

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UN SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

FREDDY ERNESTO AGUIRRE MALDONADO

DIRECTOR: ING. CÉSAR AYABACA

Quito, Noviembre 2006

DECLARACIÓN

Yo, Freddy Ernesto Aguirre Maldonado, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

**FREDDY AGUIRRE
MALDONADO**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Freddy Ernesto Aguirre Maldonado, bajo mi supervisión.

Ing. CÉSAR AYABACA
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A todos los socios de la Corporación Talleres del Gran Valle quienes colaboraron durante la realización del presente trabajo.

A mis abuelitos, padres, hermanos, tíos, tías, por el apoyo recibido durante los momentos difíciles.

Al Ing. César Ayabaca por su amistad y excelente dirección del presente trabajo.

A los Ings. Johny Lucas, Adrián Peña y Jaime Vargas por su gran colaboración y ayuda prestada.

A todos los profesores y trabajadores de la Carrera de Ingeniería Mecánica por su sincera ayuda durante mi vida estudiantil.

Freddy

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a Dios, por guiarme en cada momento de mi vida;

A toda mi familia en especial a mis padres Luis y Clorinda; mis hermanos Faby y Santiago por el apoyo recibido durante la realización de este trabajo;

A mi tía Magdalena por su apoyo sincero que me brindo mientras tuvo vida.

Freddy

CONTENIDO

CAPÍTULO 1

UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y SITUACIÓN LEGAL DE LA “CORPORACIÓN TALLERES DEL GRAN VALLE” -----	1
1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PROVINCIA DE IMBABURA-----	1
1.1.1 Condiciones climáticas de la zona de estudio-----	10
1.2 CORPORACIÓN TALLERES DEL GRAN VALLE-----	11
1.2.1 Proyecto para la Corporación Talleres del Gran Valle-----	21
1.3 CARACTERÍSTICAS DEL MANÍ EN EL ECUADOR-----	23

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTOS DEL SECADO DE GRANOS -----	32
2.1 SECADO DE GRANOS-----	32
2.2 MÉTODO DE SECADO DE GRANOS POR EVAPORACIÓN TÉRMICA-----	35
2.2.1 Procesos de secado por evaporación térmica-----	39
2.3 SECADORES DE GRANOS POR CONVECCIÓN-----	42
2.3.1 Tipos de secadoras de granos-----	44
2.4 ESTRUCTURA DE LOS GRANOS-----	49
2.4.1 Contenido de humedad en los granos-----	52
2.5 ESTUDIO PSICROMÉTRICO DEL SECADO CONVECTIVO-----	51
2.5.1 Proceso de humectación del aire-----	54
2.6 CÁLCULOS DE SECADO-----	57

CAPÍTULO 3

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS Y DISEÑO DEL SECADOR -----	65
3.1 REQUERIMIENTOS DEL SECADOR DE VAÍNAS DE MANÍ PARA LA CORPORACIÓN TALLERES DEL GRAN VALLE-----	66
3.2 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS-----	67
3.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS-----	71
3.4 VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS-----	72
3.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS-----	73
3.6 SISTEMAS QUE CONFORMAN EL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ-----	75
3.7 DISEÑO DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ-----	78

3.7.1	Cálculo del sistema de la cámara cilíndrica de secado-----	79
3.7.2	Cálculo del sistema de transmisión para el movimiento de la cámara cilíndrica de secado-----	90
3.7.3	Cálculo del sistema de calentamiento del aire-----	106
3.8	COSTO TOTAL DEL DISEÑO DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ-----	119
3.8.1	Costo de fabricación-----	120
3.8.2	Costo de montaje-----	122
3.8.3	Costo de diseño-----	123
3.8.4	Costo de operación-----	123

CAPÍTULO 4

	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES-----	126
4.1	CONCLUSIONES-----	126
4.2	RECOMENDACIONES-----	127
	BIBLIOGRAFÍA-----	129
	ANEXOS-----	131

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1.1	PUNTOS TURÍSTICOS DE LA ZONA ANDINA-----	6
CUADRO 1.2	PRODUCTOS AGRÍCOLAS DE LA ZONA ANDINA-----	7
CUADRO 1.3	PARROQUIAS QUE CONFORMAN LA ZONA SUBTROPICAL (INTAG)-	8
CUADRO 1.4	PRODUCTOS AGRÍCOLAS DE LA ZONA SUBTROPICAL (INTAG)-----	10
CUADRO 1.5	CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO-----	10
CUADRO 1.6	REQUISITOS PARA OBTENER PERSONERÍA JURÍDICA Y APROBAR EL ESTATUTO DE LA CORPORACIÓN-----	13
CUADRO 1.7	PRINCIPALES PRODUCTOS AGRÍCOLAS ORGÁNICOS Y SEMILLAS NATURALES QUE OFRECE LA “CTGV”-----	14
CUADRO 1.8	POLÍTICAS DE COMERCIALIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS QUE OFRECE LA “CTGV” CON SUS CLIENTES-----	20
CUADRO 1.9	CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL MANÍ-----	23
CUADRO 1.10	CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDADES DEL MANÍ EN EL PAÍS-----	24
CUADRO 1.11	CONDICIONES CLIMÁTICAS PARA UN BUEN DESARROLLO PRODUCTIVO DEL MANÍ-----	25
CUADRO 1.12	CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DEL MANÍ-----	26
CUADRO 1.13	CICLO PRODUCTIVO DEL MANÍ-----	27
CUADRO 1.14	ENFERMEDADES DEL MANÍ Y SUS CARACTERÍSTICAS-----	28
CUADRO 1.15	CONTROL DE ENFERMEDADES DEL MANÍ-----	29
CUADRO 1.16	FICHA TÉCNICA DE VARIEDADES-----	30
CUADRO 1.17	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MANÍ-----	31
CUADRO 2.1	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS MÉTODOS DE LA EXTRACCIÓN DEL AGUA CONTENIDA EN LOS GRANOS-----	33
CUADRO 2.2	PRINCIPALES MÉTODOS DE SECADO DE GRANOS POR EVAPORACIÓN TÉRMICA-----	35
CUADRO 2.3	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SECADO CON AIRE NATURAL-----	38
CUADRO 2.4	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SECADO CON AIRE CALIENTE-----	38
CUADRO 2.5	CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS PARA EL SECADO DE GRANOS-----	39
CUADRO 2.6	ETAPAS DEL SECADO CONVECTIVO-----	40
CUADRO 2.7	FUNCIONES QUE CUMPLEN LOS SECADORES-----	42
CUADRO 2.8	ELEMENTOS QUE CONFORMAN LOS SECADORES-----	42
CUADRO 2.9	CLASIFICACIÓN DE LOS QUEMADORES-----	43
CUADRO 2.10	CLASIFICACIÓN DE LAS SECADORAS DE FLUJO CONTINUÓ-----	45
CUADRO 2.11	GRANOS QUE SE PUEDEN SECAR EN ESTE TIPO DE SECADORAS “COLUMNA Y CABALLETE”-----	46
CUADRO 2.12	CLASIFICACIÓN DE LAS SECADORAS POR TANDAS O LOTES-----	47

CUADRO 2.13	TIPOS DE GRANOS QUE SE PUEDEN SECAR EN LAS SECADORAS DE TANDAS O LOTES-----	48
CUADRO 2.14	TIPOS DE GRANOS QUE SE PUEDEN SECAR EN LAS SECADORAS DE TANDAS O LOTES-----	49
CUADRO 2.15	CONTENIDO DE AGUA EN LOS GRANOS-----	50
CUADRO 2.16	TEMPERATURA MÁXIMA DEL AIRE EN CONTACTO CON EL PRODUCTO-----	59
CUADRO 2.17	PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN MÁXIMA DE AGUA PARA DIFERENTES GRANOS-----	60
CUADRO 2.18	VELOCIDADES MÁXIMAS RECOMENDADAS PARA DIFERENTES DISPOSITIVOS DE LOS SECADORES-----	62
CUADRO 3.1	CARACTERISTICAS TÉCNICAS DEL SECADOR DE VAINAS DE MANÍ QUE REQUIERE LA "CTGV"-----	67
CUADRO 3.2	COMPARACIÓN DE LAS VENTAJAS QUE PRESENTA CADA ALTERNATIVA ESTUDIADA EN RELACIÓN A CADA UNA DE ELLAS-----	71
CUADRO 3.3	COMPARACIÓN DE LAS DESVENTAJAS QUE PRESENTA CADA ALTERNATIVA ESTUDIADA EN RELACIÓN A CADA UNA DE ELLAS-----	72
CUADRO 3.4	CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL SECADOR DE VAINAS DE MANÍ-----	72
CUADRO 3.5	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS-----	74
CUADRO 3.6	RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CALCULADOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA CILINDRICA DE SECADO-----	89
CUADRO 3.7	FACTORES DE SERVICIO SUGERIDOS PARA TRANSMISIONES DE CADENAS-----	96
CUADRO 3.8	TABLA DE CAPACIDAD PARA LA CADENA SENCILLA ESTANDAR DE RODILLOS N°80 PASO 1"-----	97
CUADRO 3.9	RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CALCULADOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA CILINDRICA DE SECADO-----	105
CUADRO 3.10	RELACIÓN PRESIÓN ALTURA-----	109
CUADRO 3.11	COMPOSICION DEL GLP EN EL ECUADOR-----	112
CUADRO 3.12	COMPOSICIÓN DEL AIRE-----	113
CUADRO 3.13	VALOR DE LA ENTALPÍA DE FORMACIÓN Y ENTALPÍA DE LOS PRODUCTOS A 298 K-----	115
CUADRO 3.14	ENTALPIA DE FORMACIÓN A 25°C Y 1 ATM-----	117
CUADRO 3.15	RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CALCULADOS PARA EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL AIRE-----	119
CUADRO 3.16	ELEMENTOS NORMALIZADOS Y FABRICADOS BAJO PEDIDO DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ -----	120

