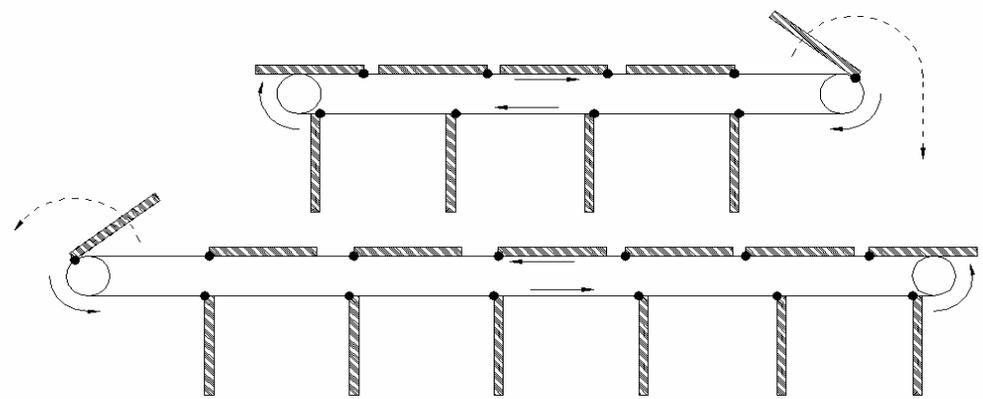


Fig. 29 Propuesta N° 3 (Fuente: Los Autores)

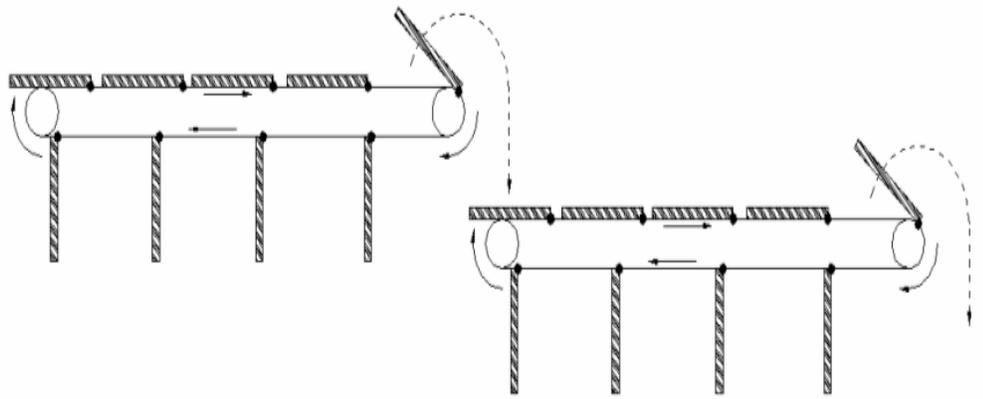


Fig. 30 Propuesta N° 4 (Fuente Los Autores)

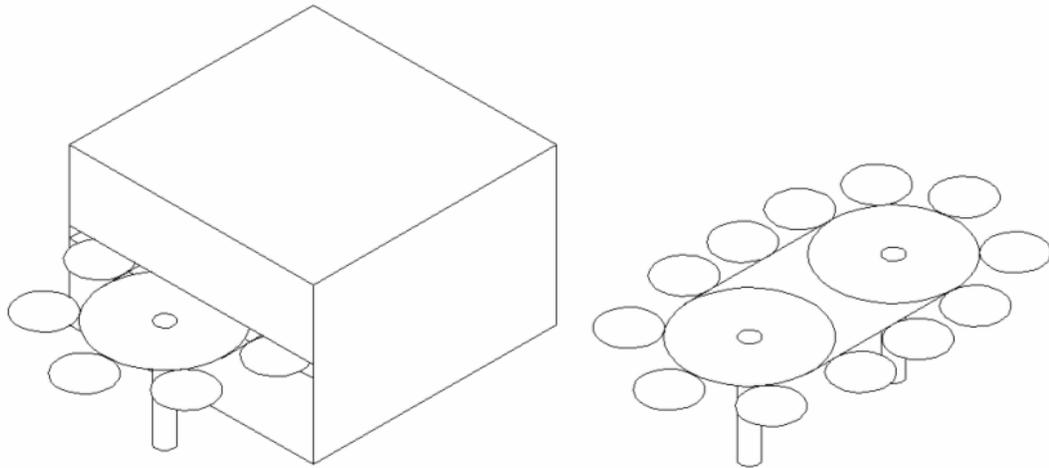


Fig. 31 Propuesta N° 5 (Fuente: Los Autores)

5.3 Evaluación de las alternativas

En esta sección se realizara una breve explicación y se plantearán las ventajas y desventajas de cada alternativa de diseño. Con la finalidad posterior d8e realizar una comparación ente ellas y escoger la alternativa de diseño más idónea.

5.3.1 Diseño propuesto N° 1

En este diseño se presenta dos sistemas de cadenas. Cada sistemas de cadenas contiene una serie de planchas metálicas solidaria por solo uno de sus extremos con la finalidad de permitir su paso en el trayectoria circular de cadena y a la vez de presentar un pivoteo para proceder al volteado de la torta de casabe de un sistema de cadenas a otro paralelo. Por un sistema de cadena es introducida la torta de casabe y por el otro sale la torta ya tostada. Parte de este sistema de cadenas se encuentra dentro del horno.

Ventajas del diseño N° 1

- Producción continua de la torta de casabe.
- Fácil manipulación por parte del usuario.
- Tamaño moderado.
- Disminuye las pérdidas de calor.

Desventajas del diseño N° 1

- Se requiere una mayor cantidad de calor para calentar el sistema.
- Complejidad en el diseño del volteado.
- Posible resquebrajamiento de la torta de casabe al momento del volteado de la torta.
- Posible desalineación de la torta de casabe con respecto al siguiente sistema de cadenas al momento del volteado.

5.3.2 Diseño propuesto N° 2

En el diseño propuesto N° 2 se plantea un sistema paralelos de cadenas. El sistema inferior contiene las tortas de casabe, las cuales son introducidas por uno de sus lados. El sistema superior contiene planchas de metal las cuales serán calentadas para que posteriormente hagan contacto con las tortas de casabe. Una vez tostada la torta de casabe esta será colocada en una cesta haciendo uso para ello de un pivote presente en las planchas inferiores.

Ventajas del diseño N° 2

- Producción continua de la torta de casabe.
- No requiere voltear la torta de casabe.
- Los elementos mecánicos a ser empleados son sencillos (cadenas y engranajes).
- Con el diseño propuesto se reduce las pérdidas de calor.
- Fácil manipulación por parte del usuario.

Desventajas del diseño N° 2

- Se requiere una gran cantidad de calor para calentar el sistema y muy poco es aprovechado.
- El horno presentaría una gran altura.
- Un posible desajuste en las cadenas no permitiría un tostado uniforme en la torta de casabe.

5.3.3 Diseño propuesto N° 3

El diseño propuesto N° 3 presenta dos sistemas de cadenas uno mas largo que otro. En el sistema de cadena superior será introducida la torta en una serie de planchas dispuestas para tal fin. Al final de la trayectoria de la cadena y una vez que se halla tostado la torta de casabe, por uno de sus lados, la plancha pivotará para dejar caer dicha torta sobre otra plancha que se encuentra sobre un sistema de cadena ubicada abajo del primer sistema. La plancha que se encuentra en la parte inferior permitirá el tostado del otro lado de la torta de casabe. Las trayectorias de los sistemas de cadenas son opuestas.

Ventajas del diseño N° 3

- El sistema presenta un sistema automatizado.
- Fácil uso por parte del usuario.
- Disminución de las pérdidas de calor.

Desventajas del diseño N° 3

- Se debe generar una gran cantidad de calor.
- El diseño presentaría una gran altura.
- Posible resquebrajamiento de la torta al momento del volteado.
- Posible desalineación de la torta de casabe al momento de caer sobre el sistema inferior.
- El mantenimiento sería complejo debido a la disposición geométrica.

5.3.4 Diseño propuesto N° 4

En el diseño propuesto N° 4 de igual manera se presenta dos sistemas de cadenas uno frente al otro. El sistema es similar al anterior, la diferencia más significativa es que el otro sistema de cadenas se presenta en forma casi continua. Las planchas de tostado también presentan un sistema de pivoteo.

Ventajas del diseño N° 4

- El diseño es automatizado.
- Se disminuyen las pérdidas de calor.
- Diseño simplista y de fácil manipulación por parte del usuario

Desventajas del diseño N° 4

- El largo del horno aumentaría.
- Posible daño físico de la torta al momento del volteado.
- Al ocupar un gran volumen, el calor generado sería consumido por el sistema y sería poco el aprovechable.

5.3.5 Diseño propuesta N° 5

Este diseño presenta solo un sistema de cadena. El sistema de cadena sería colocada como un conveyor. Se aplicaría calor tanto en la inferior como en la superior de la plancha, pudiéndose tostar la torta sin necesidad de tener un sistema de volteado. Se requieren dos usuarios para su manipulación. El primer usuario aplicaría la masa de yuca dentro de cada plancha de tostado. Un segundo operador retiraría la torta de casabe ya tostado. El diseño es de producción continua.

Ventajas del diseño N° 5

- Diseño compacto y fácil de transportar.
- Se disminuyen las perdidas de calor.
- Sistema automatizado.
- No se requiere voltear el casabe.
- Diseño sencillo y de fácil operación.
- Fácil mantenimiento.

Desventajas del diseño N° 5

- Requiere de dos personas para su operación, en lugar de uno solo como en los diseños anteriores.
- El operador que recoge las tortas listas debe estar atento en todo momento ya que de lo contrario se entorpecería el proceso.
- Se requiere de cierto adiestramiento para operar el horno.

5.4 Matriz Morfológica para la selección del diseño

Una vez hecha una descripción breve de cada uno de los diseños propuestos, señalando además, sus ventajas y desventajas, se procederá a construir una matriz morfológica con la finalidad de realizar un estudio comparativo de las propuestas de diseño.

Dentro de las consideraciones a ser tomadas en cuenta están los siguientes factores: Robustez, seguridad en la operación, disminución de las pérdidas de calor, facilidad de uso, cantidad de calor a ser suministrado, rendimiento en la producción, requerimiento de voltear la torta de casabe, facilidad en su construcción, seguridad y dimensión del horno.

Cada uno de estos factores tendrá un valor porcentual a ser tomado en cuenta de acuerdo a su importancia.

Para realizar la evaluación se hará la siguiente valoración de acuerdo al factor en estudio:

Deficiente: 1

Suficiente: 2

Bueno: 3

Muy Bueno: 4

Optimo: 5

Los motivos de la valoración porcentual de los factores a ser tomados en cuenta son los siguientes:

8 % Robustez: Este factor es relativamente bajo ya que el horno no requiere una gran robustez comparada con otras máquinas mecánicas.

12 % Operatividad: La operación es de gran importancia ya que de ello depende en gran medida el proceso de tostado del casabe.

14 % Disminución de las pérdidas de calor: Es uno de los factores más importantes ya que es uno de los objetivos primarios de este diseño.

10% Funcionalidad: Este factor se refiere a la maniobrabilidad por parte del usuario.

7% Dimensión: Es un factor que no es tan importante como lo es por ejemplo la disminución de las pérdidas de calor.

10% Seguridad: El factor seguridad es importante a la hora de diseñar el horno tostador.

11% Producción: Aumentar la producción es uno de los objetivos primarios del horno tostador de casabe.

14% Calor de suministro: El calor representa energía y esta a su vez costos, es por esta razón que este factor es uno de los más importantes en el diseño.

8% Construcción: No se limita en gran medida el diseño del horno por un factor de complejidad en su construcción.

6% Proceso de volteo: El proceso de volteo como un dispositivo como tal tampoco limita el diseño del horno.

Factor	Valor %	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3	Diseño 4	Diseño 5
Robustez	8	4	4	3	3	4
Operatividad	12	3	2	3	3	4
Disminución de las pérdidas de calor	14	3	2	3	3	4
Funcionalidad	10	4	3	4	3	3
Dimensión	7	3	1	1	1	5
Seguridad	10	4	4	3	4	4
Producción	11	5	2	4	2	5
Calor de suministro	14	2	1	1	1	4
Construcción	8	2	3	2	3	4
Proceso de volteo	6	2	4	2	2	5
Total	100	322	245	265	251	402

Tabla N° 4 Tabla morfológica (Fuente Los Autores)

5.5 Selección del diseño

Podemos ver de forma clara en la matriz morfológica que el diseño N° 5 es el más idóneo y es el que tiene un mayor porcentaje de aceptación en cuanto a los requerimientos planteados.

La propuesta N° 5 es un diseño compacto, el cual disminuye las pérdidas de calor hasta ahora presentes en los budares artesanales y de producción continua. Tiene la ventaja de que no se amerita realizar el volteado de la torta de casabe debido a que se tendría una fuente de calor por el lado inferior y superior de las planchas que contendrían las tortas de casabe.

CAPITULO VI
PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

6.1 Ubicación geográfica de la región de estudio

Luego de transitar unos quinientos metros desde la entrada de Carabobo, se cruza a la izquierda y se avanza dos kilómetros por una carretera de tierra, trayecto mediante el cual se van observando una serie de pequeñas fábricas artesanales donde las familias producen casabe. Herencia gastronómica de la milenaria cultura indígena.

El Rincón es un pueblo compuesto por unas 300 familias, que no aparece registrado en ningún documento histórico del Estado Carabobo. Se cree que fue fundado luego de la construcción de la Carretera Nacional, producto de la dinámica comercial.

En el Rincón se tiene mucho tiempo produciendo casabe, pero que es a partir de 1955, cuando se deja a un lado la elaboración estrictamente artesanal y se comienza a producir en cantidades. Antes trabajaban solamente los miembros de la familia, ahora casi todas las fábricas tienen empleados.



Fig. 32. Parte posterior de los hornos artesanales.

En el lugar hay por lo menos unos 100 hogares casaberos que le proporcionan empleo a casi el 90 por ciento de la población. La misma dinámica permitió que los productores se reunieran legalmente a través de Asoprocamul, la Asociación de Productores de Casabe del Municipio Libertador, gremio por intermedio del cual se organizaron las primeras ferias del casabe, realizadas entre noviembre y diciembre de 1999. Fue todo un éxito. La idea es rescatar algunos productos tradicionales como la naiboa, pan de funche, jaujau y buñuelos. Se espera que en lo sucesivo se sigan realizando este tipo de ferias y la participación del gobierno para ayudar a promocionarlas.



Fig. 33 Trabajadora casabera colocando la harina de yuca.

Ya en el lugar conversamos con el Sr. José Luis Pineda, donde muy amablemente nos explicó el proceso para la fabricación de las tortas de casabe, el cual se emplea en su fábrica ubicada muy cerca de su casa.

6.2 Muestreo de la harina de yuca

La yuca utilizada por estos artesanos para la elaboración del casabe proviene tanto de la misma región así como de diferentes zonas del país, siendo la más importante la procedente de Ciudad Bolívar. Estos maestros casaberos pelaron la yuca amarga para después continuar con los procesos de rallado y prensado.

Esta harina de yuca fue la utilizada para realizar los estudios experimentales. La yuca fue colocada en una cava para ser transportada hasta la región de Caracas donde se realizó la experiencia.

6.3 Equipos e instrumentos utilizados

Se utilizó una termocupla tipo J, una plancha Temolyne (v. fig N° 32) modelo SPG-9425-6, un tri-sense, un reloj marcan Casio modelo BGX-170



Fig. 34 Plancha Temolyne SPG-9425-6

6.4 Determinación de la temperatura óptima de tostado

Para determinar la temperatura óptima de tostado de casabe se procedió a esparcir la harina de yuca en la plancha de tostado tomando el tiempo de cocción de la torta por cada lado, como también la temperatura del budare y de la cara de la torta en proceso de cocimiento. La temperatura se midió por medio del tri-sense y el tiempo fue medido con un reloj marca Casio modelo BGX-170.



Fig. 35 Tri- Sense

Tabla N° 5. Temperaturas, medidos cuando se procede artesanalmente con la fase de cocido de tortas de casabe ($\varnothing = 250$ mm, y espesor 3mm)

Tiempo [seg]					Temperatura [°C]	
Muestra	Tendido	Cocido cara1	Cocido cara2	Cocido Total	Interna torta	Budare
1	37	60	55	115	90	140
2	48	58	62	120	90	140
3	15	59	63	122	90	140
4	15	62	55	117	90	140
5	54	61	64	125	94	142
6	25	67	59	126	94	144
7	27	64	54	118	104	142
8	15	63	58	121	100	144
9	18	62	61	123	88	138
10	21	63	61	124	80	126

6.5 Análisis de resultados

Una vez tomadas las medidas respectivas para las tortas de casabe se pudo verificar que para una temperatura de aproximadamente 140 °C el tiempo de tostado de las tortas de casabe son menores, obteniendo un tostado uniforme en la torta de casabe sin llegar a un tostado excesivamente. Por consiguiente se puede decir que la temperatura óptima de tostado de las tortas de casabe es de 140 °C.

CAPITULO VII

PROPUESTA TERMODINÁMICA DEL HORNO

7.1 Antecedentes

El casabe presenta distintas características dependiendo de la región que fue obtenida la materia prima (en este caso la yuca amarga), estas características dependen de variables como lo son el tipo de suelo, profundidad a la cual fue cosechada la yuca amarga, variedad de la yuca amarga, clima donde fue cosechada la yuca; además de ello dependiendo donde se coloque el *horno automatizado tostador de casabe* se presentaran otras variables como lo son las condiciones atmosféricas, altitud, latitud, las cuales afectan la humedad relativa, humedad específica, presión atmosférica y la temperatura.

Por todo lo anteriormente expuesto se procederá a realizar una propuesta termodinámica del *horno automatizado tostador de casabe*. Estos estudios termodinámicos son más precisos y concluyentes una vez construido el horno, debido a que se tiene un mayor control de todas las variables tanto físico-químicas como atmosféricas. Sin embargo pese a que no se tiene un mayor control de las variables anteriormente referidas se procederá a realizar una propuesta termodinámica del horno en cuestión aportando las bases para un estudio a posteriori; para ello se hará una exposición de algunas leyes que rigen la termodinámica y su aplicación al *horno automatizado tostador de casabe*.

La primera ley de la termodinámica, conocida también como el principio de conservación de la energía, es una base sólida para el estudio de las relaciones entre las diferentes formas de energía y las interacciones de la misma. Con base en observaciones experimentales, la primera ley de la termodinámica establece que la energía no puede ser creada ni destruida, sólo puede ser transformada. Por tanto, debe darse razón de cada pizca de energía durante el proceso. La primera ley no puede demostrarse matemáticamente, pero no se conoce ningún proceso en la naturaleza que haya violado la primera ley, lo que debe considerarse como una prueba suficiente.

Un gran número de problemas de ingeniería implica flujo de masa hacia y de un sistema y, en consecuencia, se modelan como volúmenes de control. En general cualquier región arbitraria en el espacio puede elegirse como un volumen de control. No hay reglas concretas para la selección de volúmenes de control, aunque la elección apropiada sin duda hace mucho más sencillo el análisis. Las fronteras de un volumen de control reciben el nombre de superficie de control.

7.2 Principio de la conservación de la masa

La masa al igual que la energía, es una propiedad que se conserva, y no se crea ni se destruye. Lo que sí es posible es hacer que la masa m y la energía E se conviertan una en la otra de acuerdo con la famosa fórmula propuesta por Einstein: $E = mc^2$ donde c es la velocidad de la luz. Esta ecuación indica que la masa de un sistema cambiará cuando cambien su energía. No obstante, en todas las interacciones de energía encontradas en la práctica, con excepción de las reacciones nucleares, el cambio en la masa es extremadamente pequeño e incluso no puede detectarse con los dispositivos más sensibles.

En sistemas cerrados el principio de conservación de la masa se utiliza en forma implícita, ya que requiere que la masa del sistema permanezca constante durante un proceso. En el caso de volúmenes de control, sin embargo, la masa no puede cruzar las fronteras, por lo que se debe seguir con atención la cantidad de masa que entra y sale del volumen de control. El principio de conservación de la masa para un volumen de control (VC) sometido a un proceso se expresa como:

$$\left(\begin{array}{l} \text{Masa total} \\ \text{entrante al VC} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{Masa total} \\ \text{saliente del VC} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{Cambio neto en la} \\ \text{masa dentro del VC} \end{array} \right)$$

$$\dot{O} \quad \sum m_{en} - \sum m_{sal} = \Delta m_{VC} \quad \text{Ec. 8-1}$$

donde los subíndices en, sal y VC representan entrada, salida y volumen de control, respectivamente. La ecuación de la conservación de la masa también se indica en la forma de relación que expresa las cantidades por unidad de tiempo. La ecuación 8-1 es el enunciado verbal del principio de la conservación de la masa en un volumen de control general sometido a cualquier proceso.

A menudo, en mecánica de fluidos a la ecuación de la conservación de la masa se le denomina ecuación de continuidad.

7.3 Principio de la conservación de la energía

La energía de un sistema cerrado puede cambiar sólo mediante interacciones de calor o de trabajo, y el cambio en la energía de un sistema cerrado durante un proceso es igual a la transferencia neta de calor y trabajo a través de la frontera del sistema. Esto se expresa como: $Q - W = \Delta E$

Sin embargo en volúmenes de control, un mecanismo adicional puede cambiar la energía de un sistema: el flujo de masa entrante y saliente del volumen de control. Cuando entra masa a un volumen de control, la energía de éste aumenta porque la masa entrante transporta cierta energía. Por tanto, la ecuación de la conservación de la energía para un volumen de control sujeto a un proceso puede expresarse como:

$$\left(\begin{array}{l} \text{Energía total} \\ \text{que cruza la frontera} \\ \text{como calor y trabajo} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Energía total} \\ \text{de la masa que} \\ \text{entra al VC} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{Energía total} \\ \text{de la masa que} \\ \text{sale del VC} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{Cambio neto} \\ \text{en la energía} \\ \text{del VC} \end{array} \right)$$

$$\text{Ó} \quad Q - W + \sum E_{en} - \sum E_{sal} = \sum \Delta E_{VC} \quad \text{Ec. 8.2}$$

Es claro que si no hay masa que entre o salga del volumen de control, el segundo y el tercer término se anulan y la ecuación se reduce para un sistema cerrado. A pesar de su apariencia sencilla la ecuación 8.2 se aplica a cualquier volumen de control sujeto a cualquier proceso. Esta ecuación también se expresa en la forma de relación para las cantidades anteriores por unidad de tiempo.

Un volumen de control, al igual que un sistema cerrado, incluye una o más formas de trabajo al mismo tiempo. Si la frontera del volumen de control es estacionaria, como ocurre a menudo, el trabajo de la frontera móvil es cero. Entonces el término de trabajo incluirá, cuando mucho, el trabajo del eje y el trabajo eléctrico en sistemas compresibles simples. Cuando el volumen de control está aislado, el término de la transferencia de calor se hace cero.

7.4 El proceso de flujo permanente

Los procesos que implican dispositivos de flujo permanente son representados por medio de un proceso un poco idealizado, denominado el proceso flujo permanente.

Un proceso de este tipo es definido como un proceso durante el cual un fluido fluye permanentemente por un volumen de control. Es decir, las propiedades del fluido cambian de un punto a otro dentro del volumen de control, pero en cualquier punto fijo permanecerán iguales durante todo el proceso. Un proceso de flujo permanente se caracteriza por lo siguiente:

1. Ninguna propiedad (intensiva o extensiva) dentro del volumen de control cambia con el tiempo. De modo que el volumen V , la masa m y el contenido de energía total E del volumen de control permanecen constantes durante un proceso de flujo permanente. Como resultado, el trabajo de la frontera es cero en sistemas de flujo permanente (puesto que $V_{vc} = \text{constante}$) y la masa total o energía que entra al volumen de control debe ser igual a la masa total o energía que sale de él (puesto que $m_{vc} = \text{constante}$ y $E_{vc} = \text{constante}$). Estas observaciones simplifican considerablemente el análisis.

2. Ninguna propiedad cambia en las fronteras del volumen de control con el tiempo. Así, las propiedades del fluido en una entrada y en una salida permanecerán iguales durante todo el proceso. No obstante, las propiedades pueden ser diferentes en distintas aberturas (entradas y salidas). Incluso varían por toda la sección transversal de una entrada y una salida. Pero todas las propiedades incluso la velocidad y la elevación, deben permanecer constantes con el tiempo en una posición fija. La conclusión es que la relación de flujo de masa del fluido en una abertura permanece constante durante un proceso de flujo permanente. Como una simplificación adicional: las propiedades del fluido en una abertura suelen considerarse uniformes (en algún valor promedio) por toda la sección transversal. Así, las propiedades del fluido en una entrada o salida pueden especificarse mediante los valores individuales promedio.

3. Las interacciones de *calor* y de *trabajo* entre un sistema de flujo permanente y sus alrededores no cambian con el tiempo. De modo que la potencia liberada por un sistema y la relación de transferencia de calor hacia o de un sistema permanecen constantes durante un proceso de flujo permanente.

Algunos dispositivos cíclicos, como las máquinas recíprocantes o los compresores, no satisfacen todas las condiciones establecidas, ya que el flujo en las entradas y en las salidas será pulsante y no permanente. Sin embargo, como las propiedades del fluido varían con el tiempo de manera periódica, es posible analizar el flujo a través de estos dispositivos como un proceso de flujo permanente mediante valores promediados en el tiempo para las propiedades y las relaciones de flujo de calor a través de las fronteras.

7.5 Conservación de la masa

Durante un proceso de flujo permanente, la cantidad total de masa contenida dentro de un volumen de control no cambia con el tiempo ($m_{vc} = \text{constante}$). El principio de la conservación de la masa indica que la cantidad total de masa que entra a un volumen de control es igual a la cantidad total de masa que sale de él

Cuando se trabaja con procesos de flujo permanente, no interesa la cantidad de masa que fluye hacia adentro o hacia afuera del dispositivo a lo largo del tiempo: lo que sí importa es la cantidad de masa que fluye por unidad de tiempo, es decir, *la relación de flujo de masa m* . El principio de conservación de la masa en un sistema de flujo permanente con entradas y salidas múltiples se expresa en la forma de relación como:

$$\left(\begin{array}{l} \text{Masa total} \\ \text{que entra al VC} \\ \text{por unidad de tiempo} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{Masa total} \\ \text{que sale del VC} \\ \text{por unidad de tiempo} \end{array} \right)$$

$$\dot{O} \quad \sum \dot{m}_{en} - \sum \dot{m}_{sal} \quad (\text{kg/s})$$

donde el subíndice “en” representa entrada y “sal” representa salida. La mayor parte de los dispositivos de ingeniería son de una sola corriente (únicamente una entrada y una salida). Para estos casos, el subíndice 1 denota el estado de la entrada y el subíndice 2 el estado de la salida. Además, se eliminan los signos de las sumatorias. En consecuencia, la 8-3 se reduce, en sistemas de flujo permanente de una sola corriente, a:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \quad (\text{Kg/s})$$

$$o \quad \rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2 \quad \text{Ec. 8-3}$$

$$o \quad \frac{1}{v_1} V_1 A_1 = \frac{1}{v_2} V_2 A_2$$

donde ρ = densidad, kg/m^3

v = volumen específico, $\text{m}^3/\text{kg}(= 1/\rho)$

V = velocidad de flujo promedio en la dirección del flujo, m/s

A = área de la sección transversal normal a la dirección de flujo, m^2

7.6 Conservación de la energía

Antes se señaló que durante un proceso de flujo permanente el contenido total de energía de un volumen de control permanece constante ($E_{vc}=\text{constante}$). El cambio en la energía total del volumen de control durante un proceso de tales características es cero ($\Delta E_{VC} = 0$). Entonces la cantidad de energía que entra a un volumen de control en todas las formas (calor, trabajo, transferencia de masa) debe ser igual a la cantidad de energía que sale de él en un proceso de flujo permanente.

Al seguir esta línea del razonamiento, la primera ley de la termodinámica o el principio de conservación de la energía, para un sistema de flujo permanente general con entradas y salidas múltiples puede expresarse verbalmente como

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Energía total que} \\ \text{cruza la frontera} \\ \text{como calor y} \\ \text{trabajo por} \\ \text{unidad de} \\ \text{tiempo} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Energía total} \\ \text{transportada} \\ \text{fuera del VC con} \\ \text{la masa por} \\ \text{unidad de tiempo} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Energía te} \\ \text{transportada} \\ \text{hacia adentro} \\ \text{del VC con la} \\ \text{masa por} \\ \text{unidad de} \end{array} \right\}$$

$$\dot{Q} + \dot{W} = \sum \dot{m}_{sal} \theta_{sal} - \sum \dot{m}_{ent} \theta_{ent} \quad \text{Ec. 8-4}$$

donde θ es la energía total del fluido que circula, incluido el trabajo de flujo, por unidad de masa.

También puede expresarse como

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_{sal} \underbrace{\left(h_{sal} + \frac{V_{sal}^2}{2} + gz_{sal} \right)}_{\text{en cada salida}} - \sum \dot{m}_{ent} \underbrace{\left(h_{ent} + \frac{V_{ent}^2}{2} + gz_{ent} \right)}_{\text{en cada entrada}}$$

puesto que $\theta = h + ec + ep$. La ecuación 8-4 es la forma general de la primera ley en relación con procesos de flujo permanente.