CUADRO 3.17	COSTO DE LOS ELEMENTOS NORMALIZADOS DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ-----	121
CUADRO 3.18	COSTOS DE LOS ELEMENTOS QUE SERÁN FABRICADOS DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ-----	122
CUADRO 3.19	COSTO DE MONTAJE DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ-----	122
CUADRO 3.20	COSTO DE DISEÑO DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ-----	123
CUADRO 3.21	COSTO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR PARADA-----	124
CUADRO 3.22	COSTO DE OPERACIÓN DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ-----	124
CUADRO 3.23	COSTO TOTAL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ DISEÑADO-----	125

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1	SITUACIÓN DE LA PROVINCIA DE IMBABURA CON RELACIÓN AL TERRITORIO NACIONAL-----	1
FIGURA 1.2	DIVISIÓN POLÍTICA DE LA PROVINCIA DE IMBABURA-----	3
FIGURA 1.3	DIVISIÓN POLÍTICA DEL CANTÓN COTACACHI-----	4
FIGURA 1.4	ZONIFICACIÓN DEL CANTÓN COTACACHI-----	5
FIGURA 1.5	PARQUE BIOLÓGICO LOS CEDROS-----	9
FIGURA 1.6	CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LAZONA SUBTROPICAL-----	9
FIGURA 1.7	UBICACIÓN DE LA “CTGV”-----	12
FIGURA 1.8	LLEGADA A LA COMUNIDAD DE LOS MANDURIACOS-----	11
FIGURA 1.9	SOCIOS DE LA CORPORACIÓN TALLERES DEL GRAN VALLE-----	14
FIGURA 1.10	PRODUCTOS AGRÍCOLAS Y ARTESANALES QUE OFRECE LA CORPORACIÓN TALLERES DEL GRAN VALLE-----	15
FIGURA 1.11	VISITA DE TURISTAS AL PARQUE BIOLÓGICO-----	15
FIGURA 1.12	ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA ORGÁNICA DE LA CTGV 2004/2005	18
FIGURA 1.13	REUNIÓN DEL DIRECTORIO 2004-2006 DE LA “CTGV”-----	19
FIGURA 1.14	SECADO DE MANÍ EN LA COMUNIDAD DE LOS MANDURIACOS-----	22
FIGURA 1.15	CUIDADO DE LAS VAINAS DE MANÍ-----	24
FIGURA 2.1	SECADO NATURAL DE CAFÉ-----	36
FIGURA 2.2	CURVAS TÍPICAS DE SECADO CONVECTIVO-----	40
FIGURA 2.3	ESQUEMA DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE UN SECADOR DE FLUJO CONTINUÓ-----	44
FIGURA 2.4	ESQUEMA DE UN SILO DE SECADO Y ALMACENAMIENTO DE GRANOS-----	49
FIGURA 2.5	ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA DE LOS GRANOS-----	50
FIGURA 2.6	CARTA PSICROMÉTRICA A 2500 msnm-----	55
FIGURA 2.7	ESQUEMA PSICROMÉTRICO DEL CALENTAMIENTO DEL AIRE-----	55
FIGURA 2.8	CURVA DE SECADO-----	58
FIGURA 2.9	CURVA CARACTERÍSTICA PRESIÓN-CAUDAL DE VENTILADORES DE IGUAL POTENCIA Y DIFERENTES DISEÑOS-----	61
FIGURA 3.1	ESQUEMA DE UN SECADOR DE BANDEJAS-----	68
FIGURA 3.2	ESQUEMA DE UN SECADOR ROTATIVO Y DISTRIBUCIÓN DE BAFLES DENTRO DEL CILINDRO-----	69
FIGURA 3.3	ESQUEMA DE LOS SILOS SECADORES-----	70
FIGURA 3.4	SECCIÓN LONGITUDINAL DEL SECADOR ROTATIVO-----	75
FIGURA 3.5	ARREGLO DE BAFLES EN EL INTERIOR DEL CILINDRO-----	84
FIGURA 3.6	DIMENSIONES DE LOS BAFLES-----	85

FIGURA 3.7	DISTRIBUCIÓN DE LOS BAFLES EN LA CÁMARA CILÍNDRICA DE SECADO-----	85
FIGURA 3.8	DIMENSIONES DE LAS PUERTAS PARA LA ALIMENTACION Y DESCARGA DE LAS VAINAS DE MANÍ-----	86
FIGURA 3.9	VISTA TRANSVERSAL DE LA CÁMARA CILÍNDRICA DE SECADO-----	91
FIGURA 3.10	GEOMETRÍA DE LOS ANILLOS ROTATIVOS-----	94
FIGURA 3.11	DISTANCIA ENTRE ANILLOS ROTATIVOS EN LA CÁMARA CILINDRICA DE SECADO-----	100
FIGURA 3.12	DISTRIBUCIÓN DE CARGA SOBRE EL CILINDRO-----	101
FIGURA 3.13	MOMENTOS CORTANTES Y FLECTORES DE LA CÁMARA CILINDRICA DE SECADO-----	102
FIGURA 3.14	SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CILINDRO-----	103
FIGURA 3.15	ESQUEMA DEL PROCESO DE SECADO DE LAS VAINAS DE MANÍ---	106
FIGURA 3.16	CURVA DE SECADO DE LAS VAINAS DE MANÍ-----	108

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1	
ORGANIZACIÓN DE LA CORPORACIÓN TALLERES DEL GRAN VALLE-----	132
LISTA DE SOCIOS CORPORACIÓN TALLERES DEL GRAN VALLE-----	133
 ANEXO 2	
SISTEMA DE LA CÁMARA CILINDRICA DE SECADO-----	134
CARACTERÍSTICAS DE ROSCAS UNIFICADAS UNC Y UNF-----	135
ESPECIFICACIONES SAE PARA PERNOS DE ACERO-----	135
 ANEXO 3	
SISTEMA DE TRANSMISIÓN PARA EL MOVIMIENTO DE LA CÁMARA CILINDRICA DE SECADO-----	136
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MOTO – REDUCTOR-----	137
TABLA DE CAPACIDAD PARA LA SELECCIÓN DE LA CADENA DE RODILLOS N° 80 PASO1”-----	140
CÁLCULO DE LA DISTANCIA ÓPTIMA ENTRE LOS ANILLOS ROTATIVOS-----	141
 ANEXO 4	
SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL AIRE-----	143
CARTA PSICROMÉTRICA A 1000 msnm-----	144
CONTENIDO DE HUMEDA INICIAL DE LAS VAINAS DE MANÍ-----	145
CURVA DE SECADO DE LAS VAINAS DE MANÍ-----	146
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL VENTILADOR SELECCIONADO PARA VENCER LA CAÍDA DE PRESIÓN DENTRO DE LA CÁMARA CILÍNDRICA DE SECADO-----	147
PRESIÓN DE SATURACIÓN DEL AIRE-----	150
ESPECIFICACIONES DEL QUEMADOR PARA EL CALENTAMEINTO DEL AIRE-----	151
 ANEXO 5	
PRECIO DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ-----	172
PRECIO EN EL MERCADO DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ-----	173
 ANEXO 6	
PLANOS-----	175

RESUMEN

Con el afán de mejorar sus condiciones de vida, los pequeños productores de la Corporación Talleres del Gran Valle, vieron la necesidad de buscar mecanismos para desarrollar procesos de tecnificación poscosecha de sus productos agrícolas orgánicos, principalmente del maní, a partir de nuevas propuestas tecnológicas económicamente rentables, socialmente viables sin alterar el medio ambiente.

La tecnología poscosecha es una actividad que comienza una vez que el maní ha sido cosechado en el campo, continúa con el secado, almacenamiento y culmina en el momento de su uso final.

La cosecha debe procurar vainas de maní sin daño mecánico al momento de su recolección. El aspecto más importante a tener en cuenta en esta etapa es la humedad de los granos.

El estudio del diseño del secador rotativo de vainas de maní tiene como objetivo primordial, reducir el agua que naturalmente contiene las vainas de maní al momento de la cosecha en un menor tiempo; preservando la integridad física y química de la vaina y las propiedades organolépticas del grano como también sus propiedades nutricionales y enzimáticas; en comparación con el método de secado natural, que es un procedimiento demasiado lento convirtiéndolo en una desventaja para el productor, por cuanto no podrá cubrir con la demanda de este nuevo producto; que es la comercialización del maní tostado, crudo y garrapiñado. La mayoría de la producción de este nuevo proyecto que llevará a cabo la Corporación Talleres del Gran Valle, estará destinado para la exportación a Italia a través, del Comercio Justo debido a mejores precios en el mercado y en tiendas solidarias a nivel nacional.

El costo de los secadores rotativos con capacidad de 450 [Kg] de vainas de maní que se encuentran en el mercado oscilan en el orden de \$12,000.00 a \$18,500.00 dificultando la adquisición de los mismos por la Corporación Talleres del Gran Valle, es por ello que en el presente trabajo se desarrolla el diseño de un secador rotativo de vainas de maní para pequeños productores, con el propósito de ofrecer un equipo de mucho menor costo que el de equipos que se fabrican dentro del mercado local.

El diseño del equipo involucró el dimensionamiento de la cámara cilíndrica de secado, la selección del sistema para el movimiento de la cámara cilíndrica de secado y el dimensionamiento del sistema de calentamiento del aire. La disposición de los componentes del secador está diseñada para facilitar el manejo y mantenimiento de los mismos. El costo estimado del secador diseñado incluyendo instrumentación y sistema de control es alrededor de \$8288.56, el cual representa en promedio la tercera parte del costo de un equipo comercial con características similares al equipo diseñado.

PRESENTACIÓN

En el presente trabajo se desarrolla el diseño de un secador rotativo de vainas de maní para pequeños productores de la Corporación Talleres del Gran Valle; el objetivo de este estudio, es presentar de una manera didáctica los aspectos fundamentales del proceso del secado artificial.

El trabajo se ha realizado de una forma secuencial y en cada capítulo se resume las distintas etapas en la implementación de este nuevo proyecto que llevará a cabo la Corporación Talleres del Gran Valle, que ayudara principalmente a mejorar las condiciones de vida de sus socios.

La primera parte es un estudio de la ubicación geográfica, condiciones climáticas y actividades que desarrolla la Corporación Talleres del Gran Valle, como también del proyecto que llevará a cabo con ayuda de ONG's en la apertura de nuevos mercados.

En la segunda parte se dan a conocer los principales métodos y fundamentos del secado de granos por evaporación térmica, donde se detallan definiciones, cálculos e información referente a la teoría que se va a aplicar en el presente trabajo.

La tercera parte es la más importante debido a que en ésta se aplica toda la teoría y los conocimientos expuestos en el capítulo anterior. Además se realiza la selección del secador que requiere la Corporación Talleres del Gran Valle para el secado de las vainas de maní y se complementa con la selección y dimensionamiento de los elementos que conforman el secador rotativo.

En la cuarta parte se desarrolla la evaluación final del proyecto, donde se analizan los resultados obtenidos del diseño del secador rotativo así como las conclusiones y recomendaciones del desarrollo del presente proyecto.

CAPITULO 1

UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y SITUACIÓN LEGAL DE LA “CORPORACIÓN TALLERES DEL GRAN VALLE”

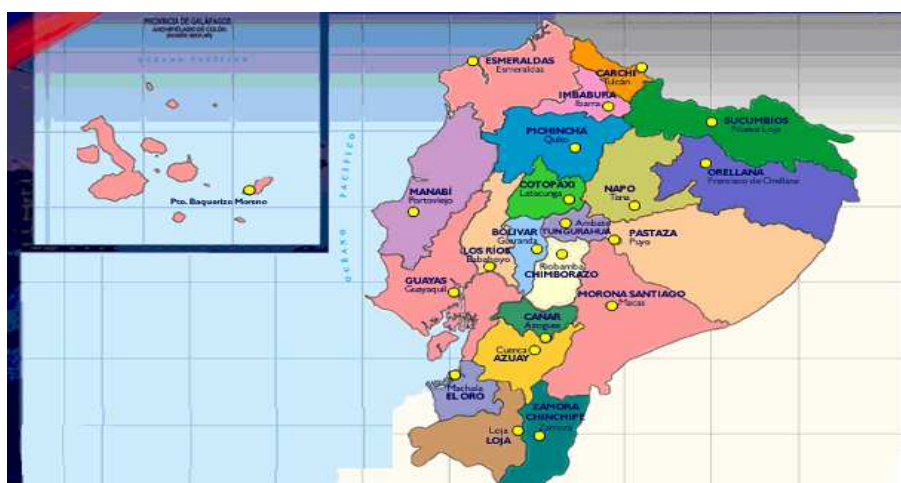
En este capítulo conoceremos la ubicación, condiciones climáticas, constitución y actividades que desarrolla la Corporación Talleres del Gran Valle, para el desarrollo del proyecto de tesis.

1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PROVINCIA DE IMBABURA¹

A la provincia de Imbabura se la conoce como la provincia de Los Lagos por albergar varias formaciones de agua aptas para la pesca y deportes de aventura, situada en la sierra norte del país, perteneciente a la región interandina. Posee una superficie total aproximada de 4.611km², la capital de la provincia es Ibarra, fundada el 28 de septiembre de 1606.

La provincia de Imbabura se encuentra limitada al norte por las provincias de Carchi y Esmeraldas, al sur la provincia de Pichincha, al este la provincia de Sucumbíos y al oeste con la provincia de Esmeraldas (Figura 1.1).

FIGURA 1.1 SITUACIÓN DE LA PROVINCIA DE IMBABURA CON RELACIÓN AL TERRITORIO NACIONAL



Fuente: Instituto Geográfico Militar, Atlas Multimedia del Ecuador, 2005.

¹ Plan de desarrollo del cantón Cotacachi, 2003

Relieve e hidrografía de la provincia de Imbabura

La provincia de Imbabura está localizada en la hoya del Chota, limitada: al norte por el nudo del Boliche y al sur por el nudo de Mojanda Cajas. La cordillera occidental posee importantes ramales, entre los que sobresalen las estribaciones de Chilluri, Lachas, Intag, Toisán y las montañas de Quizaga; en la cordillera oriental se destacan las estribaciones de Pimampiro. En el interior de la hoya se ubican las estribaciones de Angochagua, sus principales elevaciones son: Imbabura (4.560m.), Cotacachi (4.944m.) y Yanahurco de Piñán (4.535m.).

Existe una red hidrográfica que se estructura con la presencia de los ríos: Chota, Mira, Ambí, Intag, Cotacachi, etc., así como de un conjunto lacustre que, a más de favorecer la agricultura y ganadería, constituye un valioso recurso turístico.

Clima

La provincia de Imbabura posee una diversidad de pisos climáticos que van desde el mesotérmico húmedo y semi-húmedo, pasando por el mesotérmico seco, hasta el páramo, sobre los 3600m. de altitud. La temperatura promedio oscila entre los 8°C y 28°C.

Vías de comunicación

La principal vía de comunicación de la provincia de Imbabura es la carretera Panamericana Norte, que pasa por el Juncal, Chota, Ibarra, Atuntaqui y Otavalo, complementada con una significativa red de caminos asfaltados o afirmados, que impulsan y fomentan las actividades productivas en toda la provincia.

División político-administrativa de la provincia de Imbabura

La provincia de Imbabura es una de las más importantes de la región interandina y se divide en seis cantones que se pueden ver en la Figura 1.2. Las mayores elevaciones corresponden a volcanes, como es el caso del Imbabura que da el nombre a la provincia (4.630 m), situado frente a la hoya del río Chota y al que se le conoce por sus extensas coladas de barro.

Cantón Cotacachi

El Cantón Cotacachi está ubicado al norte de Quito, capital del Ecuador y al suroccidente de la Provincia de Imbabura, en la planicie occidental de la Hoya del Chota. Es el cantón más extenso de los seis que conforman la provincia de Imbabura con una superficie de 1.809 km².

El Cantón y la cabecera cantonal llevan el nombre del majestuoso volcán Cotacachi nombre que proviene del quichua **COTA** que significa Moler y/o Trabajo; y **CACHI** que significa Sal.

Los límites del cantón Cotacachi son los siguientes: (Figura 1.3)

FIGURA 1.3 DIVISIÓN POLÍTICA DEL CANTÓN COTACACHI



Norte	Limita con el cantón Urcoquí y la provincia de Esmeraldas.
Sur	Cantón Otavalo
Este	Cantón Antonio Ante y la provincia de Sucumbios.
Oeste	Con las provincias de Esmeraldas y Pichincha, en este sector existe una zona no delimitada denominada Las Golondrinas.

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC, 2003
Plan de desarrollo del cantón Cotacachi, 2003

Topografía del Cantón Cotacachi

La topografía del Cantón es muy variada encontrándose alturas que van desde los 4.939 m.s.n.m hasta los 1600 m.s.n.m. en la zona de Nangulví, y 200 m.s.n.m. en la parte más occidental correspondiente al recinto El Progreso.

Las características topográficas y climáticas del cantón permiten diferenciar dos zonas: la Andina y la Subtropical. (Figura 1.4)

FIGURA 1.4 ZONIFICACIÓN DEL CANTÓN COTACACHI



Fuente: Plan de desarrollo del cantón Cotacachi, 2003

Zona Andina

La zona Andina está ubicada en las faldas orientales del volcán Cotacachi, conformada por las parroquias urbanas de San Francisco y El Sagrario; y las parroquias rurales Imatag y Quiroga (Figura 1.3), su clima oscila entre temperaturas que van desde los 15 °C. a 20°C. Además se encuentra la subcuenca hidrográfica del río Ambi, formada en las faldas orientales del Volcán Cotacachi.

Puntos turísticos de la zona andina

Los principales sitios turísticos de esta zona se dan a conocer en el Cuadro 1.1.

CUADRO 1.1 PUNTOS TURÍSTICOS DE LA ZONA ANDINA.

	<p>Reserva Ecológica Cotacachi- Cayapas, es una zona de protección de flora y fauna con una extensión de 204.420 hectáreas, caracterizada por su riqueza en biodiversidad, es un importante banco genético para el Ecuador y el mundo.</p>
	<p>La Laguna de Cuicocha. Su nombre autóctono es "Tsui Cocha" (Laguna de los Dioses), localizada a 10 Km. de la cabecera cantonal, sobre un cráter volcánico de cuyas aguas emergen dos islotes. Tiene aproximadamente 5 Km². de superficie y una profundidad de 40 a 180 metros.</p>
	<p>El Volcán Cotacachi tiene 5.000 metros de altura, por su belleza y fácil acceso es un atractivo para la práctica del andinismo. Las aguas del deshielo del volcán alimentan la Laguna de Cuicocha,</p>
	<p>En el sector del Piñán se encuentran las Lagunas de Piñán o Donoso, Yanacocha, Cristococha y Susacocha, que se encuentran a 3.100 m.s.n.m.</p>

Productos agrícolas de la zona andina

Los principales productos agrícolas que se cultivan en esta zona ya sean permanentes, transitorios o asociados, se enlistan en el Cuadro 1.2.

“Cultivos permanentes: Son cultivos de productos agrícolas que se destinan a la alimentación humana y/o animal o para materias primas industriales u otros usos. Son cultivos que se plantan y después de un tiempo relativamente largo llegan a la edad productiva. Tienen un prolongado periodo de producción que permite cosechas durante varios años, sin necesidad de ser sembrados o plantados después de cada cosecha.

Cultivos transitorios: Son cultivos de productos agrícolas que se destinan a la alimentación humana y/o animal o para materias primas industriales u otros usos. Son cultivos cuyo ciclo vegetativo o de crecimiento es generalmente menor a un año, llegando incluso a ser de unos pocos meses.

Cultivos asociados: Corresponde a la práctica generalizada de siembra entreverada de dos o más productos agrícolas que comparten una misma superficie.”²

CUADRO 1.2 PRODUCTOS AGRÍCOLAS DE LA ZONA ANDINA

Nº	Productos Agrícolas
1	Arveja seca
2	Fréjol seco
3	Maíz duro seco
4	Maíz suave choclo
5	Maíz suave seco
6	Papa
7	Cebada
8	Trigo

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario, 2003.

² III Censo Nacional Agropecuario, Págs 3,4.

Fuente de ingresos de la zona andina

Las principales fuentes de ingresos de esta zona constituyen la Industria del turismo, la producción agropecuaria, agroindustrial, la producción manufacturera y artesanal.