En sistemas de una sola corriente (una entrada, una salida) se eliminan las sumatorias sobre las entradas y las salidas y los estados de entrada y salida, por simplicidad, se denotan por medio de los subíndices 1 y 2, respectivamente. La relación de flujo de masa por todo el volumen de control permanece constante ($m_1 = m_2$) y se denota m . La ecuación de la conservación de la energía para *sistemas de flujo permanente de una sola corriente* se convierte en:

$$Q - W = m \left[h_2 - h_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(Z_2 - Z_1) \right] \quad (\text{Kw.})$$

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} [\Delta h + \Delta ec + \Delta ep] \quad (\text{KW})$$

Si se divide estas ecuaciones entre m , se obtiene la relación de la primera ley en una base de masa unitaria como

$$q - w = h_2 - h_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) \quad (\text{KJ / Kg})$$

$$\dot{Q} \quad q - w = \Delta h + \Delta ec + \Delta ep \quad (\text{KJ / Kg})$$

donde: $q = \frac{\dot{Q}}{\dot{m}}$ (transferencia de calor por unidad de masa, KJ / Kg)

y $w = \frac{\dot{W}}{\dot{m}}$ (trabajo efectuado por unidad de masa, KJ / Kg)

Si el fluido experimenta un cambio despreciable en sus energías cinética y potencial cuando fluye a través del volumen de control (esto es, $\Delta ec \approx 0$, $\Delta ep \approx 0$), entonces la ecuación se reduce aun más a

$$q - w = \Delta h \quad (\text{KJ} / \text{Kg})$$

Esta es la forma más simple de la aplicación de la primera ley para volúmenes de control. Su forma es similar a la relación entre primera ley y sistemas cerrados excepto en que Δu se sustituye por Δh en este caso.

Los diversos términos que aparecen en las ecuaciones anteriores denotan:

Q = relación de transferencia de calor entre el volumen de control y sus alrededores. Cuando el volumen de control pierde calor (como en el caso del calentador de agua), Q es negativa. Si el volumen de control está bien aislado (es decir, es adiabático), entonces $Q = 0$.

\dot{W} = potencia. En dispositivos de flujo permanente, el volumen del volumen de control es constante, por lo que no hay trabajo de la frontera implicado. El trabajo requerido para empujar masa adentro y afuera del volumen de control también se toma en cuenta mediante el uso de las entalpías para la energía de corrientes de fluido, en vez de energías internas. Entonces \dot{W} representa las formas restantes de trabajo realizado por unidad de tiempo.

Muchos dispositivos de flujo permanente transmiten potencia por medio de un eje y \dot{W} se vuelve simplemente la potencia del eje en esos dispositivos. Si la superficie de control es cruzada por alambres eléctricos \dot{W} representará el trabajo eléctrico efectuado por, unidad de tiempo. Si no es el caso, entonces $\dot{W} = 0$.

$\Delta h = h_{\text{sal}} - h_{\text{ent}}$. El cambio en la entalpía de un fluido se determina con facilidad al leer en tablas los valores de la entalpía en los estados de salida y entrada. Para gases ideales, puede aproximarse por medio de $\Delta h = C_{p,\text{pm}} (T_2 - T_1)$. Advierta que (kJ/kg) = Kw.

$\Delta ec = (V_2^2 - V_1^2)/2$. La unidad de energía cinética es m^2/s^2 , la cual es equivalente a J/kg. La entalpía suele proporcionarse en kJ/kg. Para sumar estas dos cantidades, la energía cinética debe expresarse en kJ/kg, lo cual se logra al dividir entre mil.

Una velocidad de 45 m/s corresponde a una energía cinética de sólo 1 kJ/kg, valor muy pequeño comparado con los valores de entalpía encontrados en la práctica. Por ello el término de la energía cinética a bajas velocidades puede omitirse. Cuando una corriente de fluido entra y sale de un dispositivo de flujo permanente a aproximadamente la misma velocidad ($V_1 \approx V_2$) el cambio en la energía cinética es cercano a cero, con independencia de la velocidad. Sin embargo, debe tener cuidado a velocidades elevadas puesto que los pequeños cambios en las velocidades provocan cambios considerables en la energía cinética.

$\Delta ep = g (z_2 - z_1)$: Un argumento similar es útil para el término de la energía potencial. Un cambio en la energía potencial de 1 kJ/kg corresponde a una diferencia de altura de 102 m.

La diferencia de altura entre la entrada y la salida de la mayor parte de dispositivos industriales como las turbinas y los compresores está bastante debajo de este valor, y el término de la energía potencial siempre se omite en estos dispositivos. La única vez que el término de la energía potencial resulta importante, es cuando un proceso incluye bombear un fluido a grandes alturas. Esto es especialmente cierto para sistemas que implican una transferencia de calor despreciable

7.7 Termodinámica en sistemas biológicos

Una importante área de aplicación de la termodinámica es la de los sistemas biológicos, en los cuales suceden procesos de transferencia y transformación de energía bastantes complejos. Los sistemas biológicos no están en equilibrio termodinámico y, por ello, no es fácil analizarlos.

A pesar de su complejidad, los sistemas biológicos están conformados principalmente por cuatro elementos simples: hidrógeno, oxígeno, carbón y nitrógeno.

En una célula se pueden suscitar cientos de reacciones químicas, durante las cuales algunas moléculas se rompen y su energía se libera y algunas nuevas moléculas se forman.

La temperatura de la célula tiende a aumentar cuando algo de energía química se convierte en energía térmica, transmitiéndose esta energía a su entorno.

El contenido de energía de un alimento se determina quemando una pequeña muestra en un dispositivo llamado bomba calorimétrica la cual es un tanque rígido bien aislado. El tanque consta de una pequeña cámara de combustión rodeada de agua.

El alimento se enciende y quema en la cámara de combustión ante la presencia de un exceso de oxígeno, y la energía liberada se transfiere al agua de los alrededores.

El contenido de energía del alimento se calcula con base en el principio de la conservación de la energía a partir de la observación del aumento de la temperatura del agua. El carbón en el alimento se convierte en CO_2 y el hidrogeno en H_2O , cuando se procesa en la cámara.

7.8 Propuesta termodinámica del horno.

Una vez estudiadas algunas leyes de la termodinámica se hará uso de ellas para realizar un estudio del horno. Cabe recordar que el objetivo principal de esta tesis es el diseño del horno y no un estudio profundo de su eficiencia en el área de transferencia de calor. En todo caso en este capítulo se dan las bases necesarias para predecir el desempeño del horno en este aspecto.

7.8.1 Opción eléctrica

El horno podrá funcionar bajo dos fuentes de calor. Una de las propuestas es el calor disipado por resistencias eléctricas. Con resistencias eléctricas se puede obtener un tostado de las tortas de casabe de una manera segura y limpia. La potencia de la resistencia eléctrica será calculada con la cantidad de agua que se requiere evaporar por cada torta de casabe. Una vez obtenida la potencia eléctrica se procederá a realizar una comparación con el gas natural.

El volumen de control escogido será el siguiente

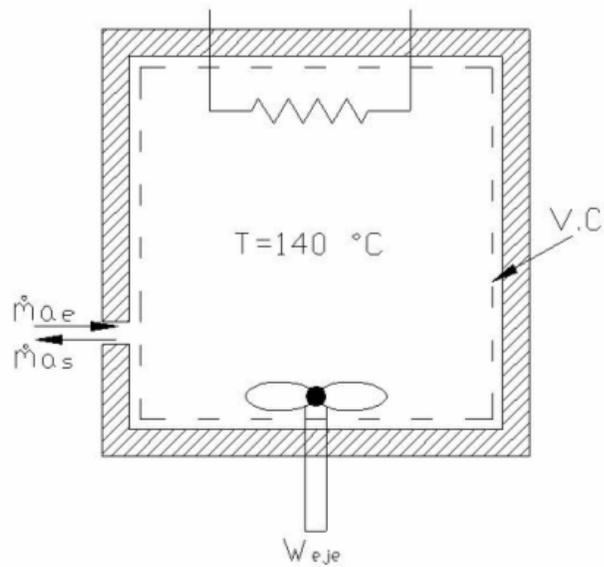


Fig. 53 Volumen de control del horno

Para el sistema de flujo permanente se tiene:

$$Q - W = m \left[h_2 - h_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(Z_2 - Z_1) \right]$$

Debido a que el sistema presenta aislamiento podemos decir que es prácticamente adiabático ($Q \approx 0$). Despreciando la diferencia de energía cinética y la diferencia de energía potencial, y considerando que la sumatoria del trabajo es igual a la suma de trabajo del eje y el trabajo eléctrico se tiene que:

$$-(-W_{eje} - W_{eléctrico}) = \dot{m}_{agua} [h_2 - h_1] + \dot{m}_{aire} [h_2 - h_1]$$

donde:

$$\text{para el flujo másico del agua } \begin{cases} h_2 = h_g @ 70 \text{ }^\circ\text{C} \\ h_1 = h_f @ 30 \text{ }^\circ\text{C} \end{cases}$$

$$\text{para el flujo másico del aire } \begin{cases} h_2 = 415 @ 70 \text{ }^\circ\text{C} \\ h_1 = 300,473 @ 30 \text{ }^\circ\text{C} \end{cases}$$

$$\text{Weje} = 0,249 \text{ HP (186,42 W)}$$

\dot{m}_{agua} es la masa de agua que se requiere evaporar para obtener un casabe seco.

El porcentaje de humedad promedio de la masa de casabe es 12%, además de ello dentro del horno estarán 9 planchas que contendrán la harina de yuca, donde cada plancha entrará dentro del horno por un lapso de tiempo de 50 seg.

Supondremos que el flujo másico del aire es igual a la entrada que en la salida por tanto $\dot{m}_e = \dot{m}_s$.

Calcularemos el flujo másico del aire por la siguiente expresión:

$$\dot{m}_{\text{aire}} = \rho * V * A$$

El área es la sección transversal al flujo, por donde estarán circulando las planchas que contendrán el casabe. Estas planchas estarán entrando y saliendo del horno por una rendija y de igual forma estará circulando una cierta cantidad de aire.

Debido a que el aire entra y sale por la misma abertura se considerará una densidad promedio. Por tanto a 80 °C la densidad del aire a presión atmosférica es de 1 kg/m³ y la viscosidad cinemática (ν) es de 2,09*10⁻⁵ m²/seg.

Debido a que el movimiento de las planchas se realiza de una manera suave consideraremos un flujo laminar estable, es decir, que las cantidades físicas

promediadas en el tiempo no varían con este. Se tomará un número de Reynolds (Re) igual a 1500.

$$\text{Entonces se tiene que: } Re = \frac{V * L}{\nu} \Rightarrow V = \frac{Re * \nu}{L}$$

$$V = \frac{(1500) * (2,09 * 10^{-5})}{(0,06)} = 0,522 \text{ m / seg}$$

$$\dot{m}_{aire} = (1 \frac{kg}{m^3}) * (0,522 \frac{m}{seg}) * (0,0435m^2) \Rightarrow \dot{m}_{aire} = 0,023 \frac{kg}{seg}$$

Aplicando entonces la primera ley de la termodinámica se tiene:

$$W_{eléctrico} = \frac{(0,12) * (100gr) * (9)}{50seg.} * \frac{1kg}{1.000gr} * (2.626,8 - 127,79) \frac{KJ}{Kg} + 0,023 * (415 - 300,473) - 186,42 \text{ W}$$

$$W_{eléctrico} = 10,47 \text{ HP } (7,814 \text{ kW})$$

Se escogerán una serie de resistencia con una potencia eléctrica total de 10,73 HP (8 KW)

7.8.2 Opción con gas:

El propano (químicamente) es un compuesto orgánico, cuya molécula, saturada, está compuesta por tres átomos de carbono y 8 de hidrógeno (fórmula C₃H₈). Tiene un gran poder calorífico, el propano proporciona 92,11 MJoule/m³ (22000 Kcal/ m³), lo que facilita el transporte y los hace muy prácticos.

Comercialmente hablando, cuando nos referimos a propano hablamos de una mezcla del 80% de hidrocarburos C3 y un máximo del 20% de hidrocarburos C4. Las proporciones anteriores pueden variar en función de la aplicación que se de al gas.

A presión atmosférica y temperatura ambiente (1 atmósfera y 20°C), el Gas Licuado de Petróleo se encuentra en estado gaseoso. Para obtener líquido a presión atmosférica, la temperatura del propano debe ser inferior a -42,2 °C. En cambio, para obtener líquido a temperatura ambiente, se debe someter al GLP a presión. Para el propano, la presión debe ser de más de 8 atmósferas. Un litro de líquido se transforma en 272,6 litros de gas.

En su estado puro el propano son inodoros; sin embargo, para hacerlos más fácilmente detectable en el caso de fugas, se les añade un compuesto odorizador (sulfuro de mercaptano) que lo hace perceptible antes de que la mezcla pueda ser explosiva.

El propano no es tóxico, aunque al ser mas pesado que el aire tiende a desplazarlo y puede provocar la muerte por asfixia al impedir que el aire llegue a los pulmones y oxigene la sangre.

Poder calorífico:

Propano comercial, el poder calorífico inferior (P.C.I.) es: $46,39 \times 10^6$ Joule/Kg 11.082 Kcal/Kg y el poder calorífico superior (P.C.S.) es: $50,45 \times 10^6$ Joule/Kg (12.052 Kcal/Kg.)

De forma aproximada, 1 Kg. de propano equivale a la energía proporcionada por:

- 1,24 m³ de gas natural
- 1,20 lt. de fuel-oíl
- 3 m³ de gas ciudad
- 1,30 lt. de gas oíl
- 3 a 6 Kg. de leña

- 14 kWh de electricidad
- 2 Kg. de carbón

Por tanto si tenemos que el trabajo eléctrico requerido es de 7,814 kW entonces para una jornada laboral de 8 horas los kilowattios-hora consumidos serán entonces 62,512 kWh. Es decir que si sabemos que 1 Kg. de propano equivale a aproximadamente 14 kWh, podemos decir que se requerirán 4,465 Kg. de propano.

Comercialmente podemos conseguir bombonas de gas de 40 Kg., entonces para esta cantidad y con jornadas laborales de 8 horas, se necesitaría una bombona aproximadamente cada 9 días.

CAPITULO VIII
DISEÑO DEL HORNO

El Horno que se diseñará es un horno de operación automática con la finalidad del tostado de las tortas de casabe. Debido a que la temperatura se puede graduar es ideal para tostar distintos tipos de masa de yuca, la cual puede variar su composición físico – química de una región a otra, además que con esto se logra controlar otras variables como lo son las condiciones atmosféricas las cuales afectan las condiciones del aire que circula dentro del horno.

En el presente capítulo se presentarán los cálculos realizados para el diseño de los engranajes cónicos, los ejes a los cuales estos pertenecen, las cuñas, así como los materiales de diseño de estos y selección de los cojinetes, presentando para ello los cálculos de las reacciones en los ejes, fuerzas presentes en los engranajes, esfuerzos que se generan y los diagramas de fuerzas cortantes y los momentos flectores.

8.1 Características geométricas del par de engranajes cónicos

Consideraciones:

- Paso diametral: 3 mm. (8 pulg)
- Angulo de presión: 20°
- Dientes en el piñón (N_p): 16
- Dientes en el engranaje (N_g): 48

Entonces:

Diámetros de paso en el extremo largo de los engranajes:

a) Piñón: $d = N_p \times m \Rightarrow d = 48 \text{ mm}$

b) Engranaje $d = N_g \times m \Rightarrow d = 144 \text{ mm}$

Donde :

N_p : número de dientes del piñón

N_g : número de dientes del engranaje

Ángulos de cono de paso:

a) Piñón: $\gamma = \arctan\left(\frac{N_p}{N_g}\right) = \arctan(16/48) = 18,44^\circ$

b) Engranaje: $\gamma = \arctan\left(\frac{N_g}{N_p}\right) = \arctan(48/16) = 71,57^\circ$

Profundidad total:

$$ht = \frac{2,188}{Pd} + 0,002 = \frac{2,188}{8} + 0,002 \text{ [pulg]} = 7 \text{ mm. (0,276 pulg)}$$

Profundidad media de trabajo:

$$hk = \frac{2}{Pd} \Rightarrow hk = \frac{2}{8} = 6,350 \text{ mm. (0,250 pulg)}$$

Espaciamiento:

$$c = \frac{0,188}{Pd} + 0,002 = \frac{0,188}{8} + 0,002 = 0,650 \text{ mm (0,026 pulg)}$$

Cabeza del engranaje:

$$a_g = \frac{0,54}{P_d} + \frac{0,460}{P_d * \left(\frac{N_g}{N_p}\right)^2} = \frac{0,54}{8} + \frac{0,460}{8 * \left(\frac{48}{16}\right)^2} = 2 \text{ mm. (0,074 pulg)}$$

Cabeza del piñón:

$$a_p = h_k - a_g \Rightarrow a_p = 6,350 - 1,877 \text{ [mm]} = 4,5 \text{ mm}$$

Diámetro externo del engrane:

$$D_o = D + 2 * a_g * \cos(\Gamma)$$

$$D_o = 6,00 + 2 * (0,0738) * \cos(71,565)$$

$$D_o = 153,6 \text{ mm (6,0467 pulg)}$$

Diámetro externo del piñón:

$$d_o = d + 2 * a_p * \cos(\gamma)$$

$$d_o = 2,000 + 2 * (0,1761) * \cos(18,435^\circ)$$

$$d_o = 59,3 \text{ mm (2,334 pulg)}$$

Distancia cónica externa:

$$A_o = \frac{D}{2 * \text{Sen}(\Gamma)} \Rightarrow A_o = \frac{6}{2 * \text{Sen}(71,565)} \Rightarrow A_o = 80,32 \text{ mm (3,162 pulg)}$$

Espesor o ancho de la cara que se prefiere:

$$F = \frac{A_0}{3} \Rightarrow F = \frac{10}{8} \Rightarrow F = 31,75 \text{ mm (1,250 pulg)}$$

espesor escogido: 30 mm (1,18 pulg)

8.2 Torque requerido por el sistema y rpm de la rueda dentada

$$\rho \text{ acero inoxidable} \approx 8.000 \text{ Kg/m}^3 \approx 8 \cdot 10^{-6} \text{ Kg / mm}^3$$

Diámetro seleccionado para la torta de casabe = 30 cm.

$$\text{Área de la plancha del casabe} = 706,86 \text{ cm}^2 = 70.685,84 \text{ mm}^2$$

Grosor de plancha seleccionado = 3/32 in = 2,4 mm

$$m = \rho \cdot v \Rightarrow m = 8 \cdot 10^{-6} \cdot (2,38125) \cdot (70.685,84) \text{ mm}^3 \Rightarrow m = 1,3466 \text{ Kg.}$$

$\mu = 0.15 - 0.60$ (coeficiente de fricción estático metal – metal)

$$F_r = \mu \cdot N \Rightarrow F_r = \mu \cdot m \cdot g$$

g: gravedad (9,8 m/seg²)

Supongamos una masa total de 1,5 Kg. considerando la masa del casabe a procesar y el material lateral y una masa de 10 Kg. de peso de la cadena.

$$F_r = (0,60) \cdot (1,5 + 10) \cdot (9,8) \text{ [N]} \Rightarrow F_r = 67,62 \text{ N}$$

Para un total de 12 planchas

$$F_{rt} = 12 \cdot 67,62 \text{ N} \Rightarrow F_{rt} = 811,44 \text{ N}$$

$$T = Fr_t * b \Rightarrow T = (811,44)*(0,3) [N*m] = 243,43 N*m$$

$$V = \frac{d}{t}$$

d : distancia recorrida por las planchas dentro del horno = 236, cm.

t : tiempo total de una plancha dentro del horno = 50 seg.

$$V = \frac{236,3cm}{50seg} = 4,718 \text{ cm/seg. (9,287 pies /min)}$$

$$rpm = \frac{Vt * 60}{2 * \Pi * r} \Rightarrow \frac{(4,718cm / seg) * (60seg / min)}{2 * \Pi * 30cm.} = 1,5 \text{ rpm (en el eje vertical)}$$

$$H = \frac{T * n}{63000}$$

donde:

H : potencia [Hp]

T : momento de rotación [lb*pulg]

n : velocidad de rotación del eje [rpm]

T = 243,432 N*m (2.513,61 Lbf*pulg)

$$H = \frac{2513,612 * 1,5}{63 * 10^3} \Rightarrow H = 0,06 \text{ Hp (potencia requerida por el sistema)}$$

Supongamos entonces una potencia suministrada por el motor de $\frac{1}{4}$ Hp \approx 186,425 Watts.

8.3 Fuerzas en el engranaje cónico

$$T = \frac{63000 * H}{ng} = \frac{63000 * (1/4)}{1,5} = 1.186,28 \text{ N*m (10.500 Lbf*pulg)}$$

El torque calculado en el punto anterior cubre holgadamente los requerimientos para el sistema.

$$R_m = \frac{D}{2} - \frac{F}{2} * \text{Sen}(\Gamma)$$

$$R_m = \frac{6\text{in}}{2} - \frac{1,18}{2} * \text{Sen}(71,57^\circ) = 2,44 \text{ pulg} = 62 \text{ mm}$$

$$W_t = \frac{T}{R_m} \Rightarrow W_t = \frac{10.500 \text{ Lbf} * \text{pulg}}{2,44 \text{ pulg}} = 4.302,82 \text{ Lbf} \rightarrow 19.139,9 \text{ N}$$

$$W_r = W_t * (\text{tg}(\Phi) * \text{Cos}(\Gamma)) = (4.302,8 \text{ Lbf}) * \text{tg}(20^\circ) * \text{Cos}(71,57^\circ)$$

$$W_r = 495,11 \text{ Lbf} \approx 2.202,38 \text{ N}$$

$$W_x = W_t * (\text{tg}(\Phi) * \text{Sen}(\Gamma)) = (4.302,8 \text{ Lbf}) * \text{tg}(20^\circ) * \text{Sen}(71,57^\circ)$$

$$W_x = 1.485,774 \text{ Lbf} \approx 6.609,05 \text{ N}$$

8.3.1 Fuerzas en el eje del engranaje en el plano y – z

$$\text{a) En el plano y – z} \begin{cases} C_z = ? \\ D_z = ? \\ D_y = ? \end{cases}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow -W_x g + D_y = 0 \Rightarrow D_y = W_x g$$

→ $D_y = 6.609,03 \text{ N}$ (Fuerza de empuje axial que debe soportar el cojinete D)

⇒ $D_y = 6.609,03 \text{ N}$ (1.485,77 Lbf)

$$\sum M_c = 0$$

⇒ $(547 \text{ mm}) \cdot (D_z) = 19.139,81 \text{ N} \cdot 291,00 \text{ mm} \Rightarrow D_z = 10.182,24 \text{ N}$

$$\sum F_z = 0$$

$C_z + D_z = 19.139,81 \text{ N} \Rightarrow C_z = 8.957,57 \text{ N}$

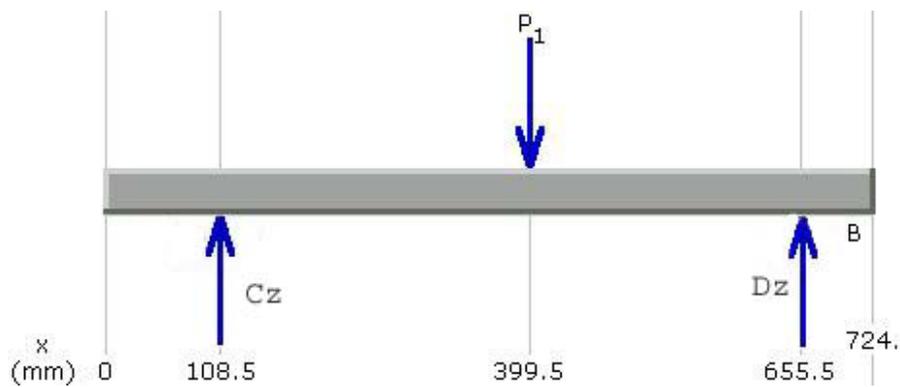


Fig. 36.- Diagrama de fuerzas en el plano el plano y-z del eje del engranaje

8.3.1.1 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje del engranaje en el plano y-z.

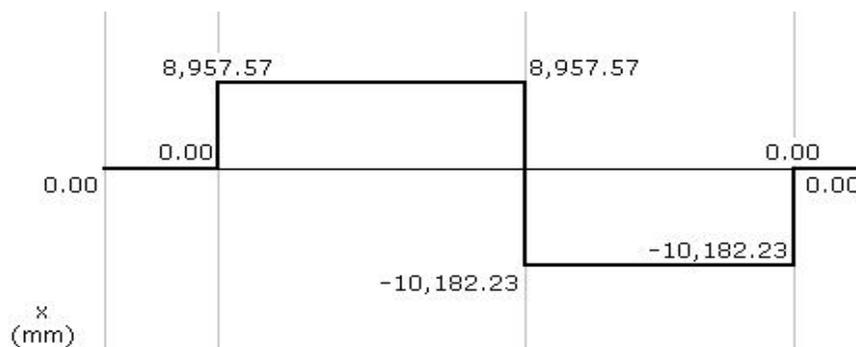


Fig. 37.- Diagrama del momento cortante del plano y-z del eje del engranaje

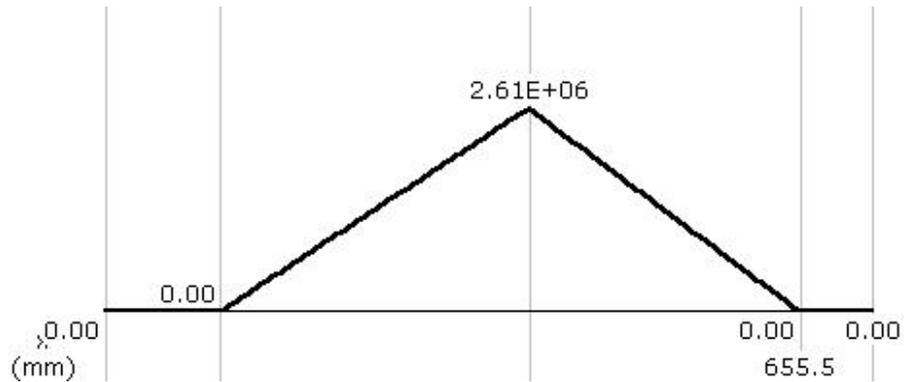


Fig. 38.- Diagrama del momento flector del plano y-z del eje del engranaje

8.3.2 Fuerzas en el eje del engranaje en el plano x – y

b) En el plano x – y $\begin{cases} C_x = ? \\ D_x = ? \end{cases}$

$$F = \frac{2 \cdot T}{D} \Rightarrow F = (1.186,28 \text{ N}) \cdot \left(\frac{2}{0,6}\right) \Rightarrow F = 3.954,27 \text{ N}$$

$$\sum M_c = 0$$

$$\Rightarrow (547,00 \text{ mm}) \cdot B_y = -3.954,26 \text{ N} \cdot 108,50 \text{ mm} + 2.202,36 \text{ N} \cdot 291,00 \text{ mm} + 409.601,51 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\Rightarrow D_x = 1.136,11 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$C_x + D_x = 3.954,26 \text{ N} + 2.202,36 \text{ N} \rightarrow C_x = 5.020,51 \text{ N}$$

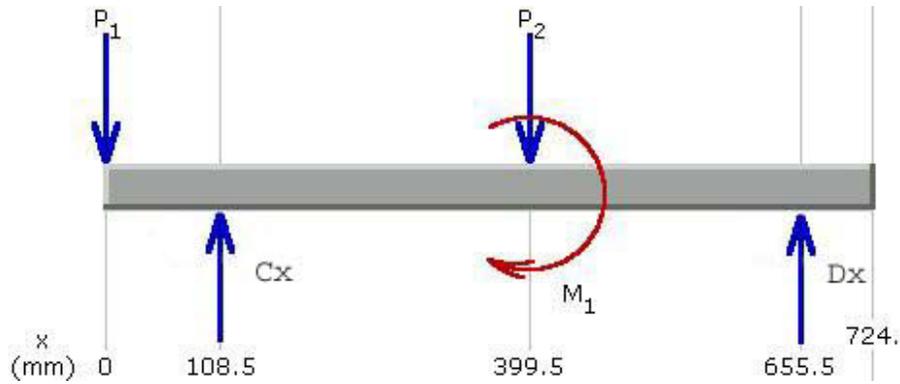


Fig. 39.- Diagrama de fuerzas en el plano el plano x-y del eje del engranaje

8.3.2.1 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje del engranaje en el plano x – y

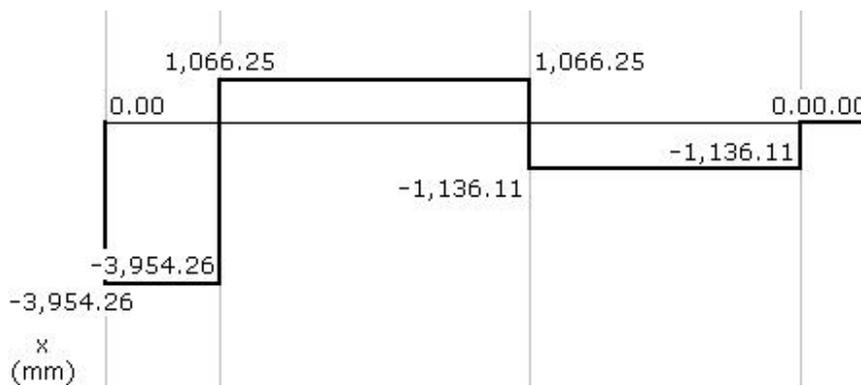


Fig. 40.- Diagrama del momento cortante del plano x-y del eje del engranaje

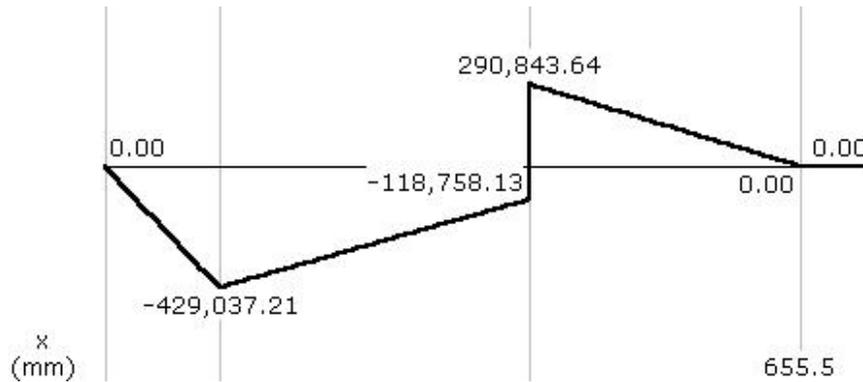


Fig. 41.- Diagrama del momento flector del plano x-y del eje del engranaje

Los ejes serán maquinados a partir del acero 1045 donde $S_y = 450 \text{ Mpa}$

De acuerdo a la teoría de distorsión de la energía también conocida como la teoría de Von Mises o teoría Mises – Hencky se tiene que:

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{\sqrt{3} * N} \quad \Rightarrow \quad \sigma_{adm} = \frac{(0,577) * (S_y)}{N}$$

donde:

σ_{adm} : esfuerzo máximo admisible.