Zona subtropical

La zona Subtropical conocida como Intag se extiende desde las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes hasta el límite de la provincia de Esmeraldas y Pichincha. Las parroquias que conforman esta zona (Figura 1.3) se dan a conocer en el Cuadro 1.3.

CUADRO 1.3 PARROQUIAS QUE CONFORMAN LA ZONA SUBTROPICAL (INTAG)

Nº	Parroquias
1	Apuela
2	García Moreno
3	Peñaherrera
4	6 de Julio de Cuellaje
5	Vacas Galindo
6	Plaza Gutiérrez

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo, INEC 2003

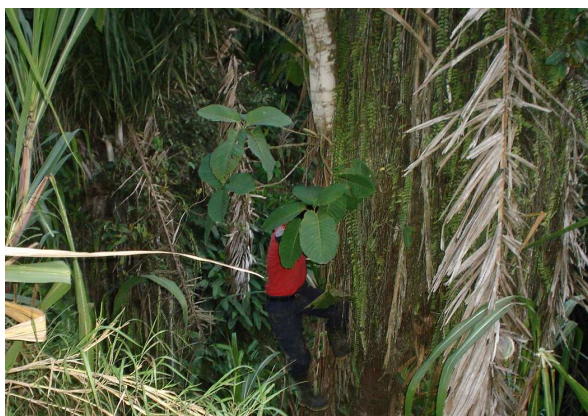
La temperatura de esta zona oscila entre los 25 °C. y 28°C, con una humedad relativa promedio del 85%. Dentro de esta zona existe la subcuenca hidrográfica del río Apuela formado por la unión de los ríos Pitura e Irubí, los cuales provienen de los deshielos de las faldas occidentales del Volcán Cotacahi.

Sitios turísticos de la zona subtropical

Esta zona se caracteriza por una gran biodiversidad, se encuentran alrededor de 20.000 especies de plantas, 500 especies de aves y animales como el oso de anteojos, el jaguar o tigre, el ocelote, el tutamono, la nutria, el venado, el lobo de páramo, entre otros. Además los parques biológicos, Los Cedros (ubicado en la

parroquia García Moreno (Figura 1.5) y el de La Florida (ubicado en la parroquia de Apuela). El balneario de Nangulví a 3 Km. de la parroquia de Apuela es visitado por sus aguas termales (temperatura de 71°C) de fuerte mineralización.

FIGURA 1.5 PARQUE BIOLÓGICO LOS CEDROS



Fuente: Corporación Talleres del Gran Valle "CTGV" 2005

Productos agrícolas de la zona subtropical

La caña de azúcar ocupa el primer lugar de producción dentro de los cultivos de ciclo largo, su producción está destinada principalmente al procesamiento de la panela y alcohol etílico (Figura 1.6), otro producto de gran producción es el maíz duro, que ocupa el primer lugar de los productos de ciclo corto con una superficie de 365 hectáreas, siguen productos agrícolas que se detallan en el cuadro 1.4.

FIGURA 1.6 CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA ZONA SUBTROPICAL



Fuente: Corporación Talleres del Gran Valle "CTGV" 2005.

Para Intag el principal mercado es Otavalo, por la existencia de carreteras y de mayores niveles de transportación.

CUADRO 1.4 PRODUCTOS AGRÍCOLAS DE LA ZONA SUBTROPICAL (INTAG)

Nº	Productos Agrícolas
1	Arveja seca
2	Fréjol seco
3	Maíz duro choclo
4	Maíz duro seco
5	Maíz suave choclo
6	Banano
7	Café
8	Tomate de árbol
9	Maní

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario, 2003

1.1.1 Condiciones climáticas de la zona de estudio

En la parroquia García Moreno, sector San José de Magdalena, comunidad de Los Manduriacos se encuentra ubicada la sede de La Corporación Talleres del Gran Valle, sus condiciones climáticas son propias de la zona subtropical y se detallan en el Cuadro 1.5, donde se pueden diferenciar tres épocas climáticas, época lluviosa (diciembre-abril), época seca (mayo – agosto) y época de fluctuación (septiembre – noviembre).

La comunidad cuenta con todos los servicios básicos (agua, luz, teléfono), y carreteras lastradas en mal estado (principalmente en época lluviosa).

CUADRO 1.5 CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Coordenadas	0°14' N 78°37' O
Altitud	1000m.s.n.m.
Temperatura promedio	23°C-27°C aprox.
Humedad relativa promedio	80%
Pluviosidad promedio anual	3800 mm.

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI 2005

Ubicación Geográfica de la parroquia García Moreno (Comunidad Los Manduriacos)

Desde Quito a la comunidad de Los Manduriacos en carro particular se puede llegar de tres a cuatro horas, el recorrido es Quito-Mitad del Mundo-Nanegalito, 3 kilómetros después de Nanegalito se coge la vía a Pacto, se cruzan los pueblos de: La Armenia, Santa Elena, Gualea y luego se coge el desvío a la derecha hasta llegar a la comunidad, (Figura 1.7)

Otra forma de llegar a la comunidad de Los Manduriacos es a través de los buses de la Cooperativa de Transportes Minas, la parada esta situada en la calle Antepara Barrio San Blas, frente a la parada del Trole Hermano Miguel, el horario de salida de los buses es: 6:00 am, 10:00 am y 15:00 pm, estos buses llegan hasta el Chontal vía Gualea - Urcutambo en 3 horas, a la comunidad se llega en 45 minutos caminando, (Figura 1.8)

FIGURA 1.8 LLEGADA A LA COMUNIDAD DE LOS MANDURIACOS



Fuente: Corporación Talleres del Gran Valle "CTGV", 2005

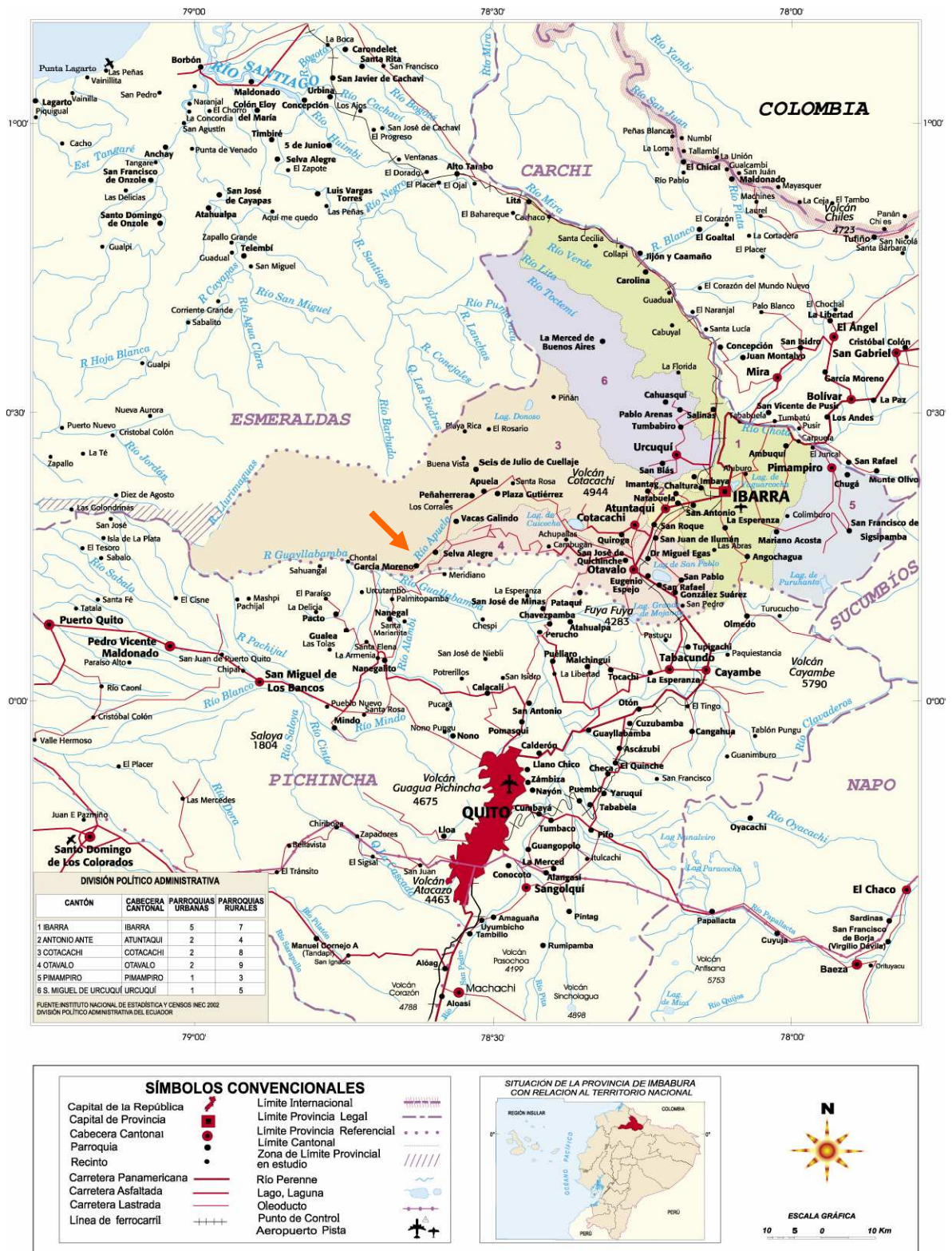
1.2 CORPORACIÓN TALLERES DEL GRAN VALLE³

Definición de Corporación.- "Es una persona jurídica, capaz de ejercer derechos y contraer obligaciones civiles, y de ser representada judicial y extrajudicialmente. Las ordenanzas o estatutos de las corporaciones que fueren formados por ellas mismas, serán sometidos a la aprobación del Presidente de la Republica."⁴

³ Corporación Talleres del Gran Valle, CTGV, 2005

⁴ Código Civil, Tomo I, junio 2000, págs 90,91

FIGURA 1.7 UBICACIÓN DE LA "CTGV".



Fuente: Instituto Geográfico Militar, Atlas Multimedia del Ecuador, 2005

Requisitos para ser Corporación

“Para formar una Corporación se necesitan los requisitos que se dan a conocer en el cuadro 1.6”⁵

CUADRO 1.6 REQUISITOS PARA OBTENER PERSONERÍA JURÍDICA Y APROBAR EL ESTATUTO DE LA CORPORACIÓN.