S_y : resistencia de fluencia del material.

N : factor de seguridad.

Se escogerá un factor de seguridad de 2,2 debido a que el sistema estará trabajando bajo condiciones suaves y no se espera condiciones de impacto o choques, por tanto:

$$\sigma_{adm} = \frac{(0,577) * (450 \text{ Mpa})}{2,2} \Rightarrow \sigma_{adm} = 118 \text{ MPa}$$

8.4 Diseño del eje del engranaje

Punto C

$$D_c = \left[\frac{16 * n}{\Pi * S_y} * \sqrt{4 * M^2 + 3 * T^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$\Rightarrow D_c = \left[\frac{16 * (1)}{\Pi * (450 \text{ MPa})} * \sqrt{4 * (429,04)^2 + 3 * (1186,28)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \Rightarrow D_c = 30 \text{ mm}$$

Punto G

$$D_2 = \left[\frac{16 * n}{\Pi * S_y} * \sqrt{4 * M^2 + 3 * T^2} \right]^{\frac{1}{3}} \Rightarrow$$

$$D_c = \left[\frac{16 * (1)}{\Pi * (450 \text{ MPa})} * \sqrt{4 * (2,61 * 10^3)^2 + 3 * (1.186,28)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \Rightarrow D_c = 40 \text{ mm}$$

Punto D

$$M_D = \sqrt{(290,8)^2 + (118,76)^2} \Rightarrow M_D = 314,16 \text{ N*mm}$$

$$D_c = \left[\frac{16 * (1) =}{\Pi * (450 \text{ MPa})} * \sqrt{4 * (314,16)^2 + 3 * (1.186,28)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \Rightarrow D_c = 30 \text{ mm}$$

8.5 Deflexión en el eje del engranaje

La deflexión del eje es: $y_G = -\frac{F_G * L^3}{48 * E * I}$;

El momento de inercia del eje es: $I = \frac{\pi * D^4}{64}$; entonces para el eje:

$$I = \frac{\pi * (41 \text{ mm})^4}{64} \rightarrow I = 138.709,29 \text{ mm}^4$$

$$F_G = \sqrt{W_r^2 + W_t^2} \rightarrow F_G = \sqrt{(2.202,36)^2 + (19.139,8)^2} \text{ N} \rightarrow F_G = 19.266,1 \text{ N}$$

$$y_G = -\frac{(19.266,1 \text{ N}) * (257,5 * 10^{-3} \text{ N/mm}^2)^3}{48 * (207 * 10^3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}) * (138.709,29 \text{ mm}^4)} \rightarrow y_G = -2,38 * 10^{-10} \text{ mm}$$

Esta deflexión es muy pequeña por lo que se mantendrá el diseño de eje del engranaje.

8.6 Diseño de la cuña para el engranaje cónico

Consideraciones:

- Material de diseño del engranaje: acero 1040, $S_y = 489,53 \text{ MPa}$ (71.000Psi)
- Material de diseño del eje del engranaje: acero 1045.

- Material seleccionado para diseñar la cuña: acero 1050 extruido en frío $S_y = 579,15 \text{ MPa}$ (84.000 Psi).

- Diámetro del eje donde se colocará la cuña: 40 mm

$$T = \frac{63.000 * H}{n} \quad \rightarrow \quad T = \frac{63.000 * 0,1}{1,5} \quad \rightarrow T = 4200 \text{ Lbf} * \text{pulg} = 474,54 \text{ kN} * \text{mm}$$

Del anexo K se tiene que:

Se seleccionará una cuña cuadrada de 9,5 mm (3/8 pulg)

$$L = \frac{4 * (4.200) * (3)}{(1.378) * (0,375) * (84.000)} \quad \rightarrow \quad L = 1,161 \text{ pulg} \quad (29,49 \text{ mm}) \rightarrow 30 \text{ mm}$$

8.7 Reacciones en los cojines C y D

- Cojinete C:

$$C = \sqrt{C_x^2 + C_z^2} \quad \Rightarrow \quad C = \sqrt{(5020,51)^2 + (8.957,57)^2} \quad N = 10.268,57 \quad N$$

- Cojinete D:

$$D = \sqrt{D_x^2 + D_z^2} \quad \Rightarrow \quad D = \sqrt{(1.136,11)^2 + (10.182,24)^2} \quad N = 10.245,43 \quad N$$

$\Rightarrow D = 10.245,43 \quad N$ (Fuerza radial sobre el cojinete D)

$D_y = 609,034 \quad N$ (Fuerza axial sobre el cojinete D)

8.7.1 Selección de los rodamientos para el eje del engranaje cónico

De los cálculos anteriormente efectuados tenemos:

- $D_C = 35 \text{ mm}$
- $D_G = 40 \text{ mm}$
- $D_D = 30 \text{ mm}$

Del anexo J, seleccionaremos un cojinete que cumpla con los requerimientos deseados para los tipos de carga.

Se seleccionara un rodamiento para el diámetro D_C de dos hileras de bolas con contacto angular, el cual soporta una carga estática radial de 27.500 N. El diámetro final a ser construido será por tanto $D_C = 35 \text{ mm}$. (Las características de este rodamiento se pueden conseguir en el anexo G)

Se seleccionara un rodamiento de rodillos a rotula para el diámetro D_D , debido a que se requiere que este sea capaz de soportar cargas mixtas. Este cojinete además puede compensar posibles desalineaciones en funcionamiento en caso de presentarse.

Del manual SKF para un diámetro de 35 mm y con el tipo de rodamiento seleccionado tenemos el diámetro interno seleccionado es de 35 mm y el diámetro externo 72 mm

8.8 Fuerzas del piñón cónico

$$\frac{n_g}{n_p} = \frac{N_p}{N_g} \Rightarrow n_p = \frac{n_g * N_g}{N_p} \Rightarrow n_p = \frac{1,5 * 48}{16}$$

$$n_p = 4,5 \text{ rpm}$$

$$T = \frac{63.000 * H}{n_p} \Rightarrow T = \frac{63.000 * (1/4)}{4,5} = 3.500 \text{ Lbf} * \text{pulg} \rightarrow 395,43 \text{ N} * \text{m}$$

$$r_m = \frac{d}{2} - \frac{F}{2} * \text{Sen}(\gamma)$$

$$r_m = \frac{2 \text{ in}}{2} - \left(\frac{1,18}{2} \right) * \text{Sen}(18,43^\circ) = 0,813 \text{ in} \approx 20,7 \text{ mm}$$

$$W_t = \frac{T}{r_m} \Rightarrow W_t = \frac{3.500 \text{ Lbf} * \text{in}}{0,8134 \text{ in}} \Rightarrow W_t = 4.302,8 \text{ Lbf} \rightarrow 19,140 \text{ KN}$$

$$W_r = W_t * \text{tg}(\Phi) * \text{Cos}(\gamma)$$

Φ : ángulo de presión

$$W_r = (4.302,8 \text{ Lbf}) * \text{tg}(20^\circ) * \text{Cos}(18,43^\circ)$$

$$W_r = 6.609 \text{ N} (1485,76 \text{ Lbf})$$

$$W_x = W_t * \text{tg}(\Phi) * \text{Sen}(\gamma)$$

$$W_x = (4.302,8 \text{ N}) * \text{tg}(20^\circ) * \text{Sen}(18,43^\circ)$$

$$W_x = 2,2 \text{ KN} (495,11 \text{ Lbf})$$

8.8.1 Fuerzas en el eje del piñón en el plano x – z

a) En el plano x- z $\begin{cases} B_z = ? \\ A_z = ? \end{cases}$

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow (1.000 \text{ mm}) * B_z = 19.139,81 \text{ N} * 100 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow B_z = 19.139,81 \text{ N}$$

$$\sum F_z = 0 \Rightarrow A_z + B_z = - 19.139,81 \text{ N} \Rightarrow A_z = 38.279,62 \text{ N}$$

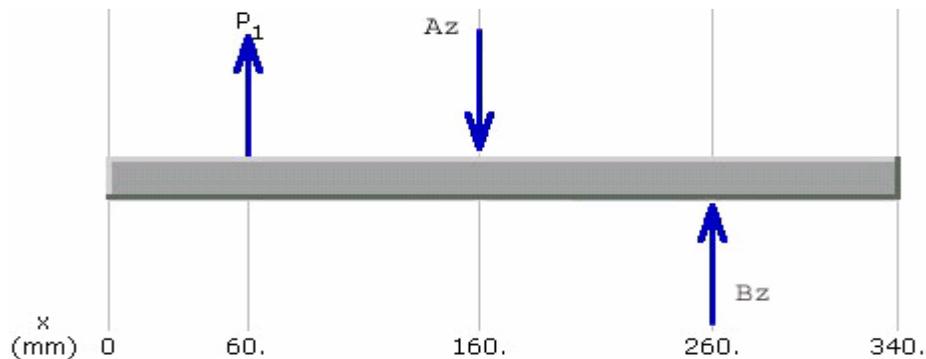


Fig. 42.- Diagrama de fuerzas en el plano el plano x-z del eje del piñón

8.8.1.1 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje del piñón en el plano x – z

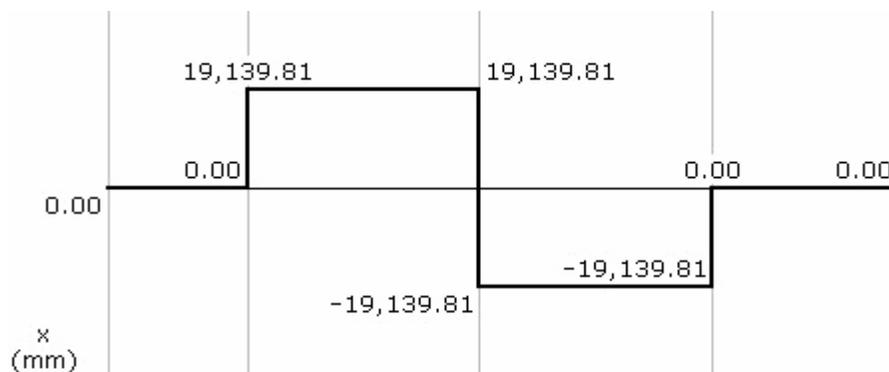


Fig. 43.- Diagrama del momento cortante del plano x-z del eje del piñón

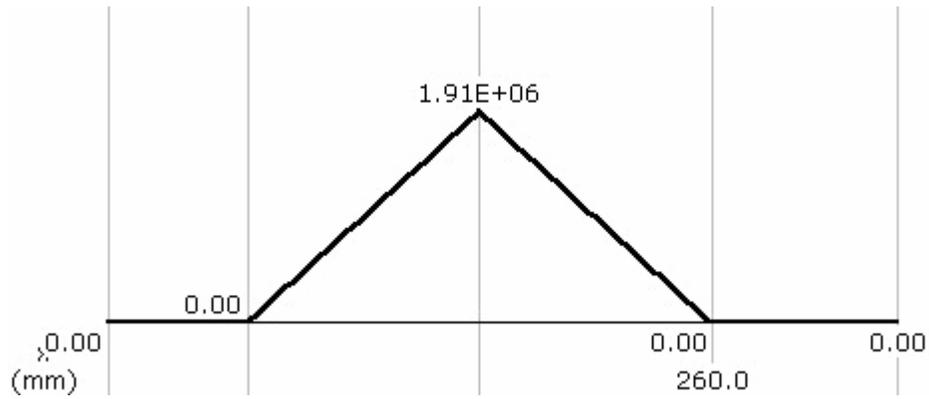


Fig. 44.- Diagrama del momento flector del plano x-z del eje del piñón

8.8.2 Fuerzas en el eje del piñón en el plano x – y

b) En el plano x - y $\begin{cases} B_y = ? \\ A_y = ? \end{cases}$

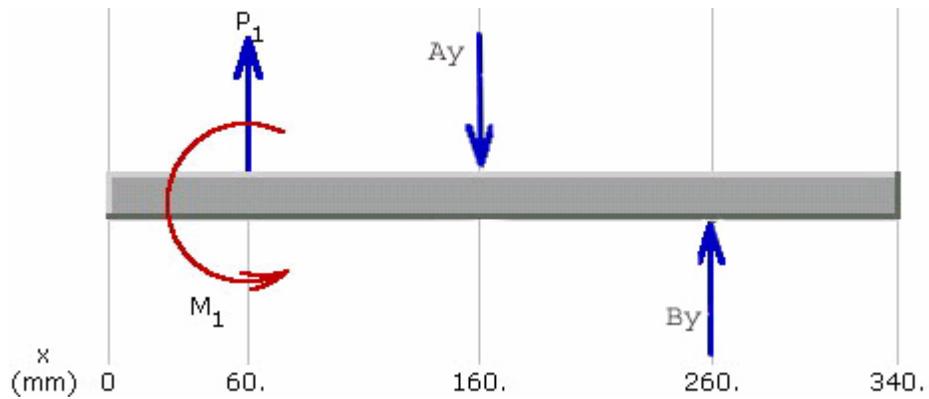


Fig. 45.- Diagrama de fuerzas en el plano el plano x-y del eje del piñón

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow (100 \text{ mm}) * B_y = 6.609,03 \text{ N} * 100 \text{ mm} - 45.311,33 \text{ N} * \text{mm}$$

$$\rightarrow B_y = 6.155,92 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow A_y + B_y = -6.609,03 \text{ N} \Rightarrow A_y = 12.764,95 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$\Rightarrow W_{xp} - B_x = 0 \Rightarrow B_x = 2202,359 \text{ N (Fuerza de empuje en el cojinete)}$$

8.8.2.1 Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje del piñón en el plano x – y

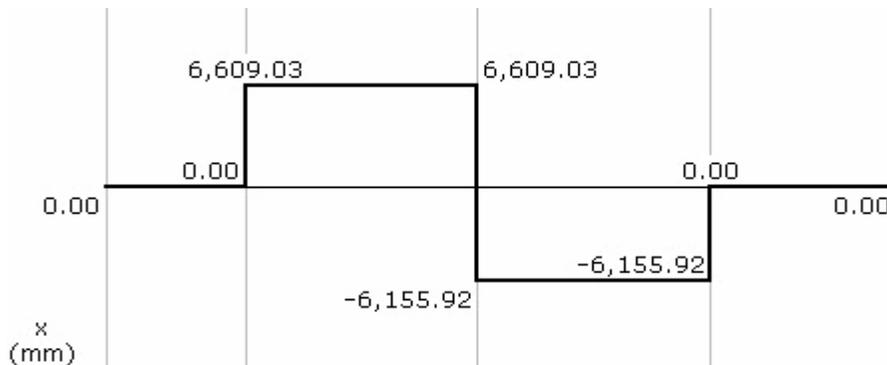


Fig. 46.- Diagrama del momento cortante del plano x-y del eje del piñón

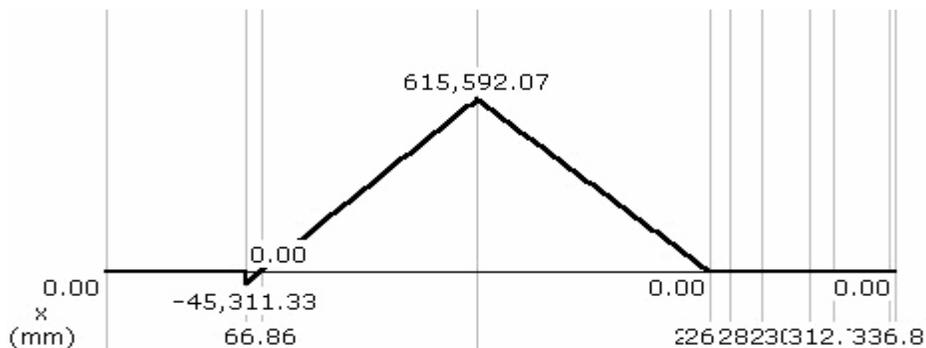


Fig. 47.- Diagrama del momento flector del plano x-y del eje del piñón

8.9 Diseño del eje del piñón

$$\begin{aligned} \text{Momento máximo de flexión} &= \sqrt{(1,91 \cdot 10^3)^2 + (615,59)^2} \quad \text{N*m} \\ &= 2.006.752 \text{ N*mm} \end{aligned}$$

Del anexo L

$$S_n = 210 \text{ MPa}$$

Del anexo L

$$C_s = 1$$

Del anexo M

$$C_R = 0,81$$

$$\text{Entonces } S_n' = S_n \cdot C_s \cdot C_R \quad \rightarrow \quad S_n' = 170,1 \text{ MPa}$$

$$T = 9,55 \cdot \frac{H}{n} = 9,55 \cdot \frac{(186,42W)}{4,5 \text{ rpm}} = 395,62 \text{ N*m}$$

Punto A

Para calcular el diámetro D_A se utilizará la formula que incluyen los esfuerzos por torsión y flexión.

$$D = \left[\frac{32 \cdot n}{\Pi} \cdot \sqrt{\left[\frac{K_t \cdot M^2}{S_n'} \right] + \frac{3}{4} \cdot \left[\frac{T}{S_y} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_A = \left[\frac{32 * (2)}{\pi} * \sqrt{\left[\frac{(2,5) * (2.006,75)^{02}}{170,1 * 10^6} \right] + \frac{3}{4} * \left[\frac{395,62}{310 * 10^6} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_A = 2,6 * 10^{-3} \text{ m} \rightarrow D_A = 2,6 * 10^{-3} \text{ m} \rightarrow 2,6 \text{ mm}$$

Este diámetro es el que presentará mayor momento flector y por tanto será el mayor. El diámetro donde estará apoyado el piñón y el cojinete B no presentará momento flector y por tanto serán menores que el diámetro “A”.

8.10 Selección de los rodamientos para el eje del piñón cónico

Consideraciones a ser tomadas en cuenta para la selección de los rodamientos:

- $D_A = 30 \text{ mm}$
- $D_p = 27 \text{ mm}$
- $D_B = 30 \text{ mm}$
- Cojinete A: Carga radial = 40.351,87 N
- Cojinete B: $\begin{cases} \text{Fuerza radial} = 20.105,41 \text{ N} \\ \text{Fuerza axial} = 6609,03 \text{ N} \end{cases}$

Nota importante:

Debido a que las fuerzas en los engranajes cónicos son pequeñas y además de ello las rpm de funcionamiento son muy bajas sólo se dejará el cojinete de A, el cual es capaz de soportar fuerzas axiales.

De acuerdo a la acotación anterior se seleccionará un rodamiento de rodillos a rótula de 30 mm de diámetro interno y 72 mm de diámetro externo de acuerdo al manual SKF.

8.11 Diseño de la cuña para el piñón cónico

Consideraciones:

- Material de diseño del piñón: acero 1040, $S_y = 489,52 \text{ MPa}$ (71.000 Psi)
- Material de diseño del eje del piñón: acero 1045
- Material seleccionado para diseñar la cuña: acero 1020 extruido en frío $S_y = 351,63 \text{ MPa}$ (51.000 Psi)
- Diámetro del eje donde se colocará la cuña: 26 mm. (1,027 pulg)

Entonces:

Del anexo K se tiene que:

Se diseñara una cuña cuadrada de $\frac{1}{4}$ in. (6,4 mm)

$$L = \frac{4 * T * N}{D * W * S_y}$$

Debido a que la transmisión máxima permisible del piñón es de 0,1 Hp. entonces:

$$T = \frac{63.000 * H}{n} \quad \rightarrow \quad T = \frac{63.000 * 0,1}{4,5} \quad \rightarrow T = 1400 \text{ Lbf} * \text{ pulg}$$

$$L = \frac{4 * (1.400) * (3)}{(1.027) * (0,25) * (51.000)} \rightarrow L = 1,283 \text{ pulg } (32,59\text{mm}) \rightarrow 33\text{mm}$$

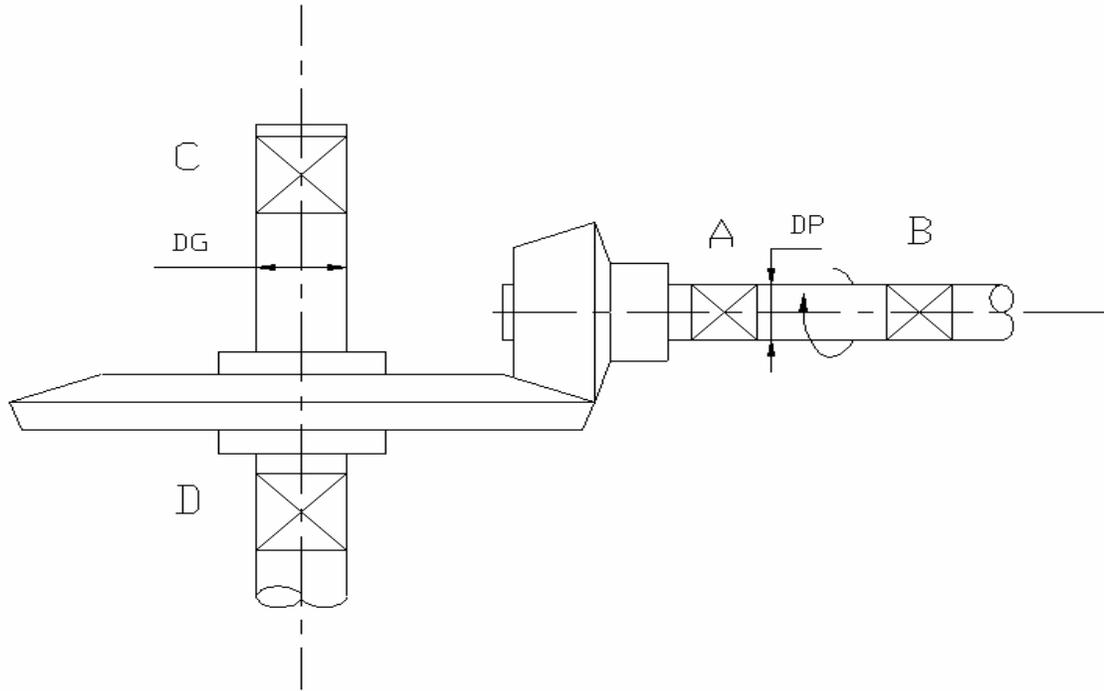


Fig. 48 Disposición de los engranajes cónicos

Tabla 6 Tabla resumen de los diámetros calculados

Componente	Diámetro interno [mm]	Diámetro externo [mm]
Diámetro G	40	-
Cojinete C	35	72
Cojinete D	35	72
Diámetro P	27	-
Cojinete A	30	72

8.12 Selección del material de construcción para los engranajes cónicos.

$$W_t = \frac{T}{r} = \frac{63.000 * H}{n_p} * \frac{2}{d} = \frac{63.000 * (1/4) * 2}{(4,5) * (2)} = 3.500 Lbf = 15568,77 N$$

$$V_t = \frac{\Pi * d * n_p}{12} = \frac{\Pi * (2 pulg) * (4,5 rpm)}{12} = 2,36 \text{ pies} / \text{min} = 0,011 m / s$$

Para la selección del material a utilizar para la construcción de los engranajes se hará uso de la ecuación de Lewis modificada, agregándole otras modificaciones con el fin de considerar otras condiciones que pueden presentarse durante el servicio

8.12.1 Análisis de flexión

$$\sigma_t = \frac{W_t * P_d}{F * J} * \frac{K_a * K_s * K_m}{K_v}$$

W_t: Fuerza tangencial

P_d: Paso diametral

I: Factor de geometría para durabilidad de la superficie

J: Factor de geometría

K_a: Factor de aplicación para la resistencia a la flexión

K_s: Factor de tamaño para la resistencia a la flexión

K_m: Factor de distribución de carga para la resistencia a la flexión

Kb: Factor de espesor de corona

Kv: Factor de dinámica para la resistencia a la flexión

Del anexo D

$$K_a = 1,25$$

Del anexo D

$$K_s = 1,00$$

Del anexo E

$$K_m = 1,44$$

Del anexo I

$$J = 0,230$$

Se tiene que:

$$C_v = K_v = \left[\frac{K_z}{K_z + \sqrt{V_t}} \right]^U \quad ; \quad C_{v_{\min}} = \frac{2}{\pi} * \arctan\left(\frac{V_t}{333}\right)$$

$$K_z = 8,5 - 10 * U \quad ; \quad U = \frac{8}{2^{(0,5)*Q}} - \text{Sat} * \left[\frac{125}{E_p + E_g} \right]$$

Sat: Tensión permisible del acero endurecido

E_p: módulo de elasticidad del acero para el piñón

E_g: módulo de elasticidad del acero para el engranaje

Q: número de calidad

Se escogerá para el diseño un acero 1040, grado 1, el cual se endurecerá directamente a 300 HB. Del anexo F tiene que: $Sat = 248,2 \text{ Mpa}$ (36.000 psi), el modulo de elasticidad para el acero es de $206842,71 \text{ MPa}$ ($30 \cdot 10^6 \text{ psi}$)

$$U = \frac{8}{2(0,5)^6} - 36.000 * \left[\frac{125}{60 * 10^{-6}} \right] \Rightarrow U = 0,925$$

$$K_z = 85 - 10 * (0,925) \Rightarrow K_z = 75,75$$

$$C_v = K_v = \left[\frac{75,75}{75,75 + \sqrt{2,356}} \right]^{0,925} = 0,9816$$

$$C_{v_{\min}} = \frac{2}{\pi} * \arctan\left(\frac{2,356}{333}\right) = 4,5 * 10^{-3}$$

$$\sigma_t = \frac{(3.500) * 8}{(1,18) * (0,230)} * \frac{(1,25) * (1,00) * (1,44)}{(0,9816)} \approx 13100 \text{ MPa} \approx 190 \text{ Kpsi}$$

8.12.2 Análisis de la corrosión

La tensión por contacto, a la que se le asigna el nombre de tensión o esfuerzo de Hertz (σ_c) puede calcularse a partir de la siguiente formula:

$$\sigma_c = C_p * C_b * \sqrt{\frac{W_t}{F * d * I} * \frac{K_a * K_m}{K_v}}$$

C_p : Factor de elasticidad

I : Factor de geometría

C_b : Factor que permite emplear la misma tensión debida al contacto permisible que para los engranajes de talla recta o cilíndricos y helicoidales.

C_b : 0,634

Del anexo E

para dos engranes de acero $C_p = 191 \text{ [Mpa]}^{0,5} \left(2.300 \left[\frac{Lb}{pu \text{lg}^2} \right]^{\frac{1}{2}} \right)$

Del anexo F

$I = 0,077$

$$\sigma_c = (2.300) * (0,634) * \sqrt{\frac{3.500}{(1,18) * (2) * (0,077)} * \frac{(1,25) * (1,44)}{0,9816}} \Rightarrow \sigma_c = 1889,45 \text{ MPa}$$

(274.043 Psi)

el valor anteriormente calculado es mayor que el valor de tensión por contacto permisible, por tanto se sigue el procedimiento siguiente:

$$\sigma_c = (2.300) * (0,634) * \sqrt{\frac{Wt}{(1,18) * (2) * (0,077)} * \frac{(1,25) * (1,44)}{0,9816}} \Rightarrow \sigma_c = 4.634,17 * \sqrt{Wt}$$

Del anexo C

$\sigma_{adm \text{ máximo}} = 756197,67 \text{ N (170.000 Lbf)}$, entonces

$$170 * 10^3 = 4.634,17 \sqrt{W_t} \Rightarrow W_t = 5.991,17 \text{ N (1.346,87 Lbf)}$$

$$H = \frac{W_t * V}{33.000} \Rightarrow H = 0,1 \text{ Hp}$$

El valor de 0,1 Hp es la potencia máxima que el piñón puede lograr transmitir, esta potencia satisface los requerimientos exigidos por el sistema. Por tanto el piñón y el engranaje se construirán con un acero tipo 1, grado 1, con un endurecimiento directo de 400 HB.

8.13 Diseño de la cadena

Del anexo M se tiene que el factor de servicio (F.S.) es igual a 1,0

$$Potencia \text{ de diseño} = (Potencia \text{ requerida}) \times (F.S.)$$

$$\Rightarrow Potencia \text{ de diseño} = \frac{1}{4} HP (\approx 186,43 \text{ W})$$

Haciendo uso del anexo N se escogerá una cadena con un paso de 25,4 mm (1 pulg.)