Nº	Requisitos
1	La organización debe tener al menos 15 socios, si la organización tiene más de 15 socios, debe traer la lista de socios almacenada en un medio físico (diskette, CD, etc.)
2	Debe llenar una solicitud dirigida al Sr. Ministro de Bienestar Social, suscrita por el representante legal de la organización y patrocinador.
3	Tener el Acta de la Asamblea de la organización en formación, que deberá estar suscrita por todos los fundadores.
	El Acta de la Asamblea Constitutiva debe tener:
	1. La voluntad de los miembros de constituir la organización.
	2. La nómina de la directiva provisional.
	3. Nombres completos, nacionalidad, números de cédulas de identidad y domicilio de los miembros fundadores.
	4. Dirección de la sede de la organización.
	5. Original y dos copias del Estatuto Social, con la certificación del secretario.
	6. Acreditar por cualquier medio un patrimonio mínimo de USD 400.00, a nombre de la organización.

Fuente: Ministerio de Bienestar Social, Dirección de Asesoría Jurídica, 2005-11-29

Registro Único de Contribuyentes (RUC). Es un instrumento que tiene por función registrar e identificar a los contribuyentes con fines impositivos y como objetivos proporcionar información a la administración tributaria.

Se obtiene en la oficina regional del SRI (Servicio de Rentas Internas), sirve como identidad de la empresa, y se autoriza para el funcionamiento de toda empresa en los actos de comercio en forma permanente u ocasional.

Ministerio de Industrias Comercio Integración y Pesca (MICIP). Es el encargado de constituir a las empresas con estatutos que rigen en el interior de la empresa.

⁵ Ministerio de Bienestar Social, Dirección de Asesoría Jurídica, 2005-11-29

La Corporación Talleres del Gran Valle es una asociación sin fines de lucro, ubicada en la parroquia García Moreno, provincia de Imbabura; que cuenta con los requisitos necesarios para funcionar como empresa y realizar actos de comercio en forma independiente, registrada en el MICIP con el número 02.06.1998 y su R.U.C. es el 1791701274001; y se puede comunicar al Telefax: (593-2)2864874.

FIGURA 1.9 SOCIOS DE LA CORPORACIÓN TALLERES DEL GRAN VALLE



Fuente: Corporación Talleres del Gran Valle, "CTGV" 2005

La Corporación Talleres del Gran Valle es una asociación de pequeños productores de la comunidad de Los Manduriacos (Figura 1.9), que ofrecen productos Agrícolas Orgánicos y semillas naturales que se detallan en el cuadro 1.7, así como artículos de cuidado personal (jabón de Aloe Vera), etc. (Figura 1.10)

CUADRO 1.7 PRINCIPALES PRODUCTOS AGRÍCOLAS ORGÁNICOS Y SEMILLAS NATURALES QUE OFRECE LA "CTGV"

Nº	Productos Agrícolas	Semillas naturales
	Orgánicos	
1	Fréjol seco	Ojo de buey
2	Maní	Zancona
3	Café	Bisula
4	Naranjas	Corazón de Jesús
5	Plátanos	-
6	Mandarinas	-

Fuente: Corporación Talleres del Gran Valle, CTGV 2004

FIGURA 1.10 PRODUCTOS AGRÍCOLAS Y ARTESANALES QUE OFRECE LA CORPORACIÓN TALLERES DEL GRAN VALLE



Fuente: Corporación Talleres del Gran Valle, "CTGV", 2005

Otra fuente de ingresos para la comunidad es el Turismo ecológico responsable (Visitas a Proyectos en las Comunidades de Manduriacos, Observación Ecológica, Paseo recreativos). (Figura 1.11)

FIGURA 1.11 VISITA DE TURISTAS AL PARQUE BIOLÓGICO



Fuente: Comunidad de Los Manduriacos

“Se entiende por pequeños productores a aquellos que no dependen estructuralmente de trabajo contratado permanente, administrando su plantación principalmente con su propio trabajo y el de su familia”⁶.

⁶ Criterio Genérico de Comercio Justo, Versión enero 2003, pág 3

Número de socios y su participación⁷

La comunidad de Los Manduriacos es habitada por 180 personas aproximadamente con un porcentaje mayor de hombres que de mujeres de los cuales podemos dividirlos entre beneficiarios directos e indirectos.

Directos: Es el número de socios que trabajan para la Corporación y reciben beneficios directos por la comercialización de sus productos agrícolas orgánicos. Actualmente los socios de la Corporación son veinte y siete, la lista de estos se da a conocer en el (Anexo 1). Cada uno de los socios integra una familia de cuatro miembros aproximadamente.

Indirectos: Aquellos que de manera indirecta reciben beneficios de la Corporación y son setenta y dos habitantes.

Organización de la Corporación Talleres del Gran Valle

Para la mayoría de los pobladores de Los Manduriacos comunidad significa, vivir con principios comunes y de solidaridad, trabajar y producir en unión de esfuerzos para alcanzar nuevas metas.

Los fines de esta Corporación son:

- a) Fomentar la solidaridad y armonía entre los socios, coordinando con el Directorio y los diferentes grupos de trabajo (coordinadores).
- b) Procurar mejores condiciones de vida para sus socios y sus familias.
- c) Tecnificar la producción agropecuaria, su transformación agro-artesanal y su comercialización, mediante eventos de capacitación en los aspectos de producción agrícola y artesanal, organización, poscosechas, mercadeo y administración.
- d) Comercializar dentro y fuera del país productos elaborados por la Corporación, para obtener ingresos que vayan en beneficio económico de los asociados.
- e) Realizar gestiones ante organismos públicos y privados, nacionales o extranjeros, para el financiamiento de los proyectos y programas que ejecute la Corporación.
- f) Exportar los productos generados por la Corporación.

⁷ Corporación Talleres del Gran Valle 2005

- g) Importar insumos, equipos y especies mejoradas necesarias para las actividades que desarrolle la Corporación.
- h) Establecer una presentación uniforme de los productos ofrecidos por la Corporación, mediante la obtención de patentes y marcas.
- i) Acogerse a los beneficios de la Ley de Fomento Artesanal.
- j) Establecer una Caja de Ahorro y Crédito que vaya en beneficio de los asociados.
- k) Dar un valor agregado a la producción agropecuaria mediante la transformación agroartesanal de estos productos, con control de calidad y cumpliendo con las normas ISO.

Organización de la Corporación Talleres del Gran Valle

Los organismos de dirección de la Corporación Talleres del Gran Valle son los encargados de hacer cumplir con las normas y políticas establecidas por esta organización y estas son:

- a) La Asamblea General.
- b) El directorio.

Asamblea General

La Asamblea General, la constituyen todos sus socios y es la máxima autoridad de la Corporación y sus decisiones tendrán el carácter de obligatorias para todos sus socios.

Son atribuciones de la Asamblea General:

- a) Aprobar el Estatuto de la Corporación y sus futuras reformas, así como el Reglamento Interno y Reglamentos Especiales previo informe del Directorio.
- b) Elegir a los miembros del directorio y removerlos con justa causa.
- c) Conocer y aprobar el presupuesto de la Corporación y de sus proyectos presentados por el directorio.
- d) Aprobar el ingreso de nuevos socios, previo informe del directorio.
- e) Además el resto de funciones inherentes para la buena marcha de la Corporación.

Directorio

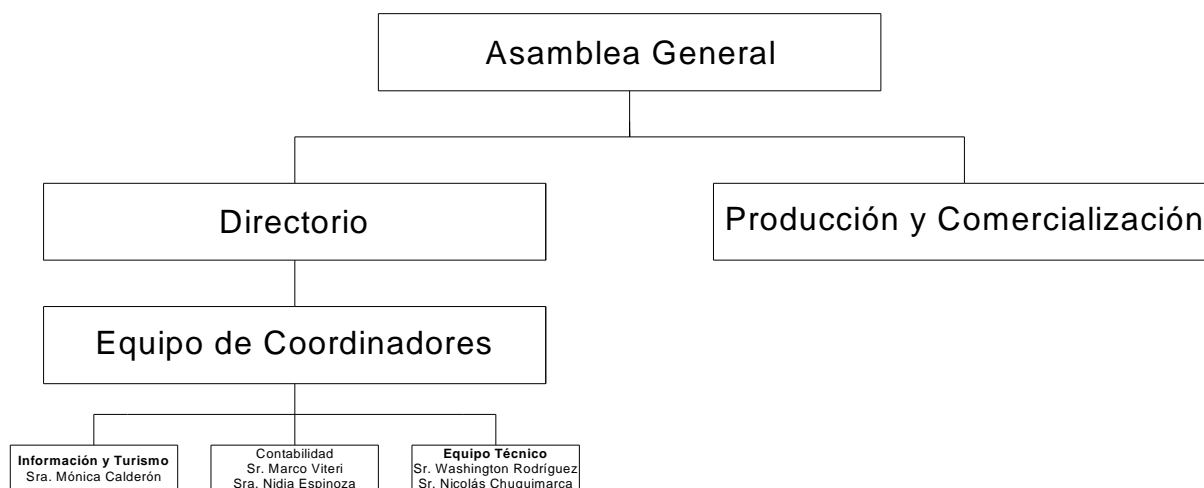
El directorio es el órgano ejecutivo de la Corporación y tiene la responsabilidad de planificar, organizar y dirigir la administración de la misma.

El directorio para el periodo 2004-2006 está integrado por las siguientes dignidades:

Presidente	Sr. Franco Chuquimarca
Vicepresidente	Sr. Santos Betancourth
Secretario	Sr. Edgar Mina
Gerencia	Sr. Denis Laporta.
Tesorero	Sra. Cecilia Egas

En la Figura 1.12 se representa la estructura orgánica de la Corporación Talleres del Gran Valle para el periodo 2004-2006.

FIGURA 1.12 ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA ORGÁNICA DE LA CTGV 2004-2006



Fuente: Corporación Talleres del Gran Valle, CTGV 2005

Los miembros del directorio, al igual que sus coordinadores durarán dos años en sus funciones, pudiendo ser reelegidos para igual periodo, a juicio de la Asamblea General.