C: distancia central

$$C = 709,93 \text{ mm (27,95 pulg)}$$

$$C = (27,95 \text{ pulg}) * \left(1 \frac{\text{paso}}{\text{pulg}}\right) \Rightarrow C = 27,95 \text{ pasos}$$

$$L = 129,90 \text{ pasos} \approx 130 \text{ pasos} \text{ ó } 3302 \text{ mm (130 pulg)} \text{ (longitud de la cadena)}$$

8.14 Selección de la rueda dentada

Se tiene que el diámetro de paso de la rueda dentada de N dientes con un paso p

$$\text{es: } D = \frac{p}{\operatorname{sen}\left(\frac{180^\circ}{N}\right)} \Rightarrow N = \frac{180^\circ}{\operatorname{arcsen}\left(\frac{p}{D}\right)}$$

$$L = 2 * (27,95) + \frac{(74 + 74)}{2} + \frac{(74 - 74)}{4\pi^2 C}$$

$$\Rightarrow N = \frac{180^\circ}{\operatorname{arcsen}\left(\frac{1 \text{ pu lg}}{23,62 \text{ pu lg}}\right)} \Rightarrow N = 74,12 \text{ dientes} \Rightarrow N = 74 \text{ dientes}$$

8.15 Selección del aditamento de la cadena

Para el aditamento de la cadena se utilizara el “K1” el cual posee dos (2) que nos permitirían colocar de forma solidaria la plancha de tostado a la cadena y de esta forma controlar la velocidad de los platos. Las planchas de tostado estarán soldadas por uno de sus extremos, de tal manera que su otro extremo sea sostenido por una estructura de soporte. Todo esto con la finalidad de reducir la flexión que se presentaría en la cadena si esta soportará sola el peso de las planchas.

8.16 Selección de la estructura de soporte para la torta de casabe

La estructura de soporte consta de un sistema de rodillos cilíndricos tipo carril donde las planchas de tostado estarían apoyadas; presentando un roce muy pequeño al momento de su movimiento.

8.17 Selección de las vigas estructurales

Debido a que el peso del horno no es considerable, serán obviados los cálculos de esfuerzos en las vigas. Para la construcción de la estructura se seleccionaran las vigas tubulares cuadradas Conduven de hierro beco, 60 X 60.

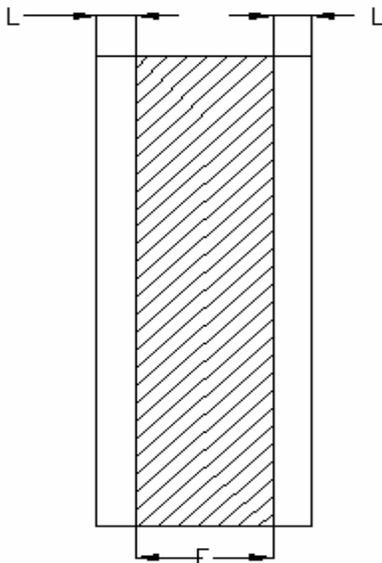
8.18 Selección de la plancha metálica

La plancha metálica a ser utilizada será de un acero inoxidable. Este material a será colocado en las paredes internas del horno y también es el que será utilizado para contener la harina de casabe para su tostado.

8.19 Selección del aislante

El aislante a ser utilizado es de fibra de vidrio, el cual tiene una conductividad térmica de $0,151 \text{ W / m } ^\circ\text{K}$, el espesor de dicho serán calculados a continuación.

8.20 Espesor del aislante



Consideraciones:

- $L = 1,2 \text{ mm}$
- $K_{\text{acero inoxidable}} = 14 \text{ W / m } ^\circ\text{K}$
- $T_{\infty} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $h_i = h_o = 25 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$ (Ver Anexo Q)
- $K_{\text{aislante}} = 0,151 \text{ W / m } ^\circ\text{K}$
- $T_h = 140 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_s = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$

Fig. 49 Diagrama de los aislantes8

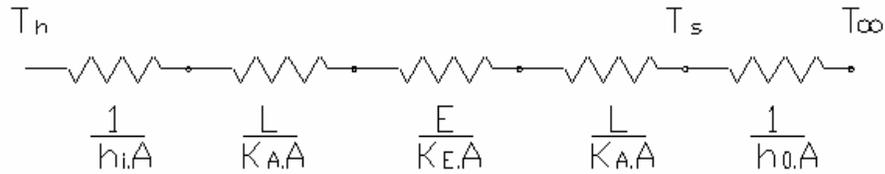


Fig. 50 Circuito térmico equivalente

$$\sum R_t = \left(\frac{1}{h_i} + \frac{L}{K_A} + \frac{E}{K_E} + \frac{L}{K_A} \right) * \frac{1}{A}$$

realizando el balance de energía se tiene:

$$\frac{T_h + T_s}{\frac{1}{h_i} + \frac{L}{K_A} + \frac{E}{K_E} + \frac{L}{K_A}} = h_o * (T_s - T_\infty)$$

$$\Rightarrow \left(\frac{T_h - T_s}{T_s - T_\infty} \right) * \frac{1}{h_o} = \frac{1}{h_i} + \frac{L}{K_A} + \frac{E}{K_E} + \frac{L}{K_A}$$

$$E = K_e \left[\left(\frac{T_h - T_s}{T_s - T_\infty} \right) * \frac{1}{h_o} - \frac{1}{h_i} - \frac{2L}{k_A} \right]$$

$$\Rightarrow E = (0,151) \left[\left(\frac{140 - 40}{40 - 25} \right) * \frac{1}{25} - \frac{1}{25} - \frac{2(1,2 * 10^{-3})}{14} \right] = 3,42 * 10^{-2} \text{ m}$$

espesor seleccionado de acuerdo a la fabricación del aislante = 39 mm.

8.21 Selección del quemador

Debido a que el diseño presenta un sistema de control de temperatura se puede seleccionar un quemador de uso frecuente para un horno de cocina común. Para el diseño se seleccionara un quemador radial de 2500 Kcal/h.

8.22 Selección del motorreductor

De acuerdo a los requerimientos para el sistema se seleccionara un motorreductor SD 48-GWS, trifásico, cuya potencia de salida es de 190 W.

8.23 Selección del sistema de control

Se desea controlar la temperatura dentro del horno y mantenerla en un rango cercano a los 140 °C que como se determinó anteriormente es la temperatura óptima de tostado del casabe. Para ello seleccionamos un sistema de control de temperatura que incluye un comparador con histéresis, en donde se recibe una señal proveniente de una termocupla colocada en el interior del horno esta señal se amplifica y se compara con la base o patrón que se puede ajustar dependiendo de la temperatura que se quiere mantener dentro del horno, el controlador a su vez envía una señal encendido o apagado a un rele que es que el que va a activar o desactivar la resistencia eléctrica que va a calentar el horno, esto dependiendo de la señal que se reciba si es que la temperatura está por encima o por debajo del rango de operación seleccionado.

El sistema de control de temperatura a utilizar constará de un termocupla, un controlador y un contactor (el esquema se muestra en la figura 51).

La acción de control es por medio del encendido y apagado (on/off) de las resistencias de calentamiento.

Para el dimensionamiento de los componentes se utilizan los siguientes parámetros:

- Rango de temperatura a medir: $[100, 160] \text{ } ^\circ\text{C}$
- Niveles de tensión: 220V
- Potencia eléctrica que alimentan a las resistencias de calentamiento: 8 kW

Para controlar la temperatura interna del horno se hará uso de un pirómetro. El pirómetro que se especificara es el 96 x 96; Modelo SR.T 903EJRON. Para el sistema de control se requerirá de un contactor, un braker, y una termocupla.

El diagrama de potencia se muestra a continuación

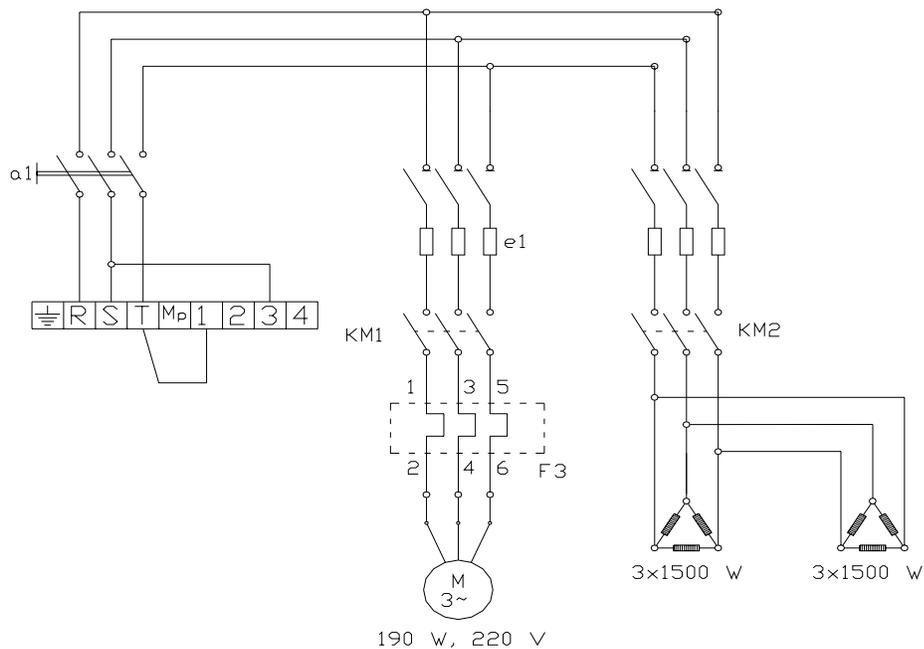


Fig. 51 Diagrama de potencia de las resistencias y del motor

Diagramas de control:

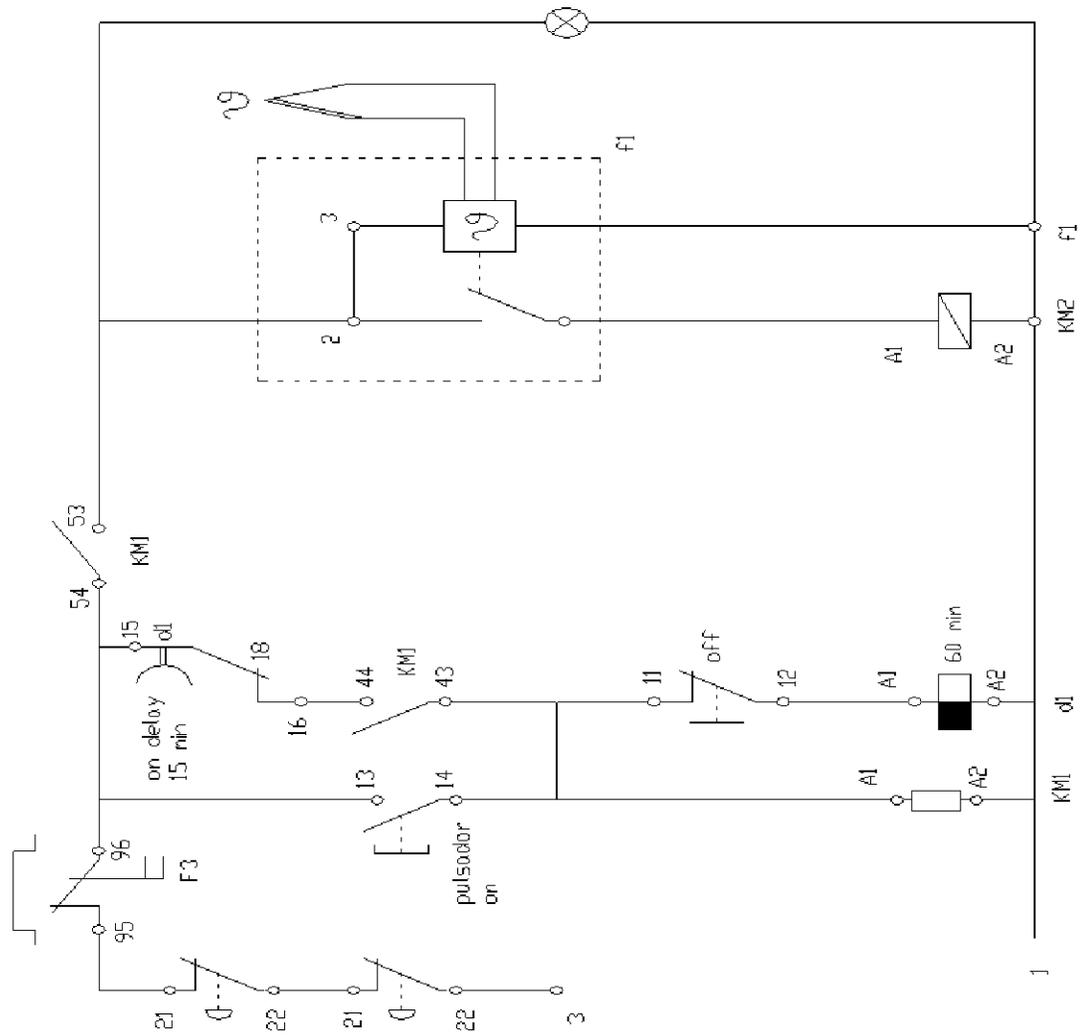


Fig. 52 Diagramas de control del horno eléctrico

8.23.1 Selección del conductor del motor

Seleccionaremos el cable del conductor por la corriente nominal del motor la cual es de 4,8 A.

Según el código eléctrico nacional: $I=(1,25)*I_N$

$$\Rightarrow I = (1,25)*(4,8)A \quad \Rightarrow \quad I = 6 A$$

Seleccionaremos un cable comercial de calibre 14.

8.23.2 Selección del interruptor principal.

Según el código eléctrico nacional:

$$I_{\text{arranque}} = (2,5) * I_N \quad ; \quad I_{\text{resistencias}} = \frac{P}{V\sqrt{3}}$$

$$I_{\text{Interruptor}} = I_{\text{arranque}} + I_{\text{resistencias}}$$

Debido a que se realizó una distribución de las resistencias en delta se reconsiderará los valores de las resistencias tomándose valores comerciales para ello; por tanto se tomará 6 resistencias de 1500 W c/u

$$I_{\text{resistencias}} = \frac{9.000 \text{ W}}{220 \text{ V} * \sqrt{3}} = 23,61 \text{ A}$$

$$I_{\text{arranque}} = (2,5) * (1,87) + 23,61 \text{ A} \quad \Rightarrow \quad I_{\text{arranque}} = 28,29 \text{ A}$$

Se seleccionara un Interruptor de 30 A.

8.23.3 Selección del fusible para el motor

$$I = 3 * I_N$$

$$\Rightarrow I = 3 * (1,87) \Rightarrow I = 5,61 \text{ A}$$

Seleccionaremos un fusible de 10 A.

8.23.4 Selección del rele térmico de sobre-carga.

Según el código eléctrico nacional:

$$I = (1 - 1,15) * I_N$$

$$I = 1,15 * I_N \Rightarrow I = (1,15) * (4,8) \text{ A}$$

Por tanto se procederá a seleccionar un rele térmico de sobre-carga de 6 A

8.23.5 Selección de los fusibles para las resistencias

$$I = I_R \Rightarrow I = 23,61 \text{ A}$$

Se seleccionara una resistencia de 30A

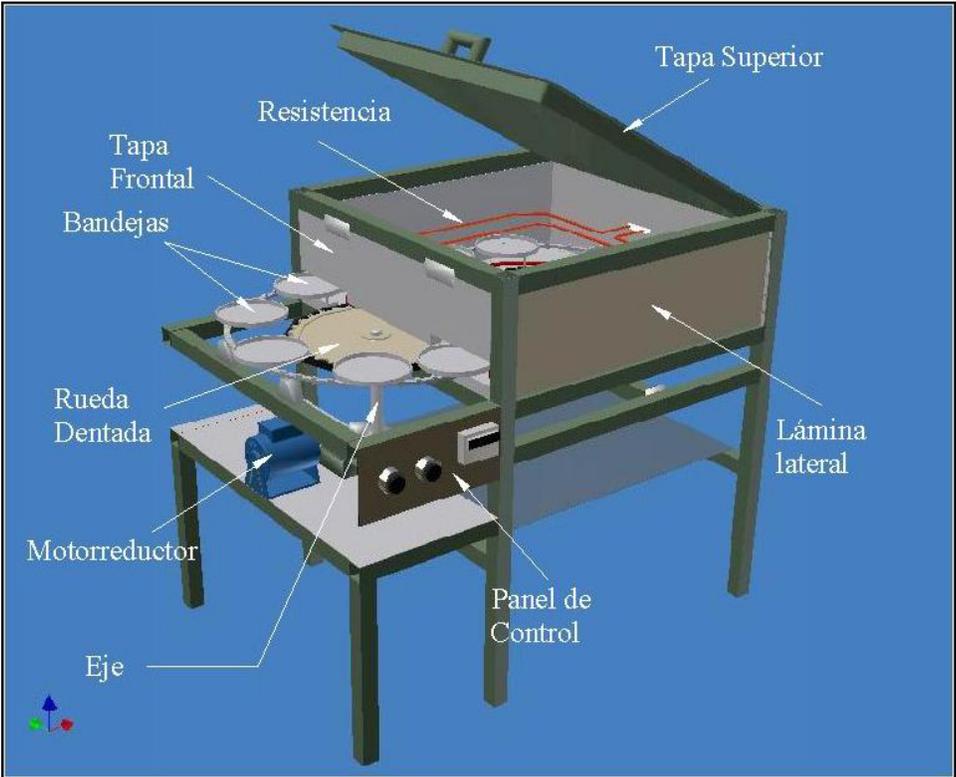


Fig. 52 Horno Automatizado Tostador de Casabe

CAPITULO IX

HIGIENE EN LA ELABORACIÓN DEL CASABE

9.1 Introducción

Sin duda es de gran importancia el estudio y la practica de las normas higiénicas en la elaboración de las tortas de casabe, lo cual incluye la manipulación de la yuca a ser procesada, higiene en los procesos de pelado, rayado, exprimido y tamizado, debido a que se quiere un producto final de calidad; todo ello con la finalidad de acceder a un mayor número de consumidores tanto a nivel nacional e inclusive internacional. De allí pues, que del cumplimiento de las normas higiénicas en la elaboración de las tortas de casabe se podrá abarcar un mercado de consumidores mucho más amplio, haciendo que este negocio sea económicamente más prospero.

En la siguiente sección se presenta la norma de la comisión del codex alimentarius para la harina de yuca comestible. La Comisión del Codex Alimentarius fue creada en 1963 por la FAO y la OMS para desarrollar normas alimentarias, reglamentos y otros textos relacionados tales como códigos de prácticas, bajo el Programa Conjunto FAO/OMS de Normas Alimentarias. Las materias principales de este Programa son la protección de la salud de los consumidores, asegurar unas prácticas de comercio claras y promocionar la coordinación de todas las normas alimentarias acordadas por las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales.

9.2 NORMA DEL CODEX PARA LA HARINA DE YUCA COMESTIBLE

CODEX STAN 176-1989 (Rev. 1 - 1995)

El Apéndice de esta norma contiene disposiciones que no habrán de aplicarse conforme al sentido de las disposiciones sobre aceptación que figuran en la sección 4.A I) b) de los Principios Generales del Codex Alimentarius.

9.2.1 AMBITO DE APLICACION

La presente Norma se aplica a la harina de yuca destinada al consumo humano directo que se obtiene elaborando la yuca comestible (*Manihot esculenta* Crantz).

9.2.2 DESCRIPCION

La yuca comestible (*Manihot esculenta* Crantz) es el producto que se obtiene de las hojuelas o pasta de yuca con un proceso de pulverización y molienda, seguido del cernido para separar la fibra de la harina. En el caso de la harina de yuca comestible preparada con la yuca amarga (*Manihot Utilisima* Pohl), se efectuará la detoxificación remojando los tubérculos en agua por varios días antes de dejarlos secar en forma de tubérculo entero molido (pasta) o de trozos pequeños.

9.2.3 COMPOSICION ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD

9.2.3.1 Factores de calidad - Generales

La harina de yuca comestible deberá ser inocua y apropiada para el consumo humano.

La harina de yuca comestible deberá estar exenta de sabores y olores extraños y de insectos vivos.

La harina de yuca comestible deberá estar exenta de suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos) en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

9.2.3.2 Factores de calidad - Específicos

9.2.3.2.1 Contenido de humedad 13,0% m/m máximo

Para determinados destinos, por razones de clima, duración del transporte y almacenamiento, deberían requerirse límites de humedad más bajos. Se pide a los gobiernos que acepten esta Norma que indiquen y justifiquen los requisitos vigentes en su país.

9.2.3.2.2 Contenido de ácido cianhídrico

El contenido total de ácido cianhídrico de la harina de yuca comestible no deberá exceder de 10 mg/kg.

9.2.4 CONTAMINANTES

9.2.4.1 Metales pesados

La harina de yuca comestible deberá estar exenta de metales pesados en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

9.2.4.2 Residuos de plaguicidas

La harina de yuca comestible deberá ajustarse a los límites máximos para residuos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

9.2.4.3 Micotoxinas

La harina de yuca comestible deberá ajustarse a los límites máximos para micotoxinas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

9.2.5 HIGIENE

Se recomienda que el producto regulado por las disposiciones de esta Norma se prepare y manipule de conformidad con las secciones apropiadas del Código Internacional de Prácticas

Recomendado - Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969, Rev. 2-1985, Codex Alimentarius Volumen 1B), y otros códigos de prácticas recomendados por la Comisión del Codex Alimentarius que sean pertinentes para este producto.

En la medida de lo posible, con arreglo a las buenas prácticas de fabricación, el producto estará exento de materias objetables.

Cuando se analice mediante métodos apropiados de muestreo y análisis, el producto:

- deberá estar exento de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud;
- deberá estar exento de parásitos que puedan representar un peligro para la salud;
- y
- no deberá contener ninguna sustancia procedente de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

9.2.6 ENVASADO

La harina de yuca comestible deberá envasarse en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y organolépticas del producto.

Los recipientes, incluido el material de envasado, deberán estar fabricados con sustancias que sean inocuas y adecuadas para el uso al que se destinan. No deberán transmitir al producto ninguna sustancia tóxica ni olores o sabores desagradables.

Cuando el producto se envase en sacos, éstos deberán estar limpios, ser resistentes, y estar bien cosidos o sellados.

9.2.7 ETIQUETADO

Además de los requisitos de la Norma General del Codex para el Etiquetado de Alimentos

Preenvasados (CODEX STAN 1-1985, Rev. 1-1991, Codex Alimentarius, Volumen 1A) deberán aplicarse las siguientes disposiciones específicas:

9.2.7.1 Nombre del producto

El nombre del producto que deberá aparecer en la etiqueta será "harina de yuca comestible".

9.2.7.2 Etiquetado de envases no destinados a la venta al por menor

La información relativa a los envases no destinados a la venta al por menor deberá figurar en el envase o en los documentos que lo acompañen, salvo que el nombre del producto, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador deberán aparecer en el envase. No obstante, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador podrán ser sustituidos por una marca de identificación, siempre que tal marca sea claramente identificable con los documentos que acompañen al envase.

CAPITULO X
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

10.1 DESCRIPCIÓN

El Horno automatizado tostador de casabe se compone de los siguientes dispositivos o piezas:

- Un sistema de cadena.
- Doce (12) planchas de acero inoxidable.
- Dos (2) ruedas dentadas.
- Dos (2) engranajes cónicos.
- Un sistema de regulación de temperatura.
- Un sistema de soporte de las planchas.
- Paredes de planchas de acero inoxidable compuestas como un armazón con aislante entre ellas.
- Motoreductor

10.1.2 Conexión eléctrica:

La alimentación eléctrica del horno estará disponible en el siguiente voltaje:

- 220 V, 50/60 Hz. Ver Fig. 51

Nota:

Antes de enchufar el aparato, compruebe que su tensión de funcionamiento es compatible con la de su red de alimentación.

De presentarse algún deterioro en el cable de alimentación, debe ser cambiado por otro con características compatibles.

10.2 MANUAL DE OPERACIÓN

Cuando use algún aparato eléctrico siempre deben de seguirse precauciones básicas de seguridad incluyendo las siguientes:

• LEA CUIDADOSAMENTE TODAS LAS INSTRUCCIONES, Y LAS ADVERTENCIAS ANTES DE USAR EL HORNO TOSTADOR DE CASABE.

• No toque las superficies calientes. La temperatura de la puerta o de la superficie externa del aparato puede ser muy alta cuando el horno tostador se encuentra en funcionamiento.

• Permita que las partes metálicas se enfríen antes de limpiar. Permita que la unidad se enfríe completamente antes de poner o quitar partes.

• Para protegerse contra una descarga eléctrica, no sumerja el aparato o el enchufe en agua o en otros líquidos.

• No opere este y ningún aparato si el cable o el enchufe están quemados o dañados, o después de que el aparato ha funcionado inadecuadamente, se ha caído o ha sido dañado en cualquier manera. Lo anterior con el fin de evitar cualquier peligro potencial.

• El uso de accesorios o aditamentos que no sean los recomendados por el fabricante pueden causar incendios, descargas eléctricas o lesiones.

• No use este aparato más que para lo que ha sido diseñado.

- Puede ocurrir un incendio si el Horno Tostador está en funcionamiento y se encuentra en contacto o cubierto con materiales inflamables, incluyendo cortinas, tapicerías, paredes, etc. No coloque ningún objeto sobre el aparato cuando éste se encuentre en operación.
- No coloque dentro del horno ningún material inflamable, tal como papel, cartón, plástico o cualquier material que pueda incendiarse o derretirse.
- No limpie el aparato con fibras metálicas abrasivas. Se pueden romper pequeños pedazos de las fibras y pueden entrar en contacto con las partes eléctricas, lo anterior puede ocasionar una descarga eléctrica.

1) Preparación del horno:

- Colocar el horno en un soporte estable.
- Levantar la tapa superior
- Limpiar cuidadosamente las piezas destinadas a estar en contacto con la masa de yuca. (no usar productos tóxicos para esta limpieza). Esta limpieza se debe realizar de manera que no caiga agua sobre la cadena ni la estructura de soporte de la misma ya que esto oxida las partes metálicas y disminuye así la vida útil de estas piezas.
- Lubricar las piezas metálicas que estarán girando.
- Colocar la tapa superior del horno y fijarla con las piezas provistas para ello.
- Acoplar la caja reductora y el motor eléctrico al horno.

2) Puesta en marcha:

- Poner el horno en “off”
- Conectar el enchufe del horno a la fuente de voltaje de manera que su ubicación no interfiera con el paso de cualquier otra persona.
- Poner el horno en “ON”
- Graduar la perilla de temperatura de las resistencias según sea el tipo de la masa de yuca a emplear. Debe esperarse un tiempo de 15 minutos con la finalidad de lograr la homogenización de la temperatura interna del horno.
- Poner en funcionamiento el motor eléctrico.
- Dos operadores se dispondrán en frente del horno. El primer operador aplicara la masa de yuca sobre las piezas metálicas dispuestas para ello, haciendo uso de la pieza de medida que trae el horno; el segundo operador retirará las tortas de casabe que saldrán listas del horno y las colocará en un envase provisto para tal fin.
- De presentarse poco o en caso contrario exceso de cocimiento de las tortas el segundo operador graduará la temperatura del horno con la perilla del control de temperatura.
- Una vez alcanzado el punto de temperatura óptima para el tostado de dicha masa, proceder de manera continua al tostado de la masa de yuca.
- Finalizado el proceso de tostado para la cantidad de masa dispuesta para ello, apagar el motor eléctrico, poner el horno en “off” y proceder al proceso de limpieza.

10.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO

Antes de proceder a cualquier intervención en el aparato, éste deberá desenchufarse de la toma de corriente.

En caso de tener que sustituir una pieza de desgaste, como la cadena, un componente eléctrico o cualquier otro tipo de elemento, remitirse a la lista de componentes.

10.3.1 Proceso de Limpieza:

Se recomienda limpiar el horno al terminar el trabajo.

- Desenchufar su cable de alimentación.
- Levantar la tapa superior con la finalidad de acelerar el enfriamiento de las partes metálicas internas del horno. No toque las superficies calientes internas del horno. Esperar un tiempo prudencial para proceder con la limpieza del horno (esperar un tiempo de aproximadamente 40 minutos).
- Este horno no debe limpiarse con chorro de agua.
- No limpie el horno con materiales abrasivos.
- Limpiar las planchas de tostado del casabe así como el piso interno del horno con una esponja, ayudándose para ello con un producto de limpieza no tóxico (ej. lavaplatos).
- Limpiar de igual manera las ruedas dentadas de cualquier material sólido que este sobre estas.

- En caso de mojarse el piso interno del horno proceder a secarlo, debido a que este líquido puede crear condiciones insalubres dentro de este; y aparte de esto de quedar un líquido retenido dentro del horno ello alteraría la humedad interna de este y por tanto afectar el proceso de tostado del casabe al momento.

- Engrasar la cadena, así como los engranajes cónicos.

- Colocar la tapa superior.

CAPITULO XI

COSTOS

11.1 Costos

En el presente capítulo se realizará el cálculo del costo para fabricar el horno automatizado tostador de casabe, así como un estudio comparativo entre la puesta en funcionamiento con resistencias eléctricas y el utilizar gas como medio de generación de calor. Por último se comparará con los costos de los hornos artesanales presentes hasta la fecha. Todos los costos que se presentarán a continuación son los presentes para la fecha de realización de este trabajo de grado.

Los costos presentados a continuación fueron consultados vía telefónica a distintas ferreterías, industrias metal-mecánicas, empresas en el área de control y empresas en el área de motores y variadores de velocidad. Fueron tomados los presupuestos más económicos manteniendo la calidad que se desea.

11.2 Costos mensuales de una empresa casabera promedio

Los costos especificados en esta sección corresponden a la casabera “*Ruiz Pineda*”, la cual está ubicada en el pueblo El Rincón.

Esta empresa cuenta con los servicios de 19 empleados distribuidos en tres turnos diarios, cada empleado se le paga un sueldo de Bs. 270.000. La casabera utiliza leña como medio combustible, como casi todas las casaberas (por no decir todas). Esta leña tiene un costo de Bs. 40.000 y es traída en un camión 350; la leña rinde para tres días de trabajo. La materia prima (yuca amarga) es traída del Estado Bolívar debido a que en la zona no se consigue la yuca amarga. La casabera utiliza regularmente 40 bultos de yuca para ser procesados diariamente. Cada bulto contiene 50 Kg de yuca y cada uno tiene un costo para la fecha de Bs. 16.000. Actualmente tiene 3 hornos en funcionamiento. El costo actual de cada horno es de Bs. 1.225.000, estos hornos poseen 3 planchas de tostado.

De los 19 trabajadores que prestan servicio en la empresa 6 de ellos trabajan en la cocción de las tortas. Por tanto el gasto mensual debido al pago de estos 6 trabajadores es de Bs. 1.620.000. Trabajando 6 días a la semana el costo de la leña mensualmente es de Bs. 320.000 y el costo mensual de la yuca amarga es Bs.15.360.000. La producción diaria de esta casabera es 2.000 tortas de casabe las cuales son empacadas en una serie de “bultos”. Cada bulto contiene 50 tortas de casabe. Cada bulto es vendido a un distribuidor a un precio de Bs. 21.000.

11.3 Estimación de los costos del horno

Tabla 7 Costos de los materiales para la construcción del horno

Descripción	Cantidad	Costo [Bs.]
Viga tubular 60 x 60	12 m c/u	140.000
Lamina de acero inoxidable 1,2 mm	2	605.520
Cojinetes	3	270.000
Eje AISI 1045	2.800 Bs/kg	26.500
Engranajes Cónicos	2	250.000
Cadena	1	25.000
Rueda dentada	2	40.000
Aditamento para la cadena	12	42.000
Motoeducor de ½ Hp, 5 rpm	1	750.000
Aislante (fibra de vidrio)	2	70.000
Sub-total		2.219.020

Tabla 8 Costos de los dispositivos de control de temperatura

Dispositivos de control de temperatura		
Pirómetro 96 x 96 SR.T 903EJRON	1	316.000
Termocupla Tipo J 6 mm	1	70.000
Contactador	1	50.500
Caja 15-3040	1	78.500
Braker 2 x 50 A	1	25.000
Swich 1 x 10 A	1	10.000
Total de los dispositivos de control		550.000
Sub-total		2.769.020

Tabla 9 Costos de los dispositivos para la construcción del horno eléctrico

Opción Eléctrica		
Resistencias eléctricas (4 kW c/u)	2	480.000
Mano de obra		170.000
Total Horno Eléctrico	1	3.419.020

Tabla 10 Costos de los dispositivos para la construcción del horno a gas

Opción a gas		
Quemador	2	70.000
Bombona 40 Kg.	1	12.000
Válvula de encendido del horno	1	70.000
Conexiones de tuberías	1	80.000
Dispositivos de control contra fuga de gas		
Controlador de corte de suministro de gas	1	222.000
Detector de gas	1	147.000
Electro-válvula de gas	1	222.000
Mano de obra		400.000
Total Horno a gas		3.992.020

11.4 Análisis de rentabilidad del horno automatizado tostador de casabe

En el *horno automatizado tostador de casabe* se obtiene una torta tostada cada 7 seg. una vez que comienza el proceso normal de funcionamiento. Es decir que en un tiempo de operación continua de 8 horas de trabajo se puede llegar a obtener un total de 4.115 tortas, lo cual quiere decir que obtenemos más del doble que lo que producen diariamente 4 hornos artesanales juntos.

En el caso del horno eléctrico la potencia neta (motor, aparatos de control y resistencias eléctricas) consumida mensualmente es de 1.600 kWh/mes por tanto la tarifa a cancelar por consumo eléctrico será de Bs. 342.346; comparando este precio con el costo debido a la utilización de leña en los hornos actuales es de solo Bs. 22.346 adicionales.

Para el caso del horno a gas se tendría un consumo eléctrico producto del sistema de control y del motoreductor mensual de 38,4 kWh/mes por tanto la tarifa a cancelar producto de este consumo es de Bs. 96.800; el costo debido al uso de gas mensualmente será de Bs. 108.000. En total se tiene un gasto mensual para el horno a gas de Bs. 204.800. Por consiguiente con el horno de gas se tendría un ahorro de Bs. 137.546 comparado con el horno eléctrico y con respecto a los hornos actuales de Bs. 115.200.

En cuanto al personal que se requiere para la operación del horno tostador de casabe, se pueden emplear cuatro (4) personas, dispuestas en dos grupos de dos, las cuales trabajarían en horarios de medio turno. Comparando lo último expuesto con los hornos artesanales se tendría un ahorro de cuatro sueldos completos, debido a que los cuatro trabajadores trabajan medio turno, lo que daría un total de solo dos sueldos mínimos al mes al mes.

CONCLUSIONES

En este trabajo especial de grado se logró el objetivo de diseñar un horno automatizado tostador de casabe. Dicho horno puede ser empleado por cualquier comunidad casabera utilizando indistintamente casi cualquier harina de yuca.

Debido al diseño del horno se reduce de manera significativa las pérdidas de calor hasta ahora presentes en los hornos artesanales. De igual forma se logra una producción continua de las tortas de casabe.

En base a los estudios realizados pueden concretarse las siguientes generalidades a manera de conclusión:

Se determinó de manera experimental la temperatura óptima de tostado para las tortas de casabe. Utilizando para tal finalidad harina de yuca de características físicas promedio.

Se determinó que las fuentes de calor más convenientes en un proceso de elaboración del casabe son por medio de las resistencias eléctricas o el uso de gas licuado.

Se seleccionaron los materiales a ser utilizados para la construcción del horno. Entre los cuales se encuentran las paredes internas y externas, el material aislante, estructura de soporte del horno y planchas de tostado.

Se diseñaron los ejes los cuales transmitirán la potencia necesaria para el desplazamiento de las planchas de tostado, así como las chavetas requeridas para los ejes.

Se especificaron las características geométricas de los dos (2) engranajes cónicos a ser empleados en el horno.

Se seleccionaron los dispositivos a ser empleados para el control de temperatura del horno, así como los cojinetes que se requieren para la construcción del horno, el quemador a ser utilizado en la propuesta del horno a gas y las resistencias a ser utilizadas en la propuesta del horno eléctrico.

Se estudiaron las condiciones higiénicas para el tostado de casabe.

Se explico de una manera clara y sencilla el modo de funcionamiento del horno así como su mantenimiento respectivo.

RECOMENDACIONES

Considerando que el cultivo de yuca se puede dar en una variedad de suelos y que esta yuca tiende a perder sus cualidades frescas una vez sacada de la tierra es recomendable realizar dichas plantaciones cerca del lugar de su procesamiento, para obtener con esto un producto de mayor calidad y ha menores costos

Cumplir en lo sucesivo con las normas higiénicas para la elaboración del casabe, con miras a un aumento de su comercialización tanto a nivel nacional como internacional.

Dotar de equipos modernos a la escuela de ingeniería mecánica con la finalidad de poder realizar ensayos y estudios el área de investigación. Con esto la escuela de ingeniería mecánica no solo estaría vinculada en el área de la docencia sino también el área de la investigación.

Realizar turnos laborales de acuerdo a lo dictado por la legislación venezolana y no exponer al trabajador casabero en el área de cocción de las tortas a turnos laborales excesivos debido a que esta exposición continua al calor afecta la salud y la calidad de vida de dichos trabajadores.

Continuar con proyectos de esta naturaleza donde se busca la conservación de nuestro medio ambiente implantando soluciones ecológicas, seguras y limpias.

BIBLIOGRAFIA

1. Mott, R.; **Diseño de Elementos de Máquinas**, segunda. edición, Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México (DF), 1.995. 787 Pág.
2. Shigley Joseph Edward & Mischke Charles R.; **“Diseño en Ingeniería Mecánica”**, Quinta edición, Editorial McGraw-Hill, México, 1990.
3. Berr Ferdinand P. & Russell Johnston, Jr; **“Mecánica Vectorial para ingenieros - Estática”**, Quinta edición revisada, Editorial McGraw-Hill, 1994.
4. Manual SKF. **“Catálogo general de Rodamientos”**, 1999, 974 Pág.
5. Cengel Yunus & Boles Michael A. **“Termodinámica”**, segunda edición, Editorial McGraw-Hill, 1996.
6. Van Wylen, Gordon J., Sonntag Richard E., Borgnakke Claus. **“Fundamentos de Termodinámica”**, segunda edición, Editorial Limusa Wiley, 1999.
7. Incropera Frank P. & DeWitt David P., **“Fundamentos de Transferencia de Calor”**, cuarta edición, Editorial Prentice Hall, 1999.
8. Holman J. P., **“Transferencia de calor”**, octava edición, Editorial McGraw-Hill, 1998.
9. Potter Merle C. & Wiggert David C.; **“Mecánica de los fluidos”**, segunda edición, Editorial Prentice Hall, 1998.
10. Maloney Timothy J.; **“Electrónica Industrial Moderna”**; tercera edición, Editorial Prentice Hall, 1996.
11. Happer Enriquez; **“Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales”** segunda edición, Editorial Limusa, 1996.
12. Norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-1999 **“Instalaciones Eléctricas”**.
13. Norma COVENIN 2024-83. **“Aislantes térmicos. Conchas de fibra mineral. Especificaciones”**
14. Norma COVENIN 2505-88. **“Aislantes térmicos. Conchas rígidas aislantes. Diametros y Espesores”**
15. Norma COVENIN 2659-89. **“Aislantes térmicos. Fibra mineral. Mantas y fieltro tipo industrial”**.

TRABAJOS DE GRADO

1. Pérez S. Elevina E. Tesis a Magister Scientiarium en Ciencia de Tecnología de Alimentos “**Evaluación del comportamiento reológico de harinas de arroz, maíz y yuca sometidas a diferentes tratamientos**”, 1984, UCV, Facultad de agronomía.
2. Matos S. TESIS a Magister Scientiarium en Ciencia de Tecnología de Alimentos. “**Modificación por métodos químicos de fosfatación, acetilación y doble derivación de almidón de yuca**”, 1996, UCV, Facultad de agronomía.
3. Pérez, Manuel José. TESIS a Magister Scientiarium en Ciencia de Tecnología de Alimentos. “**Propuesta idealizada de un conjunto de equipos básicos para el procesamiento industrial del casabe a base de yuca amarga (*Manihot esculenta crantz*) referidos tecnológicamente al proceso artesanal**”, 1997, UCV, Facultad de agronomía.
4. Cova, Esperanza del Valle. “**Componentes físico-químicas de casabes elaborados bajo condiciones controladas con casabes provenientes de diferentes regiones del país**”. 1987, UCV, Facultad de agronomía.

CONSULTAS EN LA WORLD WIDE WEB

1. www.middleby.com
2. www.edosucre.gov.ve
3. www.consumer.es
4. www.fonaiap.gov.ve
5. www.sidelpa.com
6. www.moliner.com

7. www.videojuegosamazing.com
8. www.forjasbolivar.com
9. www.formex.es
10. www.mineco.es
11. www.energiahogar.com
12. www.ohm.utp.edu.co
13. www.caho.com.tw
14. www.elnorte.com.ve
15. www.atenas.inf.cu
16. www.el-nacional.com
17. www.venezuelaproductiva.gov.ve
18. www.einsa.es
19. www.swienty.com
20. academiasnacionales.gov.ve
21. www.hardwarebook.net/table/AWG.html
22. www.mercanet.cnp.go.cr
23. www.watson-marlow.com
24. www.domodesk.com
25. www.ermec.com/

ANEXOS

ANEXO A

NORMA COVENIN 2659-89

Aislantes térmicos. Fibra Mineral. Mantas y fieltro tipo industrial

La norma venezolana COVENIN 2659-89 establece los requisitos mínimos que deben cumplir las mantas y filtros tipo industrial de fibra mineral, para uso tanto en superficies con temperaturas hasta 204 °C (400 °F) como en superficie de equipos enfriados o refrigerados a temperaturas por debajo de la temperatura ambiente. Para aplicaciones específicas los límites de temperatura máxima y mínima deben ser establecidos previo acuerdo cliente- proveedor.

Composición

Las mantas y filtros tipo industrial de fibra mineral deberán ser sustancias minerales tales como roca, vidrio o escoria obtenidos en forma fibrosa proveniente de material fundido y procesado.

Fabricación

Recubrimiento

En caso de requerirse recubrimiento se deberá especificar tipo y requisito físico del mismo. Algunos recubrimientos típicos son:

- Papel aluminio de 0,02 a 0,05 mm de espesor

- Película de vinilo con aluminio de 0,1 mm de espesor.
- Papel encerado reforzado.
- Laminado metálico, tela reforzante o papel resistente al fuego.

Clasificación

Las mantas y filtros tipo industrial de fibra mineral se clasifican según la densidad nominal como se indica en la tabla 1.

Tabla 1 Tipos y Clases

Clase	Densidad Nominal Kg/m³ (lb/ft³)
Tipo I Flexible - Elástico	
B-1	10,4
B-2	12
B-3	16
B-4	24
B-5	32
B-6	48
Tipo II Flexible	
F-1	72,00 máx.
Tipo III Semirígido	
F-2	72,00 mín

Las mantas tipo I son normalmente despachadas en rollos estos deben ser hechos de más de una pieza pero los pliegos no deben ser menores de 305 cm de longitud.

Tabla 2 Dimensiones

Dimensiones y tolerancias	Tipo I Flexible – Elástica	Tipo II y III Flexible y semirígido
Longitud (cm) -0	762	76
	1524	122
	3048	152
Ancho (cm) -0,3	6096	
	60,9	30,5
	91,4	38,1
Espesor (cm) -3	121,9	60,9
	182,9	76,2
	13-152	25-102
	con incrementos de 13	

Tabla 3 Conductividad Térmica promedio W/m²K

Temperatura media (°K)	Tipo I					Tipo II	Tipo III
	Clase B-1	Clase B-2	Clase B-3	Clase B-4	Clase B-5 y B-6	F1	F2
350	0,151	0,146	0,141	0,131	0,121	0,136	0,126
395	0,080	0,078	0,075	0,073	0,063	0,073	0,068
440	0,058	0,056	0,055	0,051	0,043	0,053	0,048
485	0,048	0,046	0,044	0,041	0,034	0,043	0,039
665	0,034	0,033	0,031	0,028	0,023	0,029	0,025

ANEXO B

1. 1. Termocuplas estándar

Hay siete tipos de termocuplas que tienen designaciones con letras elaboradas por el Instrument Society of America (ISA). El U.S. National Bureau of Standardg (NBS), por su parte, ha preparado tablas de correlación temperatura fem para estas termocuplas, las que han sido publicadas por el American National Standards Institute (ANSI) y el American Society for Testing and Materials (ASTM).

Durante el año 1986. se ha procedido a uniformar las normas europeas DIN (alemanas), BS (inglesas), NF (francesas) y las antedichas ANSI (norteamericanas) en cuanto a la correlación de temperaturas y fem, así como en lo que hace a las tolerancias de estas fem en las distintas aleaciones.

Esto ha quedado homologado en la norma IEC 584 (International Electrotechnical Commission).

Estas siete termocuplas se enumeran en la Tabla 2. Los alcances de temperatura indicados son aquellos cuyos valores de fem se encuentran publicados. Asimismo se Indican la composición de termocuplas y los diámetros de alambre apropiado. La figura 4 muestra las relaciones de temperatura de las termocuplas. En la Tabla 3 se detallan las tolerancias de calibración estándar según IEC 584 Parte 1 actualmente en vigencia. En la Tabla 4 se comparan las capacidades de las termocuplas para enfrentarse a distintas condiciones ambientales.

Tipo B (PtRh 30% - PtRh 6%)

Las ventajas de la termocupla Tipo B sobre la Tipo R o Tipo S son su capacidad para medir temperaturas levemente más altas, su mayor estabilidad y resistencia mecánica, y su aptitud de ser utilizada sin compensación de junta de referencia para fluctuaciones normales de la temperatura ambiente. Este último aspecto queda

reflejado en la figura 4 por la pendiente despreciable de la curva de la termocupla Tipo B en la región de la temperatura ambiente. Las termocuplas Tipo B resultan satisfactorias para uso continuo en atmósferas oxidantes o inertes a temperaturas hasta 1.700° C. También resultan satisfactorias durante cortos períodos de tiempo en vacío.

Las desventajas de la termocupla Tipo B son su baja tensión de salida y su incapacidad para ser utilizada en atmósferas reductoras (como ser hidrógeno o monóxido de carbono) y cuando se encuentran presentes vapores metálicos (eso es, de plomo o zinc) o no metálicos (eso es, de arsénico, fósforo o azufre). Nunca se la debe usar con un tubo de protección metálico o termovaina (a partir de aquí, simplemente se la menciona como vaina).

Tipo R (PtRh 13% - Pt)

Las termocuplas Tipo R pueden ser utilizadas en forma continua en atmósferas oxidantes o inertes hasta 1.400° C. No son tan estables como las Tipo B en vacío. La ventaja de la termocupla Tipo R sobre la Tipo B es su mayor fem de salida.

La ASTM establece las siguientes limitaciones que se aplican al uso de las termocuplas Tipo R:

Nunca se las deben usar en atmósferas reductoras, ni tampoco en aquellas que contienen vapores metálicos o no metálicos u óxidos fácilmente reducidos, a menos que se las protejan adecuadamente con tubos protectores no metálicos.

Nunca deben ser insertadas directamente dentro de una vaina metálica.

Tipo S (PtRh 10 % - Pt)

La termocupla Tipo S es la termocupla original platino-rodio. Es el estándar internacional (Escala Práctica Internacional de Temperaturas de 1968, IPTS-68) para la determinación de temperaturas entre el punto de solidificación del antimonio 630,74° C (1.167,33 ° F) y el punto de solidificación del oro 1.064,43° C (1.917° F).

Las termocuplas Tipo S, igual que las Tipo R, pueden ser utilizadas en forma continua en atmósferas oxidantes o inertes hasta 1.480° C. Tienen las mismas limitaciones que las termocuplas Tipo R y Tipo B y también son menos estables que la termocupla Tipo B cuando se las utiliza en vacío .

Tipo J (Fe - CuNi)

La termocupla Tipo J, conocida como la termocupla hierro - constantán, es la segunda más utilizada en los EE.UU. El hierro es el conductor positivo, mientras que para el conductor negativo se recurre a una aleación de 55 % de cobre y 45 % de níquel (constantán).

Las termocuplas Tipo J resultan satisfactorias para uso continuo en atmósferas oxidantes, reductoras e inertes y en vacío hasta 760° C. Por encima de 540° C, el alambre de hierro se oxida rápidamente, requiriéndose entonces alambre de mayor diámetro para extender su vida en servicio. La ventaja fundamental de la termocupla Tipo J es su bajo costo.

Las siguientes limitaciones se aplican al uso de las termocuplas Tipo J:

No se deben usar en atmósferas sulfurosas por encima de 540° C.

A causa de la oxidación y fragilidad potencial, no se las recomienda para temperaturas inferiores a 0° C.

No deben someterse a ciclos por encima de 760° C, aún durante cortos períodos de tiempo, si en algún momento posterior llegan a necesitarse lecturas exactas por debajo de esa temperatura.

El constantán utilizado para termocuplas Tipo J no es intercambiable con el constantán de las termocuplas Tipo T y Tipo E, ya que el constantán es el nombre genérico de aleaciones cobre-níquel con un contenido de cobre entre 45 % y 60 %. Los fabricantes de las termocuplas Tipo J regulan la composición del conductor de cobre-níquel de manera que la fem de salida de la termocupla siga la curva de

calibración publicada. Los elementos fabricados por las distintas empresas, con frecuencia no son intercambiables para el mismo tipo de termocupla.

Tabla 2. Composición, rango de temperaturas, diámetros de alambre apropiado y fuerzas electromotrices (fem) correspondientes a distintas termocuplas.

Tipo	Denominación	Composición y símbolo	Rango de temperaturas (1)	Diámetro del alambre apropiado (2)	F.e.m. en mV (3)
B	Platino-rodio 30% vs. platino-rodio 6%	PtRh 30% - PtRh 6%	0 ...1.500 (1.800)	0,35 y 0,5 mm	0...10,09 4 (13,585)
R	Platino-rodio 13% vs. platino	PtRh 13% - Pt	0...1.400 (1.700)	0,35 y 0,5 mm	0.16,035 (20,215)
S	Platino-rodio 10% vs. platino	PtRh 10% - Pt	0...1300(1.600)	0,35 y 0,5 mm	0...13,15 5 (15,576)
J	Hierro vs. constatán	Fe - CuNi	-200 ... 700 (900) -200 ... 600 (800)	3 mm 1mm	-7.89 ... 39,130 (51,875) -7.89 ... 33,096 (45,498)
K	Niquel-cromo vs. níquel (Chromel vs. Alumel)	NiCr - Ni	0...1000(1.300) 0 ... 900 (1.200)	3 ó 2 mm 1,38 mm	0...41,26 9 (52,398) 0...37,32 5 (48,828)
T	Cobre vs. constatán	Cu - CuNi	-200 ... 700 (900)	0,5 mm	-5,60 ... 14,86 (20,86)
E	Niquel-cromo vs. constatán (Chromel vs. constatán)	NiCr - CuNi	-200 ... 600 (800)	3 mm	-9,83 ... 53,11 (68,78) -8,83 ... 45,08 (61,02)

(1) Los valores entre paréntesis son los admitidos en intervalos cortos (no permanentes)

(2) Los diámetros de alambres no son indicativos

(3) Valores de fem (mV) en función de ° C , referencia junta fría 0° C.

Tipo K (NiCr Ni)

La termocupla Tipo K se la conoce también como la termocupla Chromel-Alumel (marcas registradas de Hoskins Manufacturing Co., EE.UU.). El Chromel es una aleación de aproximadamente 90% de níquel y 10% de cromo, el Alumel es una aleación de 95% de níquel, más aluminio, silicio y manganeso, razón por la que la norma IEC la especifica NiCr - Ni. La Tipo K es la termocupla que más se utiliza en la industria, debido a su capacidad de resistir mayores temperaturas que la termocupla Tipo J.

Las termocuplas Tipo K pueden utilizarse en forma continua en atmósferas oxidantes e inertes hasta 1.260° C y constituyen el tipo más satisfactorio de termocupla para uso en atmósferas reductoras o sulfurosas o en vacío.

Tipo T (Cu - CuNi)

La termocupla Tipo T se conoce como la termocupla de cobre constantán. Resulta satisfactoria para uso continuo en vacío y en atmósferas oxidantes, reductoras e inertes. Su desventaja reside en el hecho de que su límite máximo de temperatura es de tan sólo 370° C para un diámetro de 3,25 mm.

Aunque las termocuplas Tipo T resulten adecuadas para mediciones debajo de 0° C, la ASTM recomienda para ese propósito a las termocuplas Tipo E.

Tipo E (NiCr - CuNi)

La termocupla Tipo E, o Chromel-constantán, posee la mayor fem de salida de todas las termocuplas estándar, según se muestra en la figura 4. Para un diámetro de 3,25 mm su alcance recomendado es - 200° C a 980° C.

Estas termocuplas se desempeñan satisfactoriamente en atmósferas oxidantes e inertes, y resultan particularmente adecuadas para uso en atmósferas húmedas a

temperaturas subcero a raíz de su elevada fem de salida y su buena resistencia a la corrosión. La termocupla Tipo E es mejor que la Tipo T, para este propósito a causa de su mayor salida y puesto que la conductividad térmica del alambre de Chromel es menor que la del alambre de cobre de la termocupla Tipo T.

Tabla 3. Tolerancias de calibración para termocuplas estándar (referencia junta fría 0° C) según IEC 584 Parte 1.

Termocupla	Rango	Clase 1. Desviación máxima (±) (1)
Cobre vs. Cobre-níquel, Tipo T	-40 a + 350°C	0,5 °C ó 0,004 (t)
Hierro vs. cobre- níquel, Tipo J	-40a+ 750 °C	1,5 °C ó 0,004 (t)
Níquel-cromo vs. níquel, Tipo K	- 40 a 1.000 °C	1,5 °C ó 0,004 (t)
Platino-rodio 13% vs. platino, Tipo R .	0 a + 1.600°C	1 °C ó 1 + 0,003 (t - 1. 100)°C
Platino-rodio 10% vs. platino, Tipo S	0 a + 1. 600°C	1 °C ó 1 + 0,003 (t - 1.100)°C
Platino-rodio 30% vs. platino-rodio 6%, Tipo B	--	
Termocupla	Rango	Clase 2 . Desviación máxima (±) (1)
Cobre vs. cobre-níquel, Tipo T	-40a+ 350°C	1°C ó 0,0075(t)
Hierro vs. cobre-níquel, Tipo J	-40a+ 750 °C	2,5 °C ó 0,0075 (t)
Níquel-cromo vs. níquel, Tipo K	- 40 a + 1.200°C	2. 5 °C ó 0.0075 (t)
Platino-rodio 13% vs. platino, Tipo R	0 a + 1.600 °C	1,5 °C ó 0,0025 (t)
Platino- rodio 10% vs. platino, Tipo S	0 a + 1.600 °C	1,5 °C ó 0,0025 (t)
Platino- rodio 30% vs. platino-rodio 6%, Tipo B	+ 600 a + 1700 °C	1,5 °C ó 0,0025 (t)

Termocupla	Rango	Clase 3(2) . Desviación máxima (\pm) (1)
Cobre vs. Cobre-níquel, Tipo T	-200 a + 40 °C	1 °C ó 0,015 (t)
Hierro vs. cobre- níquel, Tipo J	-200 a + 40 °C	2,5 °C ó 0,015 (t)
Níquel-cromo vs. níquel, Tipo K	-200 a + 40 °C	2,5 °C ó 0,015 (t)
Platino-rodio 13% vs. platino, Tipo R	--	--
Platino-rodio 10% vs. platino, Tipo S	--	--
Platino-rodio 30% vs. platino-rodio 6%, Tipo B	+600 a + 1.700 °C	4 °C ó 0,005 (t)

1) La desviación máxima debe ser calculada como el mayor valor de las dos expresiones: el valor en °C o su equivalente calculado reemplazando (t) por la temperatura en cuestión.

(2) Normalmente, las termocuplas y los cables compensados se suministran con tolerancias especificadas por encima de -40 °C. Para termocuplas utilizadas por debajo de -40 °C . Debe entenderse que sus tolerancias son para ese material mayores que las especificadas en Clase 3.

ANEXO C

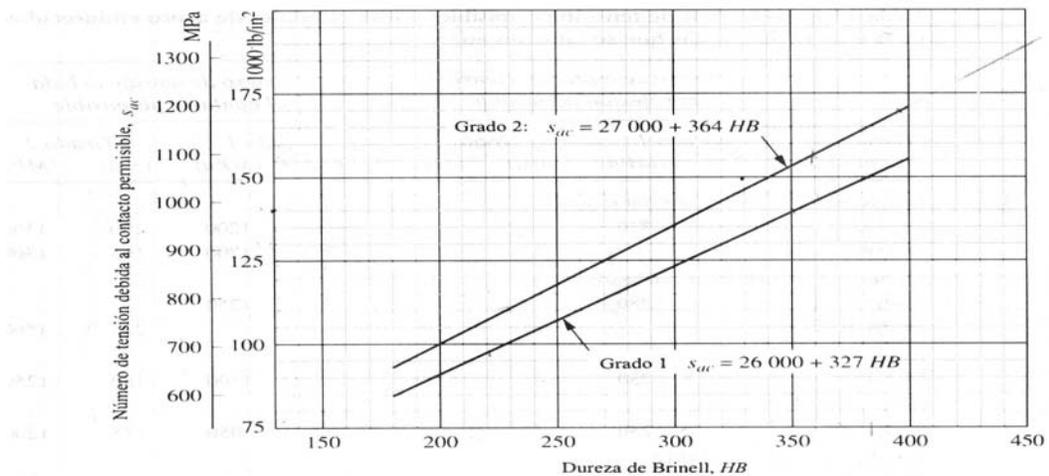


Figura 11-15 Número de tensión debida al contacto permisible, s_{ac} para engranes de acero (Se tomó del estándar AGMA-2001-B88 Factores fundamentales para calificación y métodos de cálculo para dientes evolventes de engranes de talla recta o cilíndricos y helicoidales, con permiso del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Alexandria, Va. 22314.)

ANEXO D

Tabla 11-13 Factores de aplicación sugeridos, K_a

<i>Fuente de poder</i>	<i>Máquina que es impulsada</i>			
	<i>Uniforme</i>	<i>Choque ligero</i>	<i>Choque moderado</i>	<i>Choque pesado</i>
Uniforme	1.00	1.25	1.50	1.75
Choque ligero	1.20	1.40	1.75	2.25
Choque moderado	1.30	1.70	2.00	2.75

Tabla 11-14 Factores de tamaño que se sugieren, K_s

<i>Paso diametral, P_d</i>	<i>Módulo métrico, m</i>	<i>Factor de tamaño, K_s</i>
≥ 5	≤ 5	1.00
4	6	1.05
3	8	1.15
2	12	1.25
1.25	20	1.40

ANEXO E

Tabla 11-15 Coeficiente elástico, C_p

Material para el piñón	Módulo de elasticidad, E_p , lb/pulg ² (MPa)	Material para fabricar engranes y módulo de elasticidad, E_g , lb/pulg ² (MPa)					
		Acero 30×10^6 (2×10^5)	Hierro maleable 25×10^6 (1.7×10^5)	Hierro nodular 24×10^6 (1.7×10^5)	Hierro fundido 22×10^6 (1.5×10^5)	Bronce con aluminio 17.5×10^6 (1.2×10^5)	Bronce con estaño 16×10^6 (1.1×10^5)
Acero	30×10^6 (2×10^5)	2 300 (191)	2 180 (181)	2 160 (179)	2 100 (174)	1 950 (162)	1 900 (158)
Hierro maleable	25×10^6 (1.7×10^5)	2 180 (181)	2 090 (174)	2 070 (172)	2 020 (168)	1 900 (158)	1 850 (154)
Hierro nodular	24×10^6 (1.7×10^5)	2 160 (179)	2 070 (172)	2 050 (170)	2 000 (166)	1 880 (156)	1 830 (152)
Hierro fundido	22×10^6 (1.5×10^5)	2 100 (174)	2 020 (168)	2 000 (166)	1 960 (163)	1 850 (154)	1 800 (149)
Bronce con aluminio	17.5×10^6 (1.2×10^5)	1 950 (162)	1 900 (158)	1 880 (156)	1 850 (154)	1 750 (145)	1 700 (141)
Bronce con estaño	16×10^6 (1.1×10^5)	1 900 (158)	1 850 (154)	1 830 (152)	1 800 (149)	1 700 (141)	1 650 (137)

Nota: razón de Poisson = 0.30; las unidades para C_p son (lb/pulg²)^{0.5} o (MPa)^{0.5}.