El directorio se reunirá (Figura 1.13) cada mes en forma ordinaria; y, extraordinariamente, cuando el caso lo requiera.

Las funciones del directorio son:

- a) Elaborar el programa anual de actividades con su respectivo presupuesto, en concordancia con los objetivos de la organización, el cual será presentado ante la Asamblea General durante cada año.
- b) Ejecutar planes, programas y proyectos aprobados por la Asamblea General.
- c) Velar por el cumplimiento de los Estatutos y Reglamentos vigentes.
- d) Definir las políticas financieras, de personal, administrativos y comerciales que regirán en la Corporación.

FIGURA1.13 REUNIÓN DEL DIRECTORIO 2004-2006 DE LA “CTGV”



Fuente: Corporación Talleres del Gran Valle, “CTGV”, 2005

Políticas de comercialización de la Corporación Talleres del Gran Valle

La comercialización es un tema que la Corporación mantenía débil en años anteriores; su experiencia ha permitido a los socios concientizarse sobre este tema, permitiendo mejorar el entorno entre productor-cliente, estableciéndose políticas que se describen en el Cuadro 1.8

Por otra parte los productores de la corporación reconocen que esta situación los llevo a tener que afrontar un nuevo desafío; el de desarrollar por si mismos una estrategia de almacenamiento y control de calidad. Esto es algo a lo cual no estaban acostumbrados y que además les significo un cambio de hábito ya que anteriormente, luego de la cosecha, entregaban sus productos y se terminaba su problema.

CUADRO 1.8 POLÍTICAS DE COMERCIALIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS QUE OFRECE LA “CTGV” CON SUS CLIENTES

PRODUCTOS	<p>Todos los productos al ser elaborados artesanalmente y con materias primas naturales tienen ligeras variaciones en cuanto a formas, medidas y colores.</p> <p>Se reserva el derecho a no establecer relaciones comerciales con empresas con las cuales no comparten fundamentos éticos.</p> <p>En caso de existir productos con defectos de fabricación en el despacho, estos pueden reponerse previo acuerdo con el cliente.</p> <p>Se puede enviar muestras de productos previo acuerdo con el cliente.</p> <p>La producción de sus productos se puede adaptar a necesidades y gusto del cliente en cuanto a diseños y tamaños. Los diseños pueden ser de su exclusividad del cliente por tiempos a ser determinados</p>
PEDIDOS	<p>Se aceptaran un pedido mínimo de 500,00 dólares.</p> <p>Se reservan el derecho a no aceptar pedidos cuyas cantidades altas pueden crear una dependencia o alteración del proceso productivo local.</p> <p>Los pedidos se los puede realizar vía correo electrónico o fax.</p> <p>El cliente recibirá información del pedido en cuanto a cantidades, precios y plazos de entrega, por medio de una proforma que será enviada por e-mail o fax.</p> <p>El pedido se lo trabajará después de haber recibido una confirmación de aceptación del cliente vía e-mail o fax.</p> <p>Mientras se trabaja en su pedido usted recibirá información constante del avance de producción o cualquier inconveniente que exista.</p>
EMPAQUE	<p>Cada uno de los productos lleva una funda plástica con un borde de fibra natural y etiqueta de papel reciclado en francés, español.</p> <p>También se los puede empaquetar de acuerdo a especificaciones particulares del cliente.</p> <p>Nos reservamos el derecho de no utilizar materias primas en los productos o empaques que atentan el ambiente.</p>
FORMAS DE PAGO	<p>Después de haber recibido la confirmación de aceptación del pedido por parte del cliente, este deberá abonar el 50% del monto total de la compra, mediante transferencia bancaria y el 50% restante, 15 días después de haber recibido la mercadería.</p>
TRANSPORTE	<p>El costo del transporte, con seguro e impuestos corre a cargo del cliente.</p> <p>Previo acuerdo con el cliente se define el tipo de transporte que puede ser marítimo o aéreo y la compañía con la que desea trabajar.</p>

Fuente: Corporación Talleres del Gran Valle, CTGV 2005

Relación Comercial con la intermediación de Comercializadoras Solidarias

Una forma de comercialización la realizan con “Camari” que es una comercializadora solidaria con sede en la ciudad de Quito, los productos (maní, fréjol seco, café), son recogidos en la comunidad y acopiados en las bodegas de “Camari”, el producto es limpiado, zarandado y seleccionado y luego pesado en fundas de 1 kilo y ½ kilo para distribuirlo a las tiendas de comercialización solidaria de Quito (Sta. Clara y Mayorista), Latacunga, Riobamba, Esmeraldas, Lago Agrio, para el mercado nacional; estos productos son también enviados para el mercado internacional luego de tener un valor agregado es despachado para las comercializadoras solidarias CTM altomercado (Italia).

“**CAMARI**”⁸ es un sistema de comercialización nacional sostenible, basado en los principios del comercio solidario, institución que pertenece al Grupo Social “FEPP”, (Fondo Ecuatoriano Populorum Progressio); institución privada de finalidad social auspiciada por la Conferencia Episcopal Ecuatoriana, que contribuye a mejorar las condiciones de vida de los pequeños productores, con créditos, capacitación y asistencia técnica, mediante la orientación de su producción y la comercialización de sus productos, a la vez satisface las exigencias de clientes internos y externos con productos y servicios de alta calidad.

1.2.1 Proyecto para la Corporación Talleres del Gran Valle

La Corporación ha iniciado un nuevo proyecto que es la producción y comercialización de maní tostado, crudo y garrapiñado, tanto para el mercado nacional e internacional con el apoyo de Ong’s italianas como el “CRIC” (Centro Regionale de Intervento per la Cooperazione).

Debido a la demanda que van a tener este nuevo producto, los agricultores de la comunidad se ven obligados a mejorar su proceso productivo (Figura 1.14), añadiendo procesos y métodos técnicos (poscosecha), que permitan cubrir con la demanda en un menor tiempo, adaptándose a las necesidades y exigencias del

⁸ Corporación Talleres del Gran Valle, CTGV, 2005

cliente, el producto estará disponible en las tiendas de comercio justo de CTM-Italia y en el mercado nacional a través de “Camari”.

Tecnología poscosecha del maní

La tecnología poscosecha comprende varias operaciones luego del descascarado, con el objeto de acondicionar el maní cosechado para conservarlo en buenas condiciones higiénicas y asegurar su calidad en todas las etapas de producción, hasta el momento en que será consumido luego de varios meses. El acondicionamiento poscosecha es obtener granos de maní sanos, secos, limpios, libre de contaminantes (químicos o biológicos) y de excelente sabor.

“Comercio Justo”⁹

El Comercio Justo es una alternativa para pequeños agricultores y trabajadores asalariados, los cuales, han visto su desarrollo económico y/o social restringido por las condiciones de mercado.

Los pequeños agricultores pueden participar en el Comercio Justo si están constituidos en organizaciones (ya sean éstas cooperativas, corporaciones, asociaciones u otras formas de organización), capaces de contribuir al desarrollo económico y social de sus miembros y sus comunidades, y que estén bajo el control democrático de sus miembros; a esta alternativa de comercio está apuntando la Corporación Talleres del Gran Valle.

FIGURA 1.14 SECADO DE MANÍ EN LA COMUNIDAD DE LOS MANDURIACOS



Fuente: Corporación Talleres del Gran Valle, “CTGV”, 2005

⁹ Criterio Genérico de Comercio Justo, Versión enero 2003, pág 2

1.3 CARACTERÍSTICAS DEL MANÍ EN EL ECUADOR

El maní se cree originario de las regiones tropicales de América del Sur, donde algunas especies crecen de modo silvestre. El maní se cultiva en todos los países tropicales y subtropicales como también en los países de regiones templadas con veranos cálidos y prolongados. En el Cuadro 1.9 se da a conocer las características botánicas generales del maní.

CUADRO 1.9 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL MANÍ

Nombre Científico:	Arachis hypogaea L.
Nombres comunes:	Maní, cacahuate
Reino:	Vegetal
Clase:	Angiosperma
Subclase:	Dicotiledónea
Orden:	Oleaginosa
Género:	Arachis
Especie:	hypogaeaL.

Fuente: <http://www.secado del maní /secado de granos>

El maní es un producto de consumo humano directo y como tal debe ser concebido desde un principio con ese objetivo; debe visualizarse desde que se toma la decisión de sembrar maní y durante el desarrollo del cultivo, (cosecha y poscosecha).

En la cosecha se debe procurar mantener granos de maní sin daño mecánico y limpios, y sobre todo tomar en cuenta la humedad con la que se recoge el producto pero el principal factor que se debe tomar en cuenta es la humedad con la que se cosecha.

En el campo se logra la calidad primaria, donde la premisa básica está dada por el hecho de que la vaina es el mejor envase que puede tener el maní para su conservación por lo tanto se debe mantener la vaina del maní intacta durante todas las etapas del proceso productivo. (Figura 1.15).

FIGURA 1.15 CUIDADO DE LAS VAINAS DE MANÍ



Fuente: Corporación Talleres del Gran Valle, "CTGV", 2005

Variedades del maní en el Ecuador

En la actualidad se disponen de dos subespecies botánicas llamadas comúnmente: Virginia y Spanish. Cada una de estas subespecies se divide en dos clases comerciales. Los Virginia en Virginia y los Spanish, en Spanish y Valencia. En el cuadro 1.10 se puede conocer las características que tienen estas dos subespecies.

CUADRO 1.10 CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDADES DEL MANÍ EN EL PAÍS

VARIEDAD	VIRGINIA	SPANISH-VALENCIA
CARACTERÍSTICAS		
Ciclo Vegetativo	Tardío(145 días)	Precoz(90-110días)
Plantas de Color	Verde Oscuro	Verde Claro
Forma de Crecimiento	Rastrero	Recto
Ramificaciones	Varias con vainas de 2 Semillas	Menos cantidad de ramificaciones con vainas de 3-6 semillas
Resistencia a la Cercospora (Enfermedad de Manchas en las hojas)	Regular	No presentan resistencia
Cantidad de plantas /ha	100.000-125.000	200.000-250.000
Altura y ancho de la planta [cm].	40 X 20	30 X 15

Fuente:<http://www.neuland.com.py/spanish/mani.htm>, 2005-08-09

Requerimientos climáticos para el cultivo de maní

El maní como todos los productos necesitan condiciones climáticas adecuadas que permitan su desarrollo, en el Cuadro 1.11 se detallan las condiciones climáticas necesarias.