Fuente: Se tomó del estándar AGMA-2001-B88, *Factores fundamentales para calificación y métodos de cálculo para dientes evolventes de engranes de talla recta o cilíndricos y helicoidales*, con permiso del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, Va. 22314.

Tabla 12-4 Factores de distribución de carga para engranes cónicos, K_m

Tipo de engrane	Ambos engranes montados a horcajadas	Un engrane montado a horcajadas	Ninguno de los engranes se monta a horcajadas
Calidad comercial general	1.44	1.58	1.80
Engranes comerciales de alta calidad	1.20	1.32	1.50

Fuente: Se tomó de AGMA 6010-E88 *Estándar para impulsores encapsulados o cerrados cilíndricos, helicoidales, de espiguilla y cónicos*, con permiso del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, Va. 22314.

ANEXO F

Tabla 11-7 Números de tensión permisibles para materiales de acero endurecidos directamente con los que se fabrican engranes

Dureza en la superficie (HB)	Número de esfuerzo o tensión por flexión permisible				Número de tensión debida al contacto permisible			
	Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2	
	(Ksi)	(MPa)	(Ksi)	(MPa)	(Ksi)	(MPa)	(Ksi)	(MPa)
Up to 180	25	170	33	230	85	590	95	660
240	31	210	41	280	105	720	115	790
300	36	250	47	325	120	830	135	930
360	40	280	52	360	145	1000	160	1100
400	42	290	56	390	155	1100	170	1200

Fuente: Se tomó del estándar AGMA-2001-B88 Factores fundamentales para calificación y métodos de cálculo para dientes evolventes de engranes de talla recta o cilíndricos y helicoidales, con permiso del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, Va. 22314.

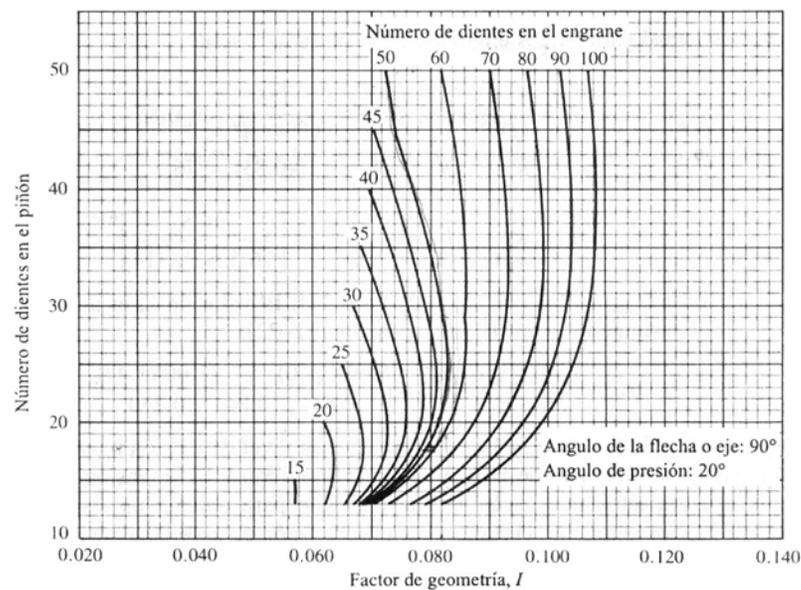
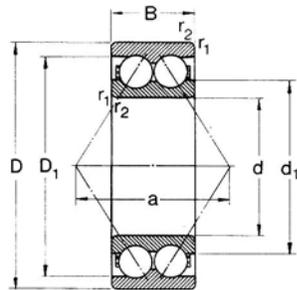


Figura 12-15 Factores de geometría para engranes cónicos o biselados rectos y ZEROL®. (Se tomó de AGMA 2003-A86, Especificación o calificación de la resistencia a la corrosión y de la resistencia a la flexión de dientes generados para engranes cónicos o biselados rectos, ZEROL®, cónicos y biselados en espiral, con permiso del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, Va. 22314).

ANEXO G

Rodamientos de dos hileras de bolas con contacto angular
d 10–60 mm



Diseño A
 hasta rodamientos
 3207 y 3305 incl.



Diseño A
 rodamientos
 grandes



Diseño E

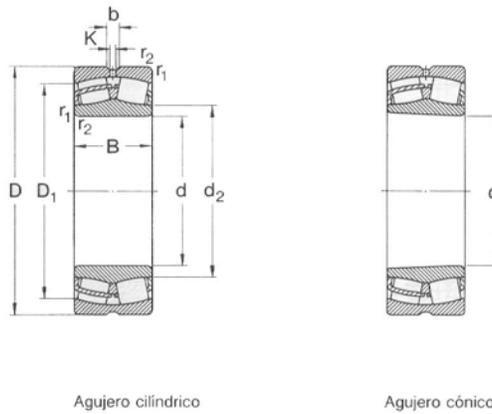


Diseño original
 (sin sulijo)

Dimensiones principales			Capacidad de carga		Carga límite de fatiga P_u	Velocidad nominal		Masa	Designación
d	D	B	C	C_0		Lubricación con grasa	aceite		
mm			N		N	r/min		kg	–
10	30	14	7 410	4 300	180	16 000	22 000	0,051	3200 A
12	32	15,9	10 100	5 600	240	15 000	20 000	0,058	3201 A
15	35	15,9	11 200	6 800	285	12 000	17 000	0,066	3202 A
	42	19	15 100	9 150	390	10 000	15 000	0,13	3302 A
17	40	17,5	14 000	8 650	365	10 000	15 000	0,096	3203 A
	47	22,2	21 200	12 500	530	9 500	14 000	0,18	3303 A
20	47	20,6	18 600	12 000	500	9 000	13 000	0,16	3204 A
	52	22,2	22 100	14 300	610	8 500	12 000	0,22	3304 A
25	52	20,6	20 300	14 000	600	8 000	11 000	0,18	3205 A
	62	25,4	31 200	20 800	880	7 500	10 000	0,35	3305 A
30	62	23,8	28 100	20 000	850	7 000	9 500	0,29	3206 A
	72	30,2	41 000	28 500	1 200	6 300	8 500	0,53	3306 A
	72	30,2	45 700	42 500	1 800	6 300	8 500	0,59	3306 E
35	72	27	37 100	27 500	1 160	6 000	8 000	0,44	3207 A
	80	34,9	48 800	34 000	1 460	5 600	7 500	0,73	3307 A
	80	34,9	53 900	51 000	2 160	5 600	7 500	0,79	3307 E
40	80	30,2	44 900	33 500	1 430	5 600	7 500	0,58	3208 A
	80	30,2	48 400	48 000	2 040	5 600	7 500	0,64	3208 E
	90	36,5	59 200	43 000	1 830	5 000	6 700	0,95	3308 A
	90	36,5	66 000	64 000	2 750	5 000	6 700	1,05	3308 E
45	85	30,2	47 500	38 000	1 600	5 000	6 700	0,63	3209 A
	85	30,2	50 100	53 000	2 240	5 000	6 700	0,69	3209 E
	100	39,7	72 100	73 500	3 100	4 500	6 000	1,40	3309
50	90	30,2	47 500	39 000	1 630	4 800	6 300	0,66	3210 A
	90	30,2	52 800	58 500	2 450	4 800	6 300	0,74	3210 E
	110	44,4	88 000	96 500	4 050	4 000	5 300	1,95	3310
55	100	33,3	57 200	67 000	2 850	4 300	5 600	1,05	3211
	120	49,2	95 200	108 000	4 550	3 800	5 000	2,55	3311
60	110	36,5	72 100	85 000	3 600	3 800	5 000	1,40	3212
	130	54	112 000	127 000	5 400	3 400	4 500	3,25	3312

ANEXO H

Rodamientos de rodillos a rótula d 20–55 mm



Agujero cilíndrico

Agujero cónico

Dimensiones principales			Capacidad de carga		Carga límite de fatiga P_u	Velocidad nominal		Masa	Designaciones	
d	D	B	C	C_0		Lubricación grasa	aceite		Rodamientos con agujero cilíndrico	agujero cónico
mm			N		N	r/min		kg	–	
20	52	15	30 500	30 500	3 400	8 000	10 000	0,16	21304 CC	–
25	52	18	35 700	35 700	3 900	8 500	11 000	0,18	22205 CC	22205 CCK
	52	18	43 100	44 000	4 750	8 500	11 000	0,18	22205 E	22205 EK
	62	17	41 400	41 500	4 550	6 700	8 500	0,25	21305 CC	–
30	62	20	48 900	52 000	5 400	7 500	9 500	0,28	22206 CC	22206 CCK
	62	20	61 000	64 000	6 950	7 500	9 500	0,28	22206 E	22206 EK
	72	19	55 200	61 000	6 800	6 000	7 500	0,38	21306 CC	–
35	72	23	67 300	73 500	8 000	6 300	8 000	0,43	22207 CC	22207 CCK
	72	23	79 900	85 000	9 300	6 300	8 000	0,43	22207 E	22207 EK
	80	21	65 600	72 000	8 150	5 300	6 700	0,51	21307 CC	–
40	80	23	73 600	81 500	9 150	6 000	7 500	0,52	22208 CC	22208 CCK
	80	23	89 700	98 000	10 600	6 000	7 500	0,52	22208 E	22208 EK
	90	23	82 800	98 000	11 000	4 500	5 600	0,71	21308 CC	21308 CCK
	90	33	115 000	122 000	13 200	4 500	5 600	1,00	22308 CC	22308 CCK
	90	33	127 000	137 000	14 600	4 500	5 600	1,00	22308 E	22308 EK
45	85	23	77 100	88 000	9 500	5 300	6 700	0,56	22209 CC	22209 CCK
	85	23	93 700	106 000	11 400	5 300	6 700	0,56	22209 E	22209 EK
	100	25	101 000	114 000	12 900	4 300	5 300	0,95	21309 CC	21309 CCK
	100	36	138 000	160 000	17 000	3 800	4 800	1,35	22309 CC	22309 CCK
	100	36	164 000	183 000	19 300	3 800	4 800	1,35	22309 E	22309 EK
50	90	23	84 500	100 000	11 000	5 000	6 300	0,60	22210 CC	22210 CCK
	90	23	97 800	118 000	12 900	5 000	6 300	0,60	22210 E	22210 EK
	110	27	120 000	140 000	16 000	3 600	4 800	1,20	21310 CC	21310 CCK
	110	40	176 000	200 000	21 600	3 400	4 300	1,85	22310 CC	22310 CCK
	110	40	199 000	224 000	24 000	3 400	4 300	1,85	22310 E	22310 EK
55	100	25	99 500	118 000	12 900	4 500	5 600	0,82	22211 CC	22211 CCK
	100	25	115 000	137 000	15 000	4 500	5 600	0,82	22211 E	22211 EK
	120	29	138 000	163 000	18 600	3 400	4 300	1,60	21311 CC	21311 CCK
	120	43	199 000	232 000	25 000	3 200	4 000	2,35	22311 CC	22311 CCK
	120	43	235 000	280 000	30 000	3 200	4 000	2,35	22311 E	22311 EK

Comprobar disponibilidad de rodamientos de diseño E(K) antes de hacer el pedido

ANEXO I

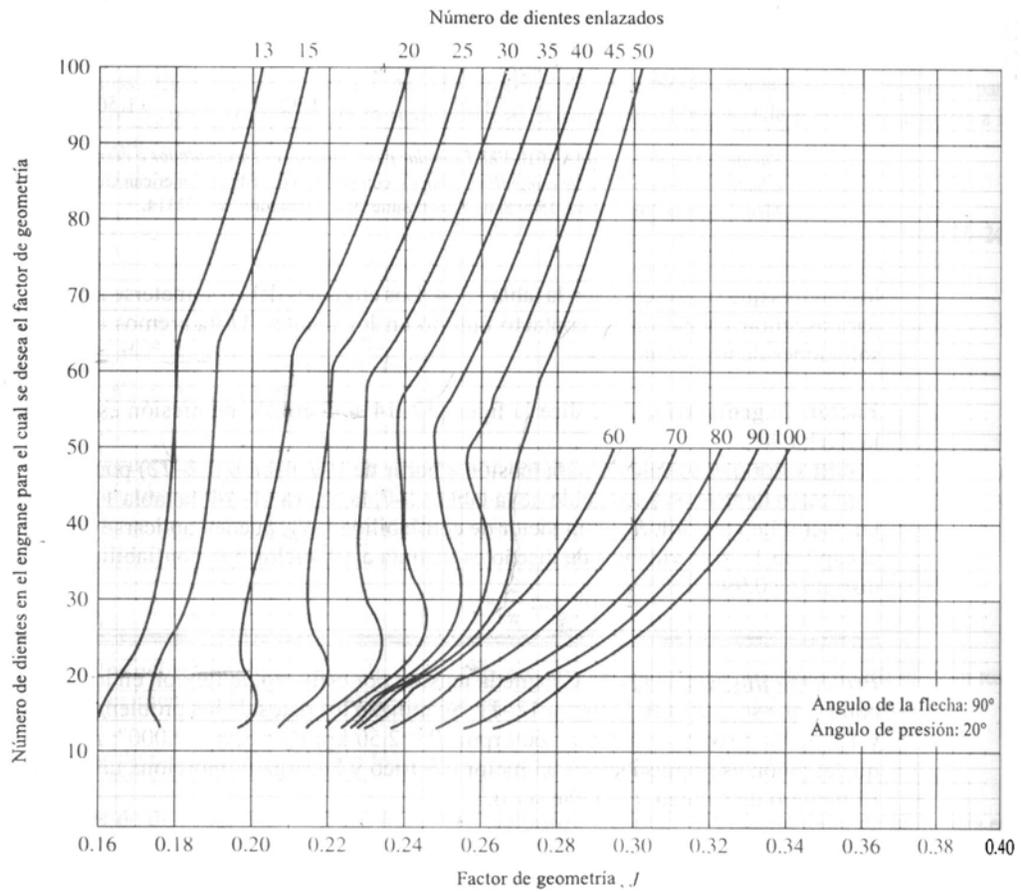


Figura 12-14 Factor de geometría, J , para engranes cónicos rectos con ángulo de presión de 20° y radio de borde de herramienta de $0.120/P_d$. (Se tomó de AGMA 6010-E88, *Estándar para engranes encapsulados cilíndricos, helicoidales, de espiguilla y cónicos*, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, Va. 22314).

ANEXO J

Tipo de rodamiento	Diseño				Características														
	apilino cónico	protección u obstrucción	autoalineable	no desmontable	desmontable	carga radial pura	carga axial pura	carga combinada	momentos	alta velocidad	alta exactitud de giro	alta rigidez	funcionamiento silencioso	bajo rozamiento	compensación de desalineación en funcionamiento	compensación de errores de alineación (precisi.)	tipos de rodamientos	desplazamientos de rodamientos	desplazamiento axial posible en el rodamiento
<p>Este cuadro solamente puede facilitar una orientación aproximada, por lo que en cada caso particular es necesario hacer una selección más cualificada siguiendo la información dada en las páginas anteriores o la información más detallada de los textos que preceden a cada sección de tablas. Si varios rodamientos se muestran en una misma celda, la información que corresponde a cada tipo está indicada por la misma letra usada para identificar cada diseño particular.</p> <p> Símbolos: +++ excelente ++ bueno + aceptable - mediocre -- inadecuado - - - - - no aplicable * disponible desde fábrica </p>																			
Tipos de rodamientos																			
Rodamientos rígidos de bolas						+	+	+	-	+++	+	+	+++	+	-	+	+	+	-
Rodamientos de bolas a rótula						+	-	+	-	+++	-	+	+++	+	-	+	+	+	-
Rodamientos de bolas con contacto angular (espaldas con espaldas)						+	+	+	+	+++	+	+	+++	+	-	+	+	+	-
Rodamientos de bolas de cuatro puntos de contacto						+	+	+	+	+++	+	+	+++	+	-	+	+	+	-
Rodamientos de rodillos cilíndricos						+	+	+	+	+++	+	+	+++	+	-	+	+	+	-
Rodamientos conplementos libres de rodillos cilíndricos						+	+	+	+	+++	+	+	+++	+	-	+	+	+	-
Rodamientos de agujas						+	+	+	+	+++	+	+	+++	+	-	+	+	+	-
Rodamientos de rodillos a rotar						+	+	+	+	+++	+	+	+++	+	-	+	+	+	-
Rodamientos de rodillos cóncavos (frente a frente)						+	+	+	+	+++	+	+	+++	+	-	+	+	+	-
Rodamientos axiales de bolas						+	+	+	+	+++	+	+	+++	+	-	+	+	+	-
Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos						+	+	+	+	+++	+	+	+++	+	-	+	+	+	-
Rodamientos axiales de agujas						+	+	+	+	+++	+	+	+++	+	-	+	+	+	-
Rodamientos axiales de rodillos a rótula						+	+	+	+	+++	+	+	+++	+	-	+	+	+	-

ANEXO K

Tabla 10-1 Tamaño de cuña contra tamaño de flecha

Diámetro nominal de la flecha		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (incluso)	Espesor, W	Altura, H	
			Cuadrada	Rectangular
$\frac{5}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{32}$	
$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{32}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$
$1\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$
$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$
$2\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{16}$
$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$
$3\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{5}{8}$
$3\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{3}{4}$
$4\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{7}{8}$
$5\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1
$6\frac{1}{2}$	$7\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$
$7\frac{1}{2}$	9	2	2	$1\frac{1}{2}$
9	11	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$
11	13	3	3	2
13	15	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$
15	18	4		3
18	22	5		$3\frac{1}{2}$
22	26	6		4
26	30	7		5

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

ANEXO L

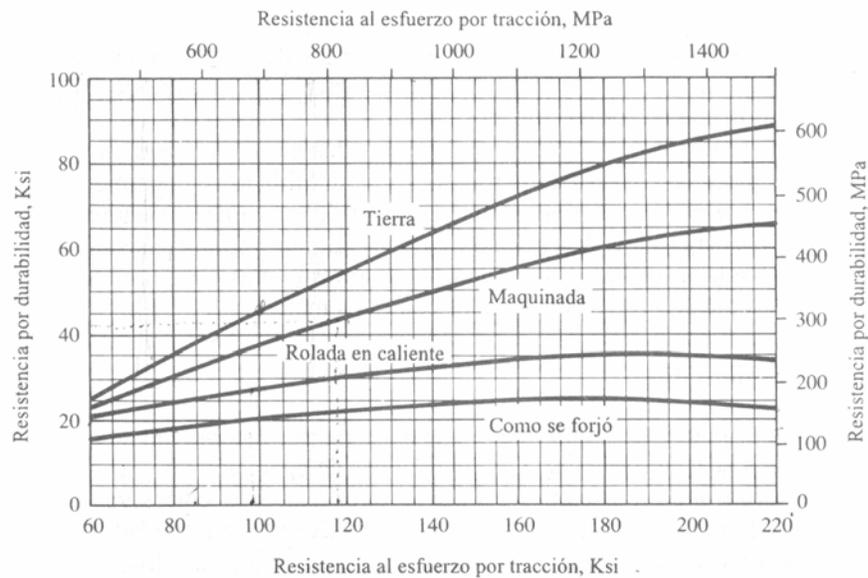


Figura 5-9 Tensión por durabilidad contra resistencia al esfuerzo por tracción para acero forjado para varias condiciones superficiales

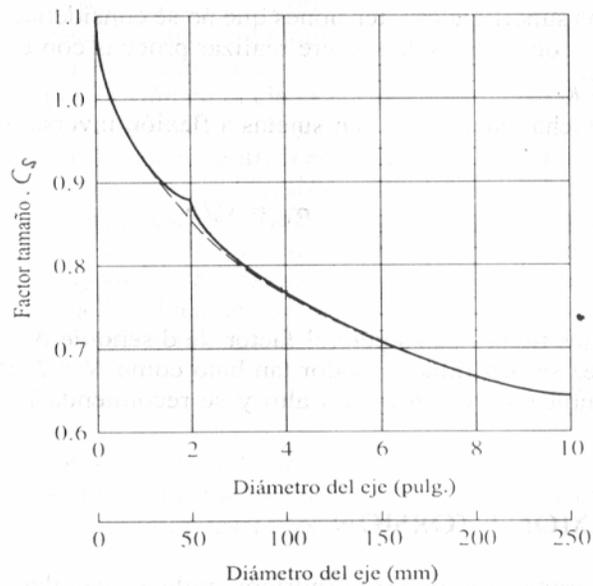


Figura 9-8 Factor de tamaño para diseño de ejes

ANEXO M

Confiabilidad que se desea	Factor de confiabilidad, C_R
0.50	1.00
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

Tabla 13-7 Factores de servicio para impulsores de cadena

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión integral con impulsor mecánico
Ligera (agitadores, ventiladores, transportadores que se someten a la acción uniforme de cargas ligeras)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (herramientas mecánicas, grúas, transportadores pesados, mezcladoras y molidoras de alimentos)	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de punzón, molinos de martillo, transportadores recíprocos, impulsor de molino giratorio)	1.4	1.5	1.7

ANEXO N

Tabla 13-4 Especificaciones de potencia, cadena estándar de tramo único con rodamientos, número 40, paso de 1/2"

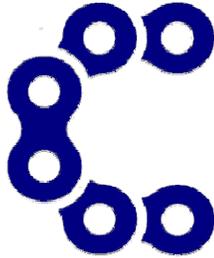
No. de dientes en la rueda dentada pequeña	Revoluciones por minuto—rueda dentada pequeña																								
	10	25	50	100	200	300	400	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2100	2400	2700	3000	3500	4000	5000	6000	7000	8000
9	0.04	0.10	0.19	0.35	0.65	0.93	1.21	1.48	2.00	2.51	2.75	3.25	3.73	4.12	3.45	2.74	2.24	1.88	1.60	1.27	1.04	0.75	0.57	0.45	0.37
10	0.05	0.11	0.21	0.39	0.73	1.04	1.35	1.65	2.24	2.81	3.09	3.64	4.18	4.71	4.04	3.21	2.63	2.20	1.88	1.49	1.22	0.87	0.66	0.53	0.43
11	0.05	0.12	0.23	0.43	0.80	1.16	1.50	1.83	2.48	3.11	3.42	4.03	4.63	5.22	4.66	3.70	3.03	2.54	2.17	1.72	1.41	1.01	0.77	0.61	0.50
12	0.06	0.14	0.25	0.47	0.88	1.27	1.65	2.01	2.73	3.42	3.76	4.43	5.09	5.74	5.31	4.22	3.45	2.89	2.47	1.96	1.60	1.15	0.87	0.69	0.57
13	0.06	0.15	0.28	0.52	0.96	1.39	1.80	2.20	2.97	3.73	4.10	4.83	5.55	6.26	5.99	4.76	3.89	3.26	2.79	2.21	1.81	1.29	0.98	0.78	0.64
14	0.07	0.16	0.30	0.56	1.04	1.50	1.95	2.38	3.22	4.04	4.44	5.23	6.01	6.78	6.70	5.31	4.35	3.65	3.11	2.47	2.02	1.45	1.10	0.87	0.71
15	0.07	0.17	0.32	0.60	1.12	1.62	2.10	2.56	3.47	4.35	4.78	5.64	6.47	7.30	7.43	5.89	4.82	4.04	3.45	2.74	2.24	1.60	1.22	0.97	0.79
16	0.08	0.19	0.35	0.65	1.20	1.74	2.25	2.75	3.72	4.66	5.13	6.04	6.94	7.83	8.18	6.49	5.31	4.45	3.80	3.02	2.47	1.77	1.34	1.07	0.87
17	0.08	0.20	0.37	0.69	1.29	1.85	2.40	2.93	3.97	4.98	5.48	6.45	7.41	8.36	8.96	7.11	5.82	4.88	4.17	3.31	2.71	1.94	1.47	1.17	0.96
18	0.09	0.21	0.39	0.73	1.37	1.97	2.55	3.12	4.22	5.30	5.82	6.86	7.88	8.89	9.76	7.75	6.34	5.31	4.54	3.60	2.95	2.11	1.60	1.27	0
19	0.09	0.22	0.42	0.78	1.45	2.09	2.71	3.31	4.48	5.62	6.17	7.27	8.36	9.42	10.5	8.40	6.88	5.76	4.92	3.91	3.20	2.29	1.74	1.38	0
20	0.10	0.24	0.44	0.82	1.53	2.21	2.86	3.50	4.73	5.94	6.53	7.69	8.83	9.96	11.1	9.07	7.43	6.22	5.31	4.22	3.45	2.47	1.88	1.49	0
21	0.11	0.25	0.46	0.87	1.62	2.33	3.02	3.69	4.99	6.26	6.88	8.11	9.31	10.5	11.7	9.76	7.99	6.70	5.72	4.54	3.71	2.66	2.02	1.60	0
22	0.11	0.26	0.49	0.91	1.70	2.45	3.17	3.88	5.25	6.58	7.23	8.52	9.79	11.0	12.3	10.5	8.57	7.18	6.13	4.87	3.98	2.85	2.17	1.72	0
23	0.12	0.27	0.51	0.96	1.78	2.57	3.33	4.07	5.51	6.90	7.59	8.94	10.3	11.6	12.9	11.2	9.16	7.68	6.55	5.20	4.26	3.05	2.32	1.84	0
24	0.13	0.29	0.54	1.00	1.87	2.69	3.48	4.26	5.76	7.23	7.95	9.36	10.8	12.1	13.5	11.9	9.76	8.18	6.99	5.54	4.54	3.25	2.47	1.96	0
25	0.13	0.30	0.56	1.05	1.95	2.81	3.64	4.45	6.02	7.55	8.30	9.78	11.2	12.7	14.1	12.7	10.4	8.70	7.43	5.89	4.82	3.45	2.63	0	
26	0.14	0.31	0.58	1.09	2.04	2.93	3.80	4.64	6.28	7.88	8.66	10.2	11.7	13.2	14.7	13.5	11.0	9.23	7.88	6.25	5.12	3.66	2.79	0	
28	0.15	0.34	0.63	1.18	2.20	3.18	4.11	5.03	6.81	8.54	9.39	11.1	12.7	14.3	15.9	15.0	12.3	10.3	8.80	6.99	5.72	4.09	3.11	0	
30	0.16	0.37	0.68	1.27	2.38	3.42	4.43	5.42	7.33	9.20	10.1	11.9	13.7	15.4	17.2	16.7	13.6	11.4	9.76	7.75	6.34	4.54	3.45	0	
32	0.17	0.39	0.73	1.36	2.55	3.67	4.75	5.81	7.86	9.86	10.8	12.8	14.7	16.5	18.4	18.4	15.0	12.6	10.8	8.64	6.99	5.00	0		
35	0.19	0.43	0.81	1.50	2.81	4.04	5.24	6.40	8.66	10.9	11.9	14.1	16.2	18.2	20.3	21.0	17.2	14.4	12.3	9.76	7.99	5.72	0		
40	0.22	0.50	0.93	1.74	3.24	4.67	6.05	7.39	10.0	12.5	13.8	16.3	18.7	21.1	23.4	25.7	21.0	17.6	15.0	11.9	9.76	6.99	0		
45	0.25	0.57	1.06	1.97	3.68	5.30	6.87	8.40	11.4	14.2	15.7	18.5	21.2	23.9	26.6	30.5	25.1	21.0	17.9	14.2	11.7	0			

Fuente: se reimprime de *Chains for Power Transmission and Material Handling*, p. 147, por cortesía de Marcel Dekker, Inc.

TIPO I: Lubricación manual o por goteo
 TIPO II: Lubricación por disco o baño
 TIPO III: lubricación por flujo de aceite

El límite de rpm para cada tipo de lubricación se lee a partir de la columna hacia la izquierda de la línea límite que se ilustra.