CUADRO 1.11 CONDICIONES CLIMÁTICAS PARA UN BUEN DESARROLLO PRODUCTIVO DEL MANÍ

TEMPERATURA	El tiempo de crecimiento y el ciclo vegetativo está determinado por la temperatura ambiental. La temperatura óptima para la germinación es de 45°C máximo y 15°C mínimo. La temperatura nocturna no deberá ser inferior a 10°C durante la maduración del fruto, las heladas son siempre perjudiciales para la planta, para su cultivo la altura máxima es de 2500 m.s.n.m.
LUZ	El maní tolera sombra y puede ser cultivado bien debajo de cultivos arbóreos o en cultivos mixtos junto con otras plantas.
AGUA	<p>Variedades tardías (hasta 145 días del ciclo vegetativo) requieren 500 - 1000 mm de precipitaciones para rendimientos satisfactorios; 300 - 500 mm permiten el cultivo de variedades precoces (hasta 100 días de ciclo vegetativo); 250 - 400 mm son suficientes siempre y cuando estén bien distribuidos para variedades extremadamente precoces.</p> <p>Entre la germinación y la floración principal se necesitará 300 mm para garantizar un buen crecimiento vegetativo existiendo una relación directa entre el número de brotes, flores y la formación de vainas.</p>
SUELO	<p>El suelo ideal para maní es un suelo bien drenado sobre todo suelos que facilite la penetración de los gínforos y el arranque fácil a la cosecha, de color claro, con estructura suelta, grumoso, arenoso-limoso, con suficiente contenido de cal y un buen contenido en materia orgánica.</p> <p>El maní se desarrolla mejor con un pH ligeramente ácido (6,0-6,5). En un suelo de esta característica el maní desarrolla un sistema radicular amplio y profundo, confiriendo a la planta menor susceptibilidad a la sequía. El maní es susceptible a la salinidad del suelo (máx. 4mS/cm), los suelos pardos suelen teñir la cáscara.</p> <p>El maní por lo general, no responde a la aplicación directa de fertilizantes excepto en suelos extremadamente pobres en nutrientes.</p>

Crecimiento y desarrollo del cultivo del maní

Las prácticas culturales, como el control mecánico de malezas, fertilizantes, aplicación de fungicidas, insecticidas, herbicidas o el riego, dependen del estado de crecimiento de la planta de maní, por lo cual es importante identificar los diversos estados por los cuales atraviesa la planta desde su nacimiento hasta su cosecha que se pone en referencia en el cuadro 1.12

CUADRO 1.12 CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DEL MANÍ

	<p style="text-align: center;">CRECIMIENTO O CICLO VEGETATIVO</p> <p>El maní es una planta herbácea anual que alcanza unos 75 cm. de altura y hasta 1.2 m. de extensión.</p> <p>Según la variedad el desarrollo de los brotes puede ser: erguido y compacto, mientras que otros se extienden sobre el terreno llamados rastreros. El tallo es angular o cilíndrico con entre-nudos bien marcados de color verde.</p> <p>El alargamiento de los tallos y el crecimiento de nuevas hojas es relativamente lento durante los primeros 40-50 días desde la siembra, luego se incrementa rápidamente hasta que las plantas alcanzan 100 – 110 días de edad.</p> <p>Variedades tardías alcanzan su crecimiento vegetativo en 145 días, en cambio, variedades precoces alcanzan hasta 100 días del ciclo vegetativo.</p>
	<p style="text-align: center;">DESARROLLO REPRODUCTIVO</p> <p>La floración comienza a los 35-40 días después de la siembra en los nudos cercanos al eje de la planta sobre los tallos laterales cotiledonares. Los ovarios que se convertirán en la semilla dentro de la vaina después de ser fertilizados, están ubicados en la base de la flor. Las células ubicadas inmediatamente debajo de los ovarios comienzan a alargarse y formar el ginoforo, comúnmente llamado "clavo".</p> <p>El clavo es atraído hacia la tierra y en 5-7 días penetra en el suelo hasta una profundidad de 3 a 5 cm. a menos que se lo impida un suelo muy seco y duro.</p> <p>Después que el clavo alcanza la máxima profundidad en el suelo, el extremo del mismo que contiene los ovarios fertilizados comienza a alargarse horizontalmente formando las vainas y semilla. Aunque el desarrollo de las vainas alcanza el máximo tamaño en aproximadamente 20 días, la madurez de la semilla requiere aproximadamente 60 días después que el clavo penetra en el suelo.</p>
	<p style="text-align: center;">FRUTO DEL MANÍ</p> <p>El fruto del maní es una cápsula indehiscente fibrosa de 4 a 6cm de largo y aproximadamente de 1.5 a 2 cm. de espesor, que por lo general contiene de 2 a 4 semillas. La semilla varía en su forma, color y tamaño que puede ser esférica, elíptica o alargada, con coloraciones desde el casi blanco oleoso al morado oscuro.</p>

Fuente: Oleaginosas, Universidad Agraria La Molina (Perú) ,Ulises Osorio Ángeles, Especialista en Oleaginosas

Ciclo productivo del maní

El maní es un producto de consumo humano directo y como tal debe ser concebido desde un principio con ese objetivo. Este objetivo debe visualizarse desde la toma de decisión de sembrar maní y durante el desarrollo del cultivo, cosecha y poscosecha la cual se detalla en el Cuadro 1.13.

CUADRO 1.13 CICLO PRODUCTIVO DEL MANÍ

SIEMBRA	Para la siembra se prepara el suelo de manera profunda, suelto y no demasiado fino para evitar encenagamiento cuando llueva. Para lograr la germinación homogénea y para evitar fallos, la profundidad de siembra debería ser uniforme entre 3-5 cm. Las semillas de (2 a 4) se las apisona ligeramente con el pie o pasando un rodillo.
COSECHA	La cosecha del maní se realiza cuando las plantas toman un color amarillento, entonces se arrancan del suelo y se separan los frutos, la mejor calidad de los frutos resulta con un contenido de humedad de 20-25% debido a que todas las vainas se separan con facilidad e íntegramente.
SECADO	Inmediatamente después de la cosecha las vainas se secan al sol o artificialmente hasta un contenido de humedad de 6-7%. El secado debe realizarse lo más rápido posible, caso contrario puede incrementarse de forma extrema el contagio con aflatoxinas. Las aflatoxinas son sustancias, producidas por hongos, (<i>Aspergillus</i> sp) tóxicas para la salud humana y animal, las tolerancias para este hongo están entre 1 y 3 ppb. Los factores adversos que predisponen el ataque de estos hongos son : falta de madurez, exceso de madurez , estrés hídrico en el período de madurez, daño mecánico, daño por insectos, impurezas, alta humedad de los granos , condiciones de alta humedad y temperatura ambiente.
ALMACENAMIENTO	Los principios de almacenamiento para productores, acopiadores e industriales son los mismos, requieren sanidad y limpieza de las instalaciones y un buen control de la ventilación para proveer un ambiente fresco y seco. Además, la base de una buena conservación es almacenar maní seco, sano, limpio, libre de insectos y otros contaminantes.

Fuente: <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea17s/ch32, 2005-08-09>

Enfermedades del maní y su control

Las enfermedades más comunes del maní durante su ciclo vegetativo se detallan en el Cuadro 1.14

CUADRO 1.14 ENFERMEDADES DEL MANÍ Y SUS CARACTERÍSTICAS

ENFERMEDADES DEL MANÍ	CARACTERÍSTICAS
Roya del maní (Puccinia arachidis sp.)	Es un moho de color marrón que se presenta por debajo de la hoja, especialmente en la época húmeda y en terrenos húmedos.
Manchas pardas de las hojas del maní (Cercospora arachidis)	Se presenta con una forma parecida a la roya del maní en la parte superior de las hojas. La mancha destruye el tejido de la hoja secando la zona afectada.
Manchas negras de las hojas del maní (Cercospora personata)	Son otra forma de viruela pero de color negro, que ataca a las hojas.
Marchites bacteriana (Pseudomonas solanaceae)	Los síntomas consisten en una marchites general de la planta secándola totalmente. Se presenta atacando plantas aisladas del cultivo especialmente en las zonas más húmedas del terreno.

Fuente: <http://www.neuland.com.py>

Control de enfermedades del maní

El control de estas enfermedades resulta difícil ya que se trata de parásitos facultativos, que permanecen en el terreno a través de sus formas de resistencias, o viven saprofiticamente (microorganismos que se alimentan de materias orgánicas en descomposición), sobre los restos de los vegetales. A fin de disminuir la acción y difusión de los mismos es necesario llevar a cabo una serie de medidas preventivas fundamentales que se dan a conocer en el Cuadro 1.15

CUADRO 1.15 CONTROL DE ENFERMEDADES DEL MANÍ

Nº	Control de enfermedades del maní
1	Preparar la tierra en forma adecuada, evitando sembrar en terrenos donde la materia orgánica no esta bien descompuesta. Para ello se debe realizar el arado bien temprano y profundo antes de la siembra del maní.
2	Evitar el arado profundo que al cubrir excesivamente los tallos predispone el ataque de los organismos.
3	Rotación de cultivos (maíz, fréjol, algodón, etc.)
4	Utilizar semilla de buena calidad y desinfectada.
5	Mantener el cultivo limpio de malezas.
6	Además de las plagas y enfermedades, los riesgos principales que pueden afectar la producción son la falta de agua en la etapa de floración y formación de los frutos y exceso de lluvia al momento de la cosecha.

Fuente: <http://www.oas.org/usde/publications>

El cultivo de maní con baja presencia de malezas durante todo su ciclo, permite incrementar los rendimientos y realizar con mayor eficiencia las tareas posteriores de arrancado, descapotado, almacenaje, descascarado e industrialización, permitiendo alcanzar un producto final de mayor calidad.