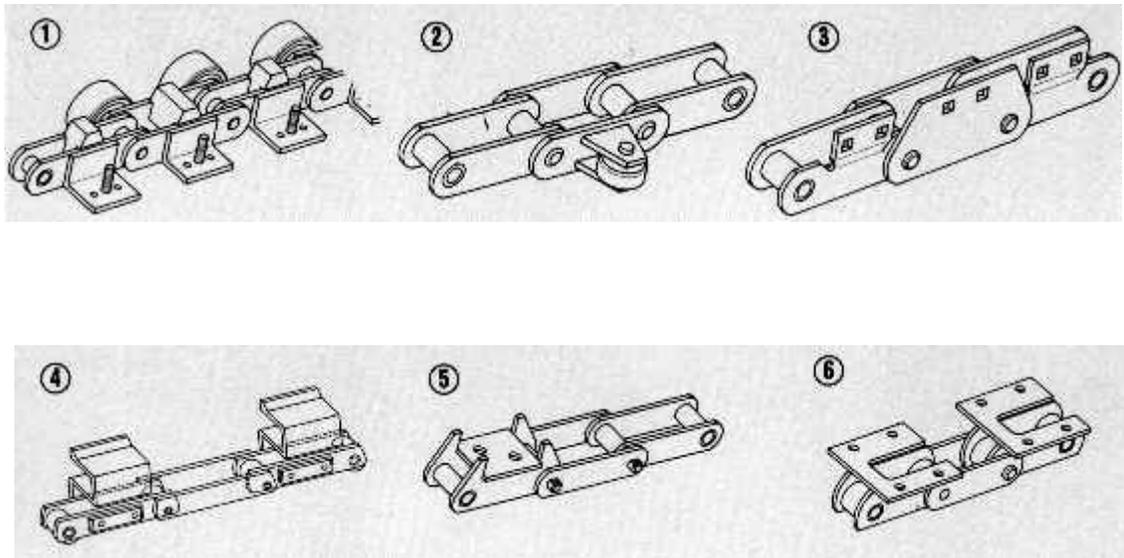
ANEXO Ñ

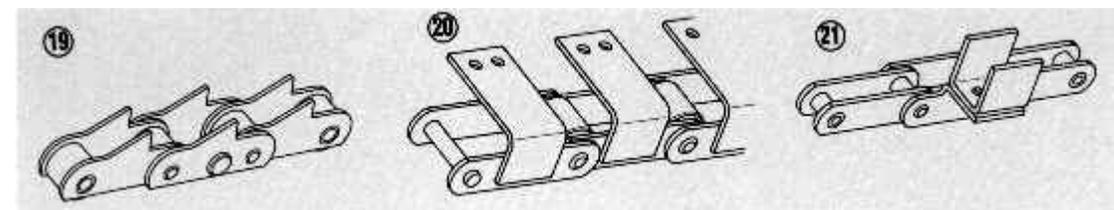
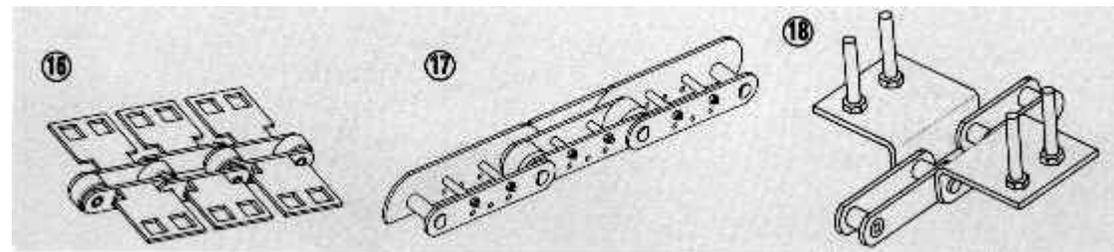
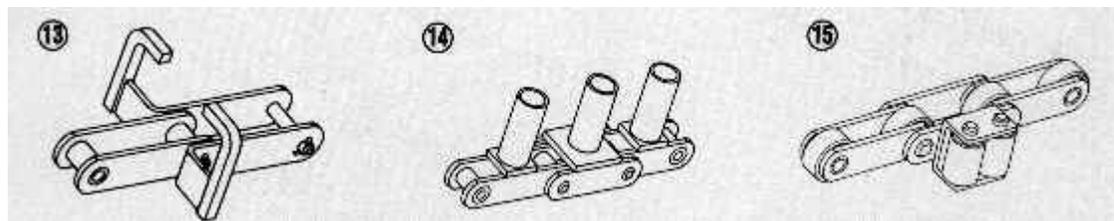
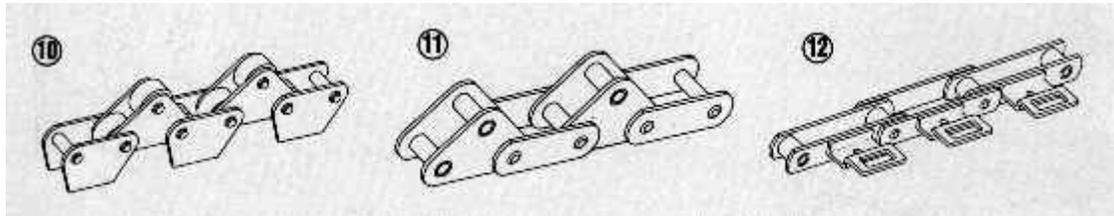
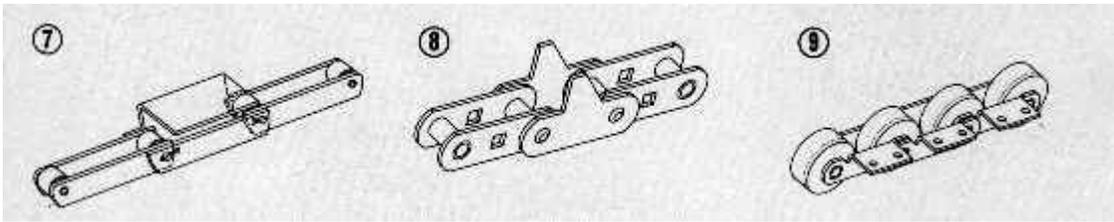


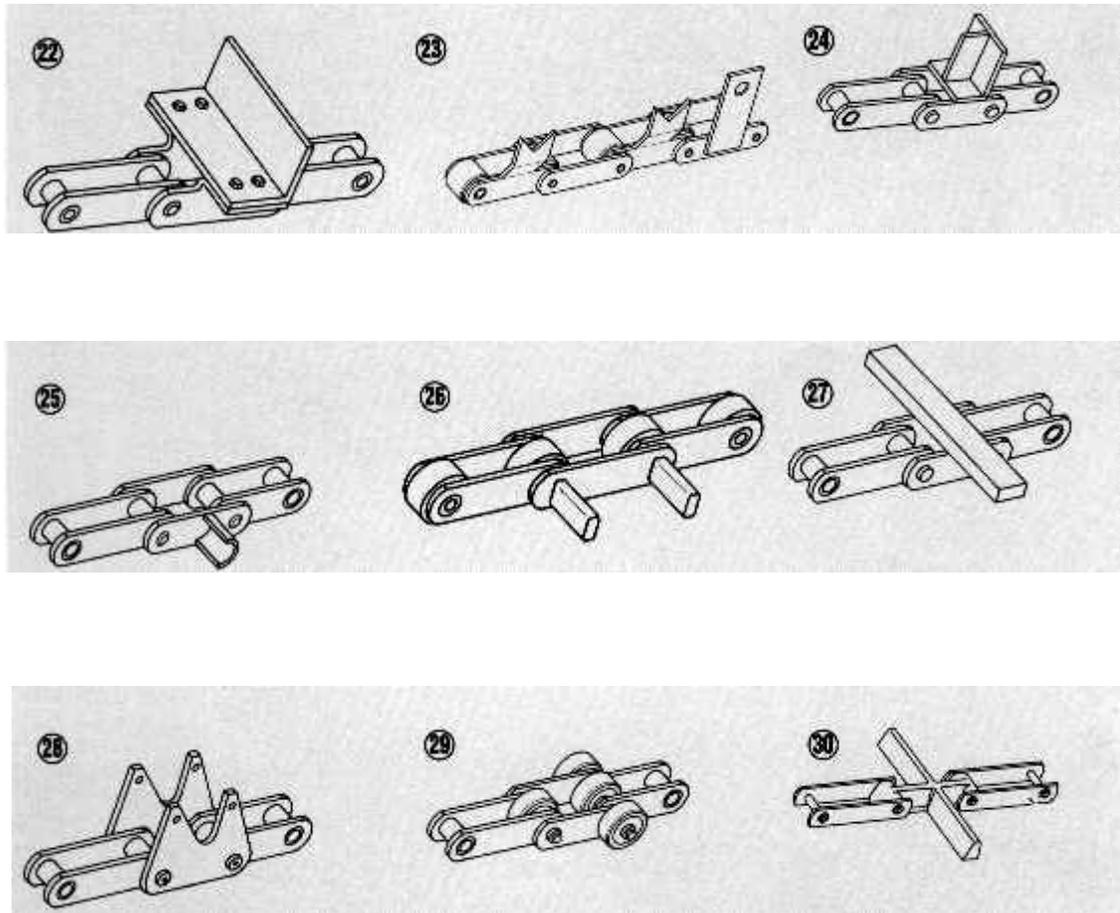
cadersa

CADENAS Y DERIVADOS, S.A.

Cadenas Transportadoras Especiales:







ANEXO O

Tabla AWG

AWG = American Wire Gauge standard

Gauge	Diam	Area	R	I at 3A/mm ²
AWG	mm	mm ²	Ohm/km	mA
46	0,04	0,0013	13700	3,8
44	0,05	0,0020	8750	6
42	0,06	0,0028	6070	9
41	0,07	0,0039	4460	12
40	0,08	0,0050	3420	15
39	0,09	0,0064	2700	19
38	0,10	0,0078	2190	24
37	0,11	0,0095	1810	28
	0,12	0,011	1520	33
36	0,13	0,013	1300	40
35	0,14	0,015	1120	45
	0,15	0,018	970	54
34	0,16	0,020	844	60
	0,17	0,023	757	68
33	0,18	0,026	676	75
	0,19	0,028	605	85
32	0,20	0,031	547	93
30	0,25	0,049	351	147
29	0,30	0,071	243	212
27	0,35	0,096	178	288
26	0,40	0,13	137	378
25	0,45	0,16	108	477
24	0,50	0,20	87,5	588
	0,55	0,24	72,3	715
	0,60	0,28	60,7	850
22	0,65	0,33	51,7	1,0 A
	0,70	0,39	44,6	1,16 A
	0,75	0,44	38,9	1,32 A
20	0,80	0,50	34,1	1,51 A
	0,85	0,57	30,2	1,70 A

19	0,90	0,64	26,9	1,91 A
	0,95	0,71	24,3	2,12 A
18	1,00	0,78	21,9	2,36 A
	1,10	0,95	18,1	2,85 A
	1,20	1,1	15,2	3,38 A
16	1,30	1,3	13,0	3,97 A
	1,40	1,5	11,2	4,60 A
	1,50	1,8	9,70	5,30 A
14	1,60	2,0	8,54	6,0 A
	1,70	2,3	7,57	6,7 A
13	1,80	2,6	6,76	7,6 A
	1,90	2,8	6,05	8,5 A
12	2,00	3,1	5,47	9,4 A
12	2,053			
11	2,305			
10	2,588			
9	2,906			
8	3,264			
7	3,665			
6	4,115			
5	4,621			
4	5,189			
3	5,827			
2	6,544			
1	7,348			
0	8,26			
00	9,27			
000	10,4			
0000	11,7			

Source: [A.W.G. wire table](#)

Copyright © *The Hardware Book Team* 1996-2004.

May be copied and redistributed, partially or in whole, as appropriate.

Gearbox Type:

GWS

Speed Range: 0.4 – 50 r.p.m.

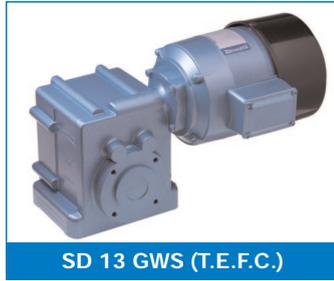
Worm and Multi-Spur Reduction Units

1 or 3 Phase Induction Motors – Constant Speed

Enclosures: Standard – Ventilated Internal Fan Cooled (IP 20)
Alternative – Totally Enclosed (IP 50) with Terminal Box or T.E.F.C. (IP 54)



SD 29 GWS



SD 13 GWS (T.E.F.C.)



SD 48 GWS (T.E.F.C.)
with hollow shaft

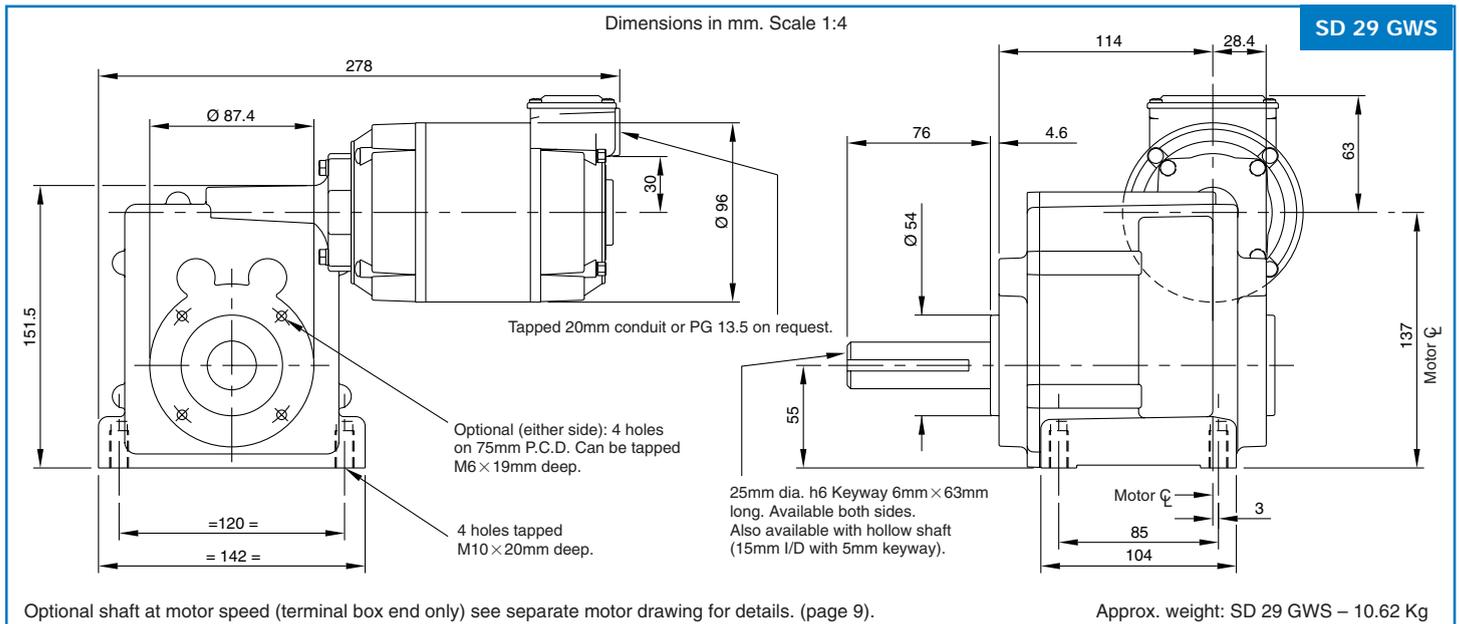
GWS gearbox with hollow shaft available on request (15mm I/D with 5 mm keyway).

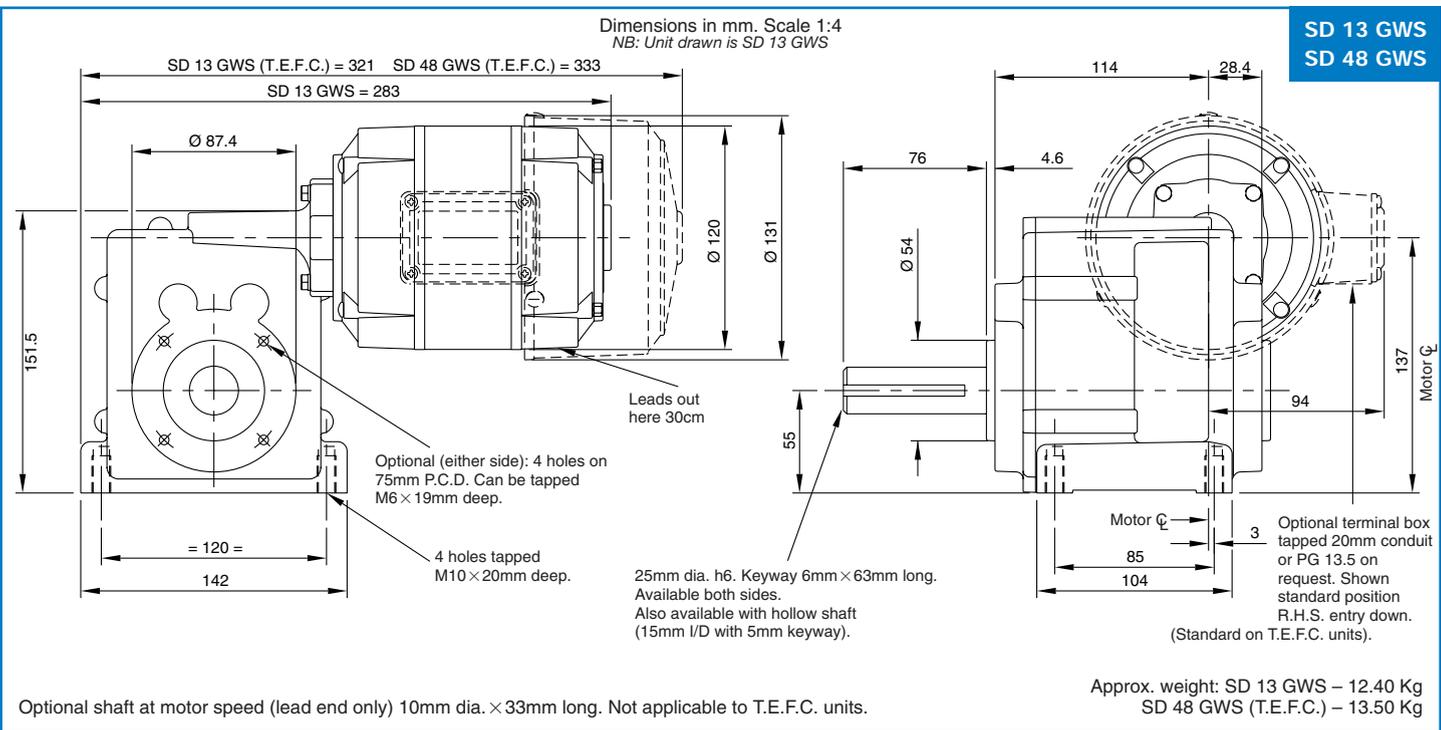
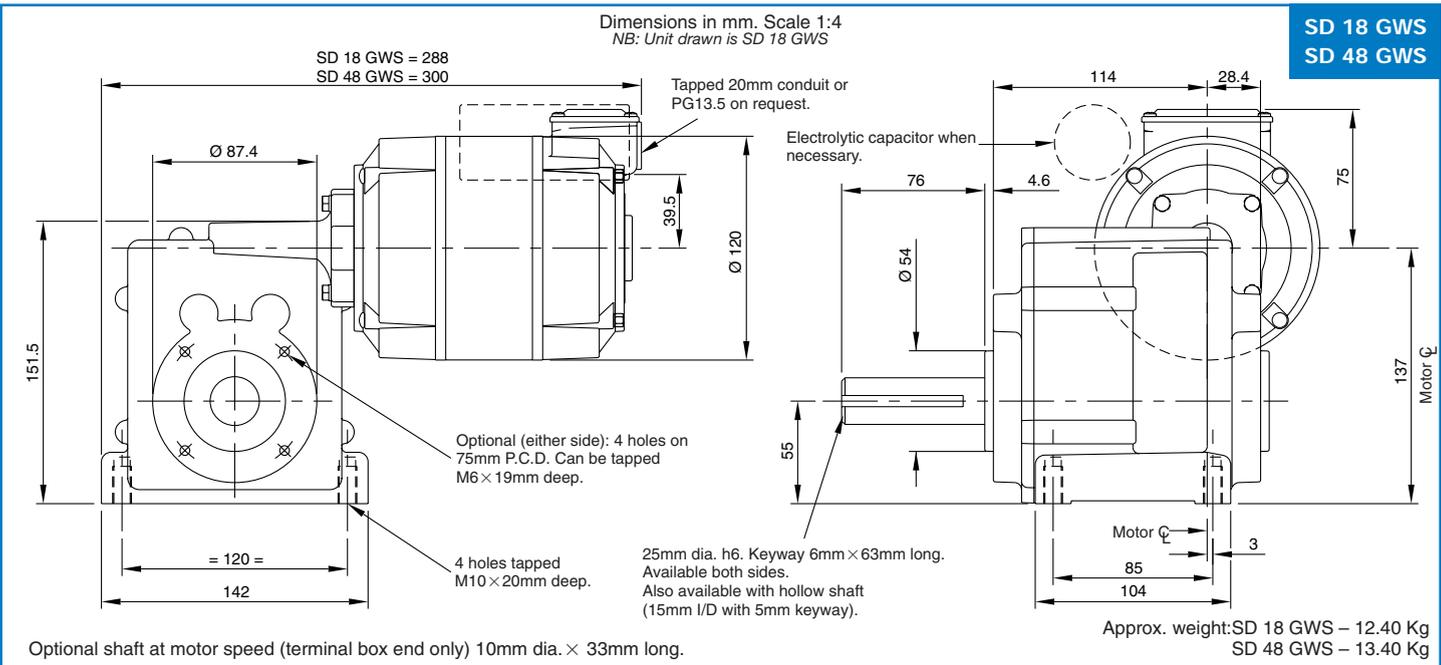
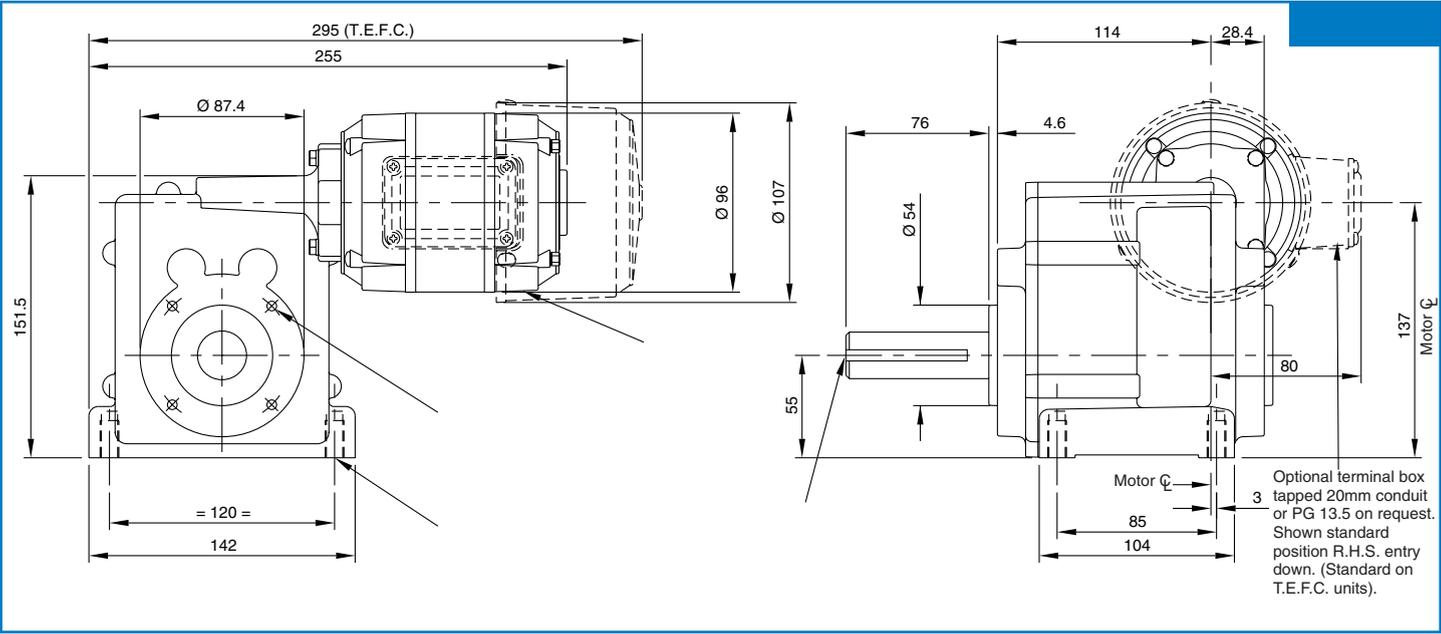
Voltage, Construction, Connections, Motor Performance Specifications and Optional Extras see pages 6, 8 and 10 for full details.

(1 Nm = 8.85 lbs. ins.) (1 Nm = 10.2 cmkp)

Gearbox Specification Motor Speed 1800 r.p.m.			SD 28 GWS – SD 29 GWS 1 or 3 Phase Motor Rating 55 watts		SD 13 GWS – SD 18 GWS 1 Phase Motor Rating 100 w		SD 48 – GWS 3 Phase Motor Rating 125 w		SD 48 – GWS 1 Phase Cap Start Induction Run Motor Rating 150 w TEFC		SD 48 – GWS 3 Phase Motor Rating 190 w	
FINAL R.P.M.	RATIO		OUTPUT TORQUE (Nm)									
	WORM	SPUR	SD 28 GWS – SD 29 GWS		SD 13 GWS – SD 18 GWS		SD 48 – GWS		SD 48 – GWS		SD 48 – GWS	
0.4	30:1	110:1	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
0.8	16 1/2:1	110:1	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
1.4	9 1/3:1	110:1	180	180	250	250	250	250	250	250	250	250
1.8	7 1/3:1	110:1	152	152	250	250	250	250	250	250	250	250
2.5	5 1/6:1	110:1	110	110	199	199	249	249	250	250	250	250
3.4	7 1/4:1	57:1	78	78	141	141	177	177	212	212	212	250
4.5	6 1/6:1	57:1	68	68	124	124	154	154	185	185	185	234
5.4	10 1/3:1	25:1	45	45	82	82	102	102	123	123	123	156
7	8 1/3:1	25:1	39	39	71	71	89	89	106	106	106	135
9	6 1/6:1	25:1	31	31	56	56	71	71	84	84	84	107
10	12 1/3:1	11:1	24	24	44	44	54	54	64	64	64	82
15	8 1/3:1	11:1	18	18	33	33	41	41	49	49	49	62
21	6 1/6:1	11:1	14	14	26	26	32	32	38	38	38	48
25	5 1/8:1	11:1	12	12	22	22	28	28	33	33	33	42

Gearbox Specification Motor Speed 3600 r.p.m.			SD 28 GWS – SD 29 GWS 1 Phase Motor Rating 100w		SD 13 GWS – SD 18 GWS 3 Phase Motor Rating 120w		SD 48 – GWS 1 Phase Motor Rating 150 w		SD 48 – GWS 3 Phase Motor Rating 190 w		SD 48 – GWS 1 Phase Cap Start Induction Run Motor Rating 190 w		SD 48 – GWS 3 Phase Motor Rating 250 w	
FINAL R.P.M.	RATIO		OUTPUT TORQUE (Nm)											
	WORM	SPUR	SD 28 GWS – SD 29 GWS		SD 13 GWS – SD 18 GWS		SD 48 – GWS		SD 48 – GWS		SD 48 – GWS		SD 48 – GWS	
0.85	30:1	110:1	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
1.54	16 1/2:1	110:1	248	248	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
2.7	9 1/3:1	110:1	164	164	197	197	240	240	250	250	250	250	250	250
3.5	7 1/3:1	110:1	143	143	171	171	214	214	250	250	250	250	250	250
5	5 1/6:1	110:1	100	100	120	120	150	150	190	190	190	190	250	250
7	7 1/4:1	57:1	71	71	85	85	106	106	134	134	134	134	177	177
8	6 1/6:1	57:1	62	62	75	75	93	93	118	118	118	118	155	155
11	10 1/3:1	25:1	41	41	49	49	62	62	78	78	78	78	102	102
13.5	8 1/3:1	25:1	36	36	43	43	54	54	68	68	68	68	90	90
18	6 1/6:1	25:1	28	28	34	34	42	42	54	54	54	54	70	70
20.5	12 1/3:1	11:1	22	22	25	25	33	33	41	41	41	41	55	55
30.5	8 1/3:1	11:1	16	16	20	20	25	25	31	31	31	31	40	40
41	6 1/6:1	11:1	13	13	16	16	19	19	24	24	24	24	32	32
50	5 1/8:1	11:1	11	11	13.5	13.5	16.5	16.5	21	21	21	21	28	28

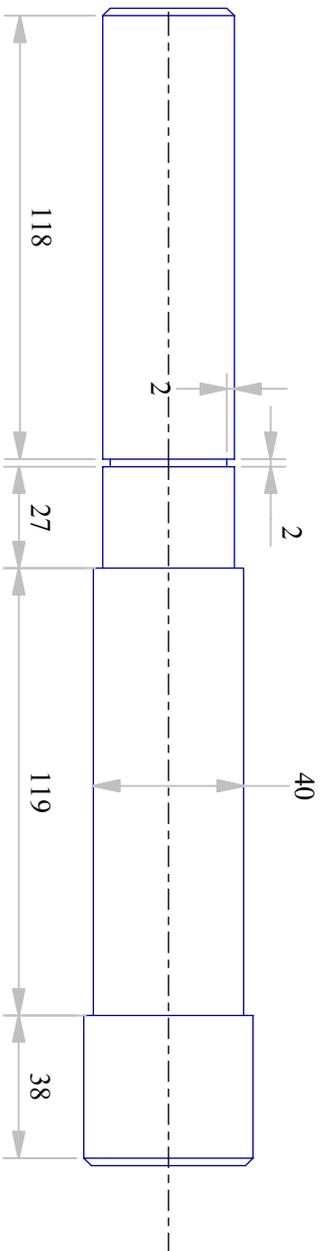




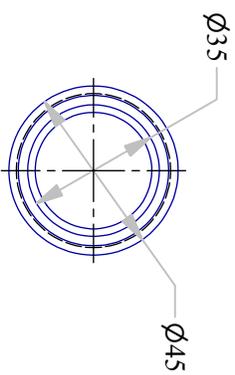
ANEXO Q

Valores típicos del coeficiente de transferencia de calor por convección

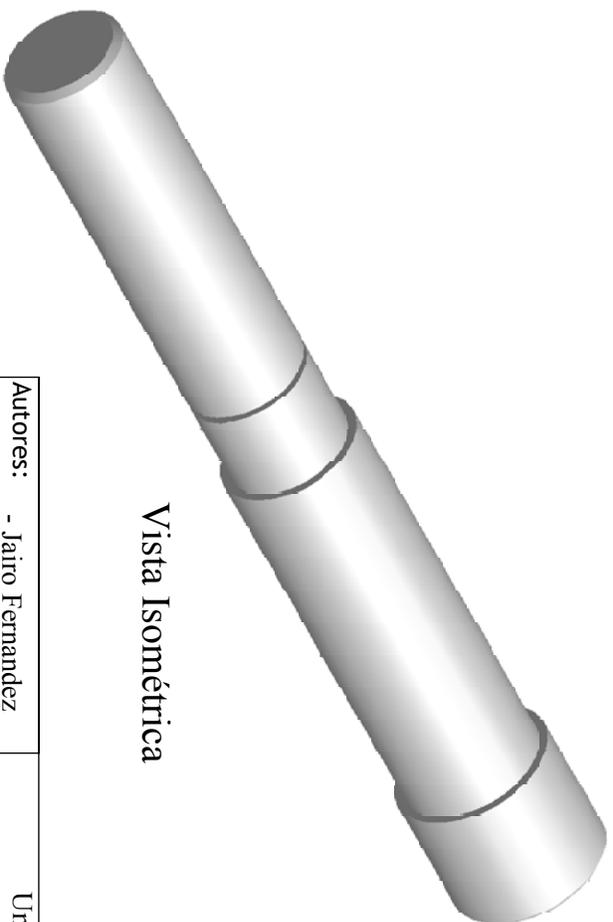
Proceso	h (W/ m ² ° K)
Convección libre	
Gases	2 – 25
Líquidos	50 – 1.000
Convección forzada	
Gases	25 – 250
Líquidos	50 – 20.000
Convección con cambio de fase	
Ebullición o condensación	2.500 – 100.000



Vista Principal

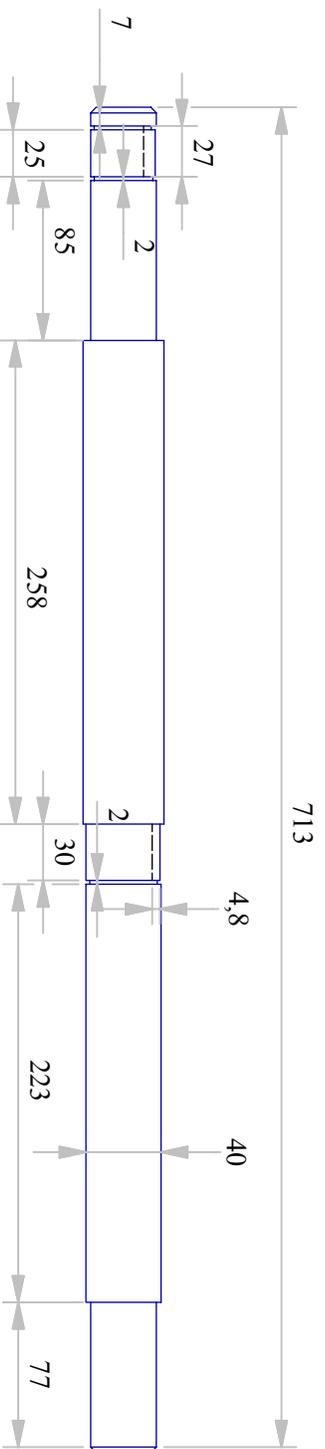


Vista Lateral

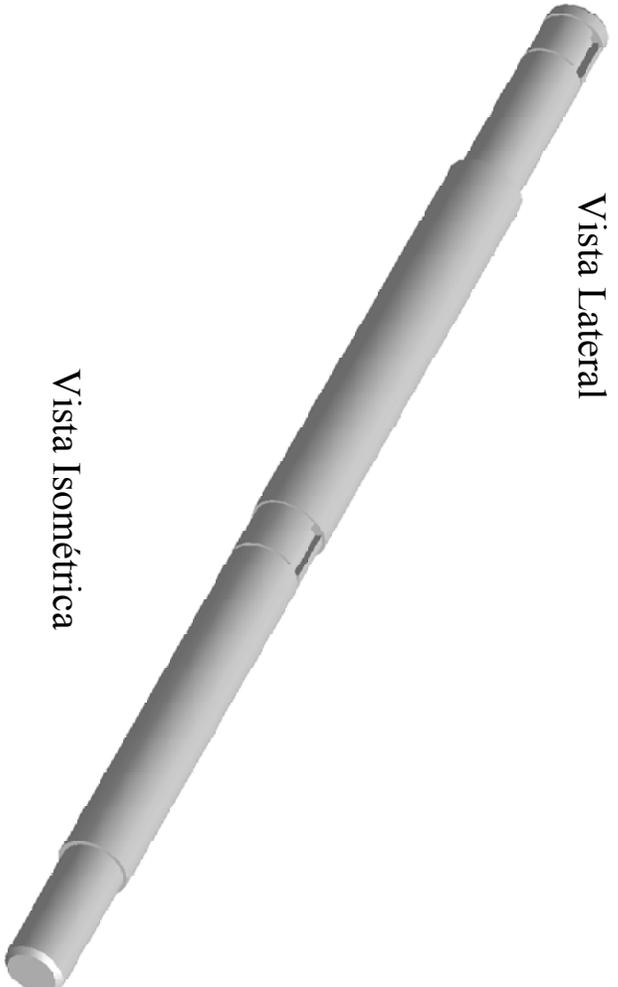


Vista Isométrica

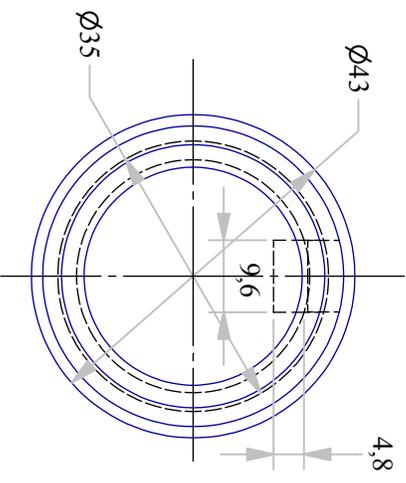
Autores: - Jairo Fernandez - Fabian Quintero		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Fausto Carpentiero		"Diseño de un Horno Automatizado Tostador de Casabe".	
Revisado Por: Miguel Mota		Descripción: Eje Corto	
Fecha: 05/2004	Unidades: mm	Material: Acero AISI 1045	Escala: 1:2
			Plano #: 1



Vista Lateral



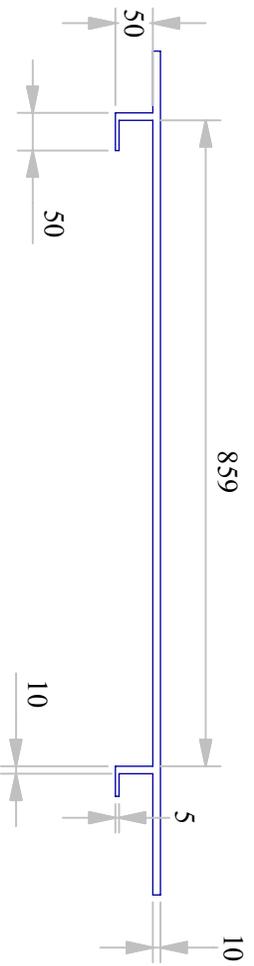
Vista Isométrica



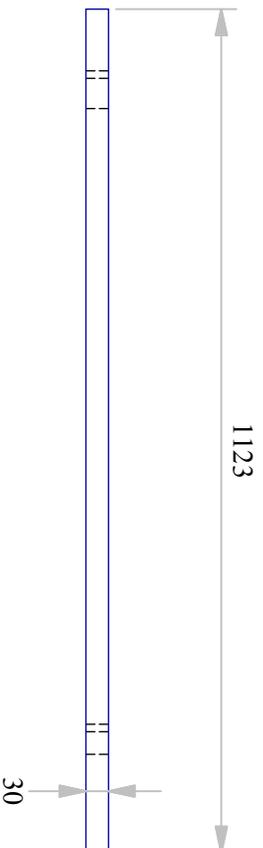
Vista Principal

Esc. 1:1

Autores: - Jairo Fernandez - Fabián Quintero		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Fausto Carpentiero		"Diseño de un Horno Automatizado Tostador de Casabe".	
Revisado Por: Miguel Mota		Descripción: Eje Transmisor de Potencia	
Fecha: 05/2004	Unidades: mm	Material: Acero AISI 1045	Escala: 1:4
			Plano #: 2



Vista Principal

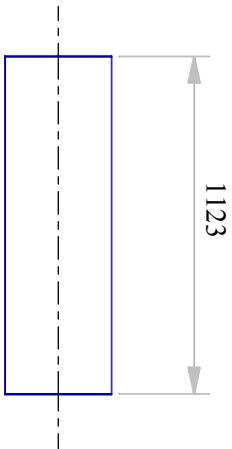


Vista Superior

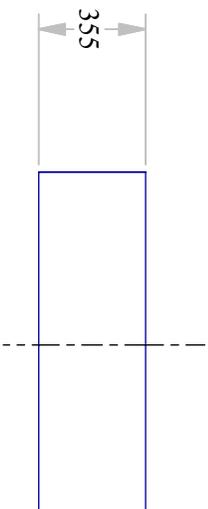


Vista Isométrica

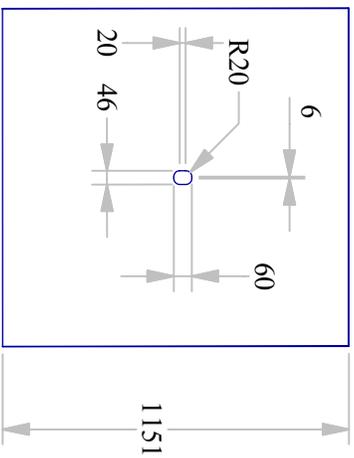
Autores: - Jairo Fernandez - Fabian Quintero		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Fausto Carpentiero		"Diseño de un Horno Automatizado Tostador de Casabe".	
Revisado Por: Miguel Mota		Descripción: Sujetador de Resistencia Superior	
Fecha: 05/2004	Unidades: mm	Material: Acero AISI 1045	Escala: 1:10 Plano #: 3



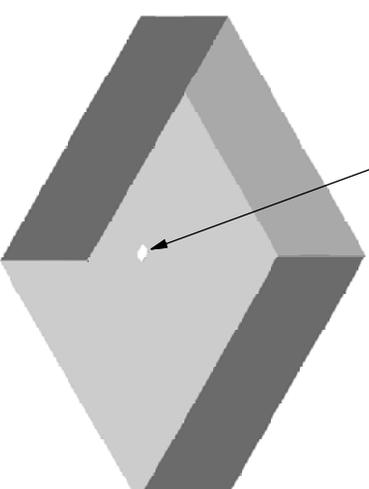
Vista Principal



Vista Lateral



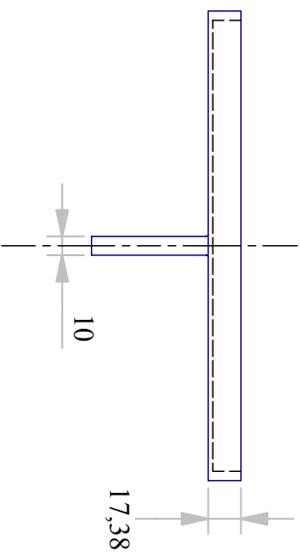
Vista Superior



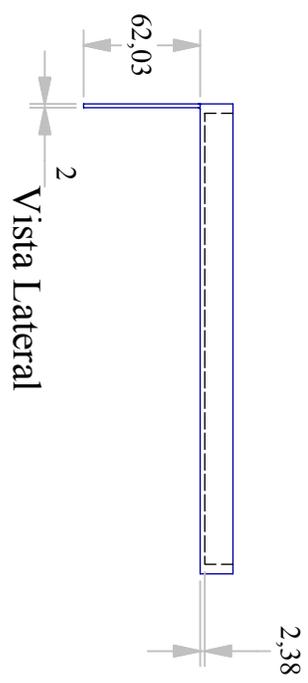
Vista Isométrica

Agujero Posicionador

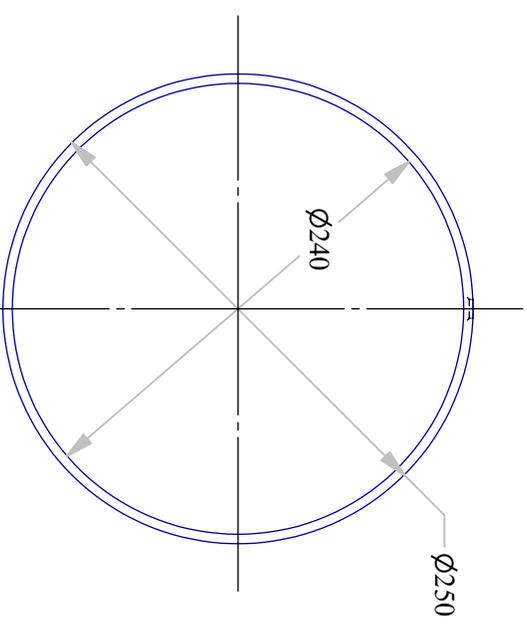
Autores: - Jairo Fernandez - Fabian Quintero		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Fausto Carpentiero		"Diseño de un Horno Automatizado Tostador de Casabe".	
Revisado Por: Miguel Mota		Descripción: Cajón	
Fecha: 05/2004	Unidades: mm	Espesor de 1,2 mm Acero AISI 1045	
		Escala: 1:25	
		Plano #: 4	



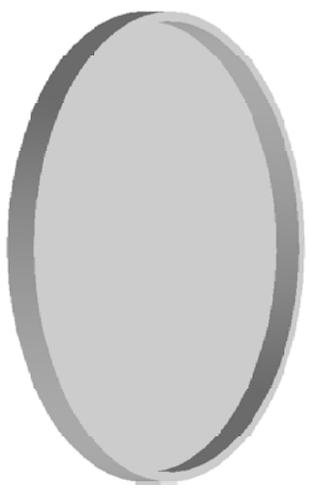
Vista Principal



Vista Lateral

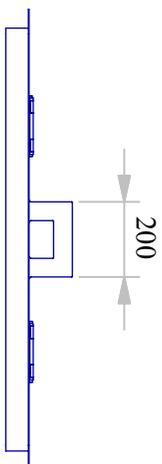


Vista Superior



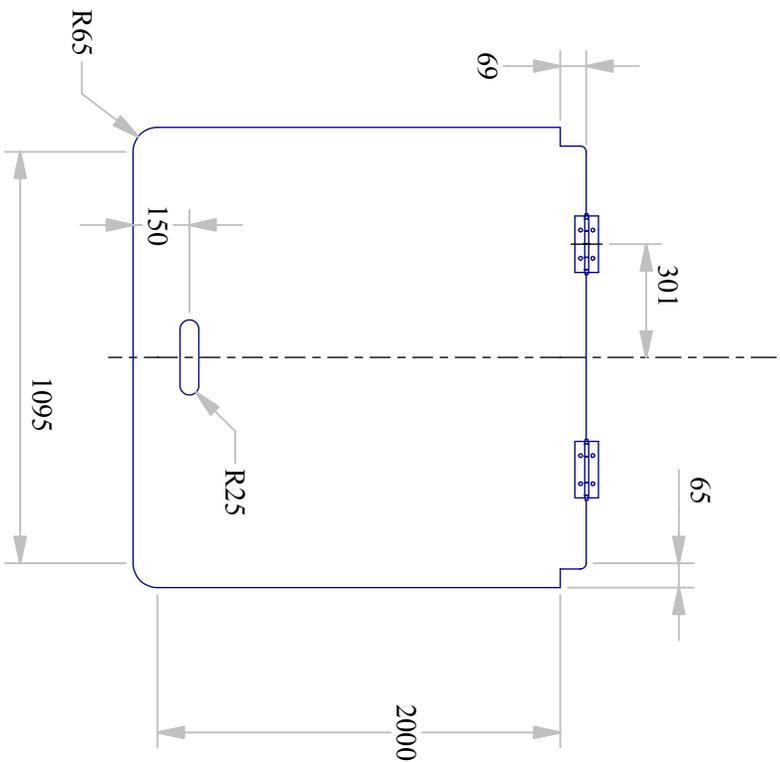
Vista Isométrica

Autores: - Jairo Fernandez - Fabian Quintero		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Fausto Carpentiero		"Diseño de un Horno Automatizado Tostador de Casabe".	
Revisado Por: Miguel Mota		Descripción: Plancha de tostado	
Fecha: 05/2004	Unidades: mm	Material: Acero Inoxidable	Escala: 1:4
			Plano #: 5



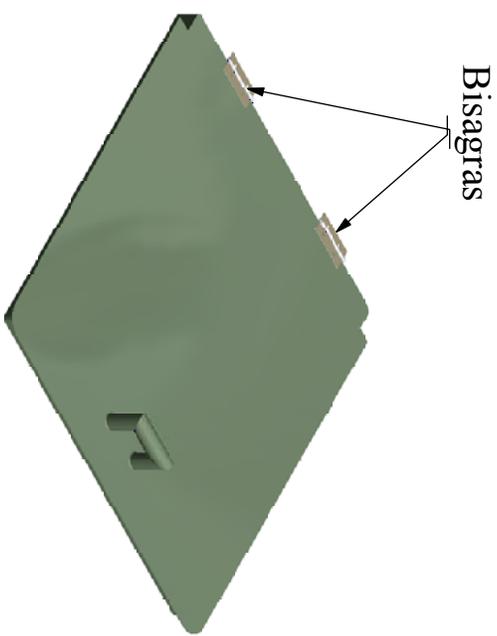
Vista Lateral

Esc. 1:5



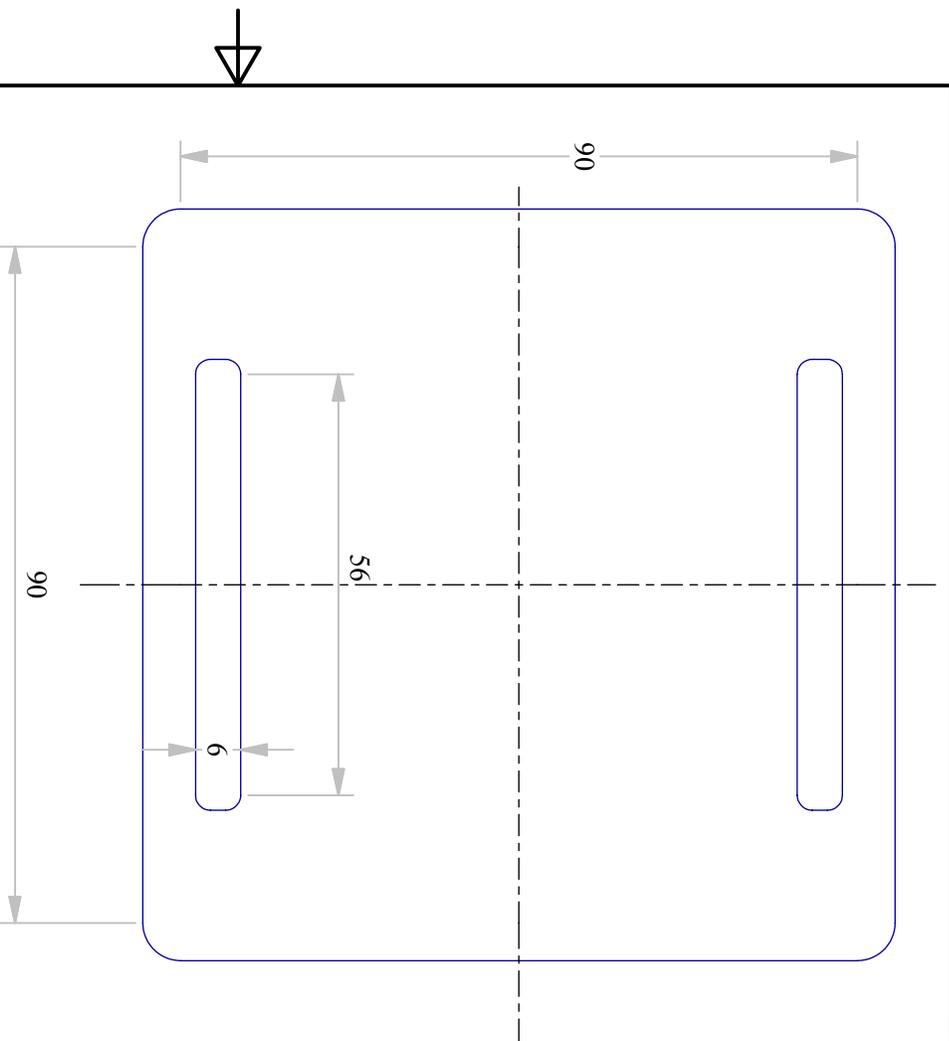
Vista Principal

Esc. 1:1

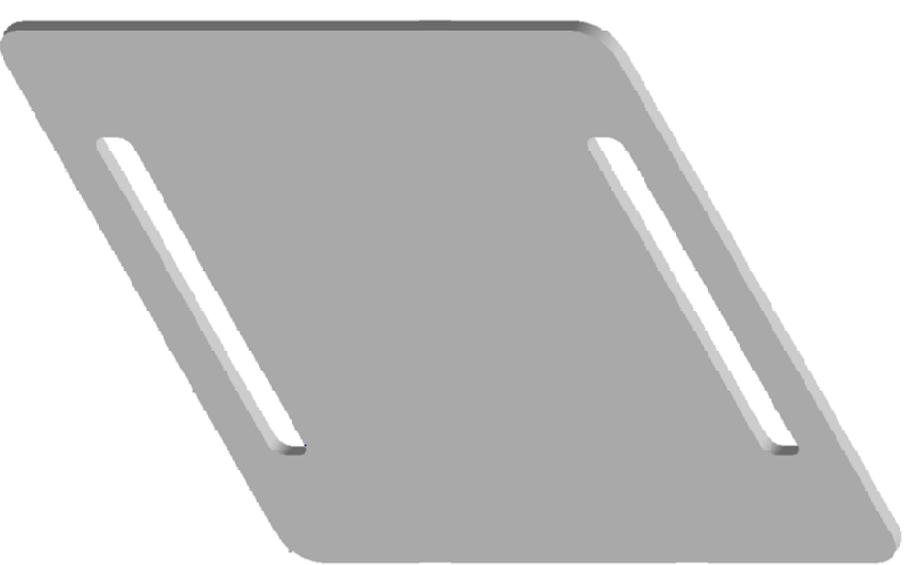


Vista Isométrica

Autores: - Jairo Fernandez - Fabián Quintero		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Fausto Carpentiero		"Diseño de un Horno Automatizado Tostador de Casabe".	
Revisado Por: Miguel Mota		Descripción: Tapa Superior	
Fecha: 05/2004	Unidades: mm	Material: Acero AISI 1045	Escala: 1:20
			Plano #: 6

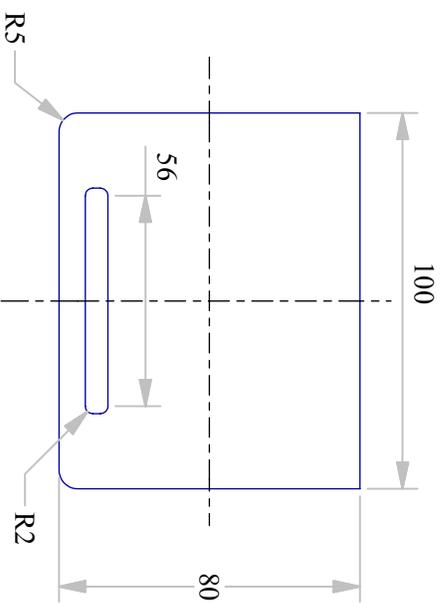


Vista Principal



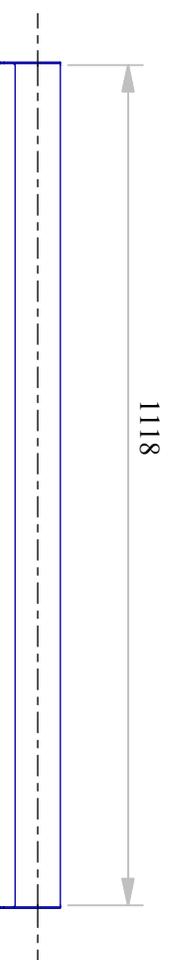
Vista Isométrica

Autores: - Jairo Fernandez - Fabian Quintero		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Fausto Carpentiero		"Diseño de un Horno Automatizado Tostador de Casabe".	
Revisado Por: Miguel Mota		Descripción: Refuerzo para Posicionar Viga	
Fecha: 05/2004	Unidades: mm	Material: Acero de Bajo Carbono	Escala: Plano #: 7



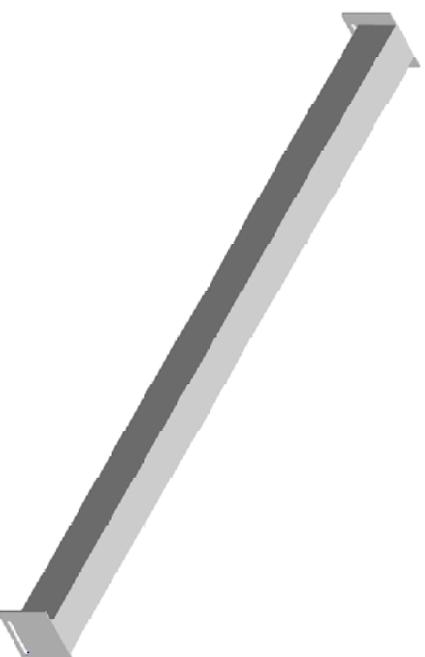
Vista Principal

Esc.: 1:2



Vista Lateral

Esc. 1:10

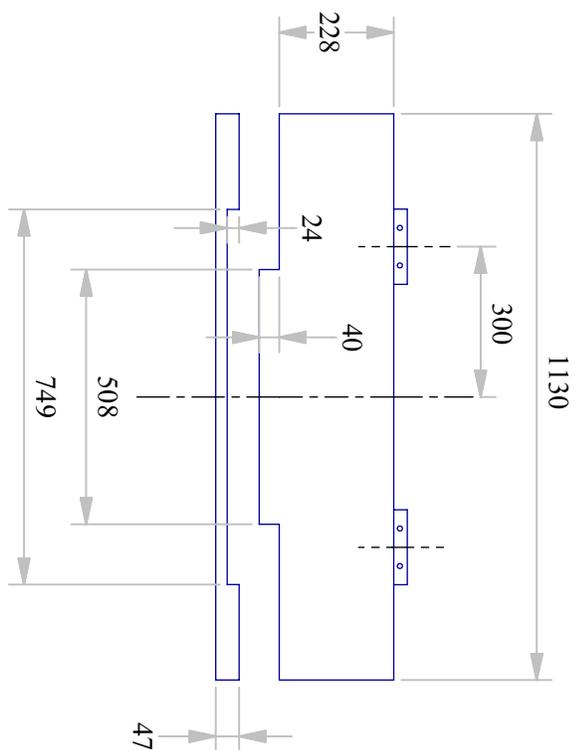


Vista Isométrica

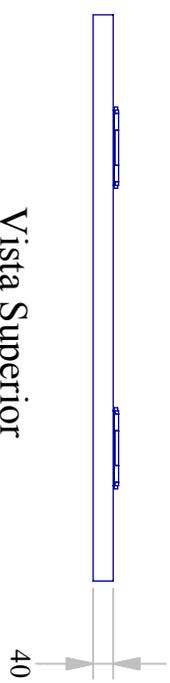
Esc. 1:10

Autores: - Jairo Fernandez - Fabián Quintero		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Fausto Carpentiero		"Diseño de un Horno Automatizado Tostador de Casabe".	
Revisado Por: Miguel Mota		Descripción: Viga con Refuerzo Posicionador	
Fecha: 05/2004	Unidades: mm	Cantidad: Dos Unidades	Material: Acero AISI 1045
			Escala: Plano #: 8

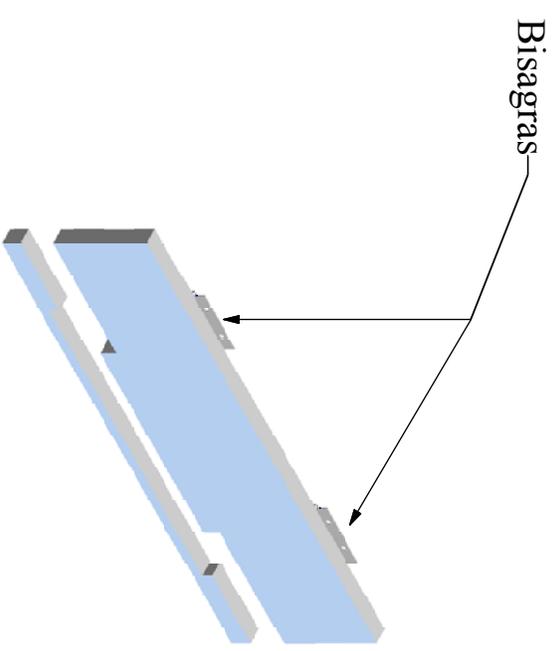
Nota: Todas las Uniones Soldadas



Vista Principal



Vista Superior



Vista Isométrica

Autores: - Jairo Fernandez - Fabián Quintero		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Fausto Carpentiero		"Diseño de un Horno Automatizado Tostador de Casabe".	
Revisado Por: Miguel Mota		Descripción: Tapa Frontal	
Fecha: 05/2004	Unidades: mm	Material: Acero AISI 1045	Escala: 1:15
			Plano #: 9