Producción del maní en el Ecuador¹⁰

La producción del maní en el Ecuador no es muy difundida limitándose su cultivo en las provincias de Manabí, Guayas, El Oro y Loja. El INIAP es la única institución que ofrece semillas certificadas en el país, que ayuda a tener un mejor rendimiento en la producción, en el Cuadro 1.16 se detalla la ficha técnica del maní.

Actualmente el mercado que tiene el maní se ha caracterizado por tener una demanda que supera ampliamente a la oferta, generando oportunidades de mercado atractivas, especialmente para la producción agrícola orgánica de éste.

¹⁰ Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo, INEC 2003

CUADRO 1.16 FICHA TÉCNICA DE VARIEDADES

Cultivo	MANI
Nombre científico	Arachis hypogaea
Variiedad	INIAP-381 Rosita
Estación experimental.	Portoviejo y Boliche
Programa	Oleaginosas
Fecha	2003
Responsables	Guamán J, Ricardo; Ullauri R, José; Mendoza Z, Heriberto.
Adaptación	Altura máxima 1250 msnm. Temperatura optima entre 25 y 30°C. Tolerante a la sequía. Requiere precipitación de 500 y 1000 mm. para la producción comercial.
Rendimiento	Rendimiento: 2.522 kg/ha de maní en cáscara, estadísticamente igual a los testigos '717-B' con 2.503 kg/ha e 'INIAP 380' con 2.616 kg/ha.
Origen	Proviene de una selección individual de la línea "Rosita Loja" colectada por INIAP en 1999 en la zona de Portoviejo.
Características Morfológicas y Agronómicas	Presenta características agronómicas deseables como precocidad, alto rendimiento y tolerancia a las principales plagas. Características morfológicas: Pertenece al grupo botánico 'Valencia'; es de hábito semierecto, floración secuencial, hojas compuestas, generalmente tienen 4 foliolos de forma elíptica-oblonga y de color verde claro; el tallo es verde rojizo (fases reproductivas) y las vainas son lisas, contiene de 3 a 4 granos de color rosado. El peso de 100 semillas es de 39 g en promedio. Florece en promedio a los 31 días; se cosecha entre 90 y 100 días después de la siembra. Alcanza una altura promedio de 45 cm; 10 a 20 vainas por plata; 3 a 4 semillas por vaina, 14 % de vaneamiento. Peso de 100 semillas 39 g.
Reacción a Plagas y Enfermedades	Presenta resistencia y/o tolerancia a cogollero (<i>Stegaska bosquella</i>), trips (<i>Frankliniella</i> sp), cercosporiosis (<i>Cercospora arachidicola</i>) y roya (<i>Puccinia arachidis</i>).

Características del maní que se siembra en la Corporación Talleres del Gran Valle “CTGV”

Las características técnicas y botánicas del maní que se produce en los terrenos de la “CTGV” se da a conocer en el cuadro 1.17

CUADRO 1.17 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MANÍ

Nombre Científico:	Arachis hypogaea L.
Familia:	Oleaginosa
Variedad:	INIAP 381 Rosita, Valencia
Período Vegetativo:	120 días
Requerimiento de Suelo:	Franco arenoso, pH 6.0 - 7.5 (5.8 - 6.5). Arada profunda, dos o tres pases de rastra y nivelación.
Épocas de Siembra:	Época lluviosa: Sembrar calculando que para la cosecha se disponga de tiempo seco. Época seca: Sembrar inmediatamente después de finalizado el periodo para aprovechar la humedad remanente del suelo.
Época de Cosecha:	90 - 120 días
Temperatura óptima:	20 °C -25 °C
Temperatura máxima:	28 °C
Temperatura mínima:	15 °C
Manejo Técnico:	
Semilla (kg/ha):	30 – 40
Distanciamiento (m):	Erectos: 0.60 - 0.70 m x 0.20 m
Semillas por golpe	2 – 3
Tipo de siembra	Directa
Fertilizantes:	
Nitrógeno (N). (Kg/Ha):	100 -120
Fósforo (P). (Kg/Ha):	60 – 80
Potasio (K). (Kg/Ha):	40 - 60
Riego:	
Frecuencia de Riego (días):	20 - 25 días
Principales Plagas:	Gusano picador del follaje, gusano de tierra, arañita roja.
Principales Enfermedades:	Pudrición radicular
Consideraciones Adicionales:	Altura de Planta: 0.50 - 0.80 m
	Profundidad de raíz: 0.30 m
	Energía: 590 cal / 100 gr
	Proteína: 27.1 gr / 100 gr
	Grasa: 48.2 gr / 100 gr
	Tolerante: a la acidez del suelo.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTOS DEL SECADO DE GRANOS

Este capítulo trata de los procesos industriales más utilizados en el secado térmico de los granos, como también de los parámetros que se debe tomar en cuenta para el diseño de los secadores que permitirán no alterar las propiedades físicas y químicas del grano como su precio en el mercado.

2.1 SECADO DE GRANOS¹¹

El secado de granos consiste en extraer parte del agua que naturalmente contiene cuando ya ha alcanzado su madurez fisiológica, hasta que alcance niveles de humedad que permita almacenarlo durante un periodo largo en condiciones ambientales normales y óptimas para su comercialización, sin que pierda sus propiedades nutricionales y organolépticas (sabor, textura, aroma y color), y además reduce el costo de transporte y almacenamiento por la disminución del peso y volumen de los productos.

El secado de granos puede efectuarse aplicando tanto métodos tradicionales como métodos tecnológicos, que se complementarán con comparaciones cuantitativas, técnicas y financieras.

Antes de utilizar cualquiera de estos dos métodos, es necesario realizar una pre-limpieza de los granos para eliminar tierra, hojas, tallos, granos sueltos y vainas inmaduras, estas impurezas impiden el paso de aire entre el volumen de los granos y además favorecen el desarrollo de hongos y la formación de aflatoxinas.

El agua contenida en el grano puede ser retirada mecánicamente por centrifugación y térmicamente por evaporación.

“Madurez Fisiológica

Es la etapa del grano, en la que se ha producido el máximo crecimiento, acumulación de materia seca y con un alto contenido de humedad.

¹¹ <http://www.fao.org.com/secado de granos>.

Madurez Comercial.

Etapa del grano que ha cumplido su madurez fisiológica y que posee características adecuadas para su comercialización, almacenamiento e industrialización.”¹²

En el cuadro 2.1 se explica la extracción del agua contenida en los granos por los métodos de centrifugación y evaporación respectivamente.

CUADRO 2.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS MÉTODOS DE LA EXTRACCIÓN DEL AGUA CONTENIDA EN LOS GRANOS

MÉTODO DE EXTRACCIÓN	CARACTERÍSTICAS
CENTRIFUGACIÓN	<p>La centrifugación es una técnica de separación de partículas, se basa en la diferencia de velocidades de desplazamiento de las partículas en un medio líquido al ser sometidas a un campo centrífugo.</p> <p>Las fuerzas que actúan sobre la partícula son: el peso y la fuerza centrífuga debido al giro que experimenta. La suma de estas dos fuerzas da como resultante otra fuerza denominada peso efectivo; y es la fuerza real que produce la sedimentación, y la que lleva a la partícula al fondo del recipiente.</p>
EVAPORACIÓN TÉRMICA	<p>La característica esencial del proceso de secado por evaporación térmica es la eliminación parcial o total del agua contenida en el grano por la diferencia de presión existente entre la humedad del grano y la humedad del aire, por medio de una corriente de aire caliente o natural sobre el grano. En el secado por evaporación térmica existen dos métodos de secado que es el natural y el artificial. El calor que se transmite al grano se realiza por los principios básicos de transferencia de calor (convección, conducción y radiación).</p>

Fuente: Secado de granos; La ingeniería en el desarrollo

¹² Grain inspection handbook II soybeans federal grain inspection service, 2003

Secado de granos por centrifugación¹³

La centrifugación se puede definir como la operación, que consiste en separar las sustancias por medio de la aplicación de una fuerza centrífuga. Las aplicaciones de la centrifugación se emplean en operaciones como:

1	Separación de líquidos inmiscibles
2	Clarificación centrífuga
3	Separación de lodos
4	Filtración centrífuga

- **Separación de líquidos inmiscibles**

Permite separar por medios centrífugos dos líquidos de densidades diferentes.

- **Clarificación centrífuga**

Se utiliza para describir la separación por medios centrífugos de pequeñas cantidades de sólidos insolubles contenidos en un líquido.

- **Separación de lodos**

Es la separación por medios centrífugos de los sólidos contenidos en un líquido cuando la cantidad de sólidos presentes excede aquella que se puede manejar con una clarificadora. En estos sistemas se dispone de medios para extraer los sólidos de la cámara de centrifugación.

- **Filtración centrífuga**

Se entiende a la separación de los sólidos de un líquido por filtración cuando el flujo del filtrado es producido por medios centrífugos.

Para el secado de sólidos se utiliza el método de filtración, estas centrífugas se han usado extensamente en el refinamiento del azúcar para recuperar, lavar y secar los cristales de azúcar como también de otros productos alimenticios. También se ha utilizado en la extracción de jugos de frutas y verduras, en la recuperación de proteínas vegetales, en operación de concentración por congelación y en otros campos como la separación de líquidos contenidos en los sólidos.

¹³ Las operaciones de la Ingeniería de los alimentos, BRENNAN, J.

Secado de granos por evaporación térmica

El secado de granos por evaporación térmica es uno de los principales procedimientos de las operaciones poscosecha de los productos; el grano se deshidrata rápidamente hasta proporcionar un ambiente difícil para el crecimiento bacteriano y para garantizar condiciones favorables para el almacenamiento y la posterior transformación del producto. Además permite reducir las pérdidas ocasionados por fenómenos que pueden producirse durante el almacenamiento de los granos como:

- Germinación prematura e intempestiva de los granos
- Enmohecimiento
- Proliferación de insectos

Para este proyecto de tesis, se estudia la aplicación del secado por evaporación térmica, por ser el medio más usado y económico para el secado de granos.

2.2 MÉTODOS DE SECADO DE GRANOS POR EVAPORACIÓN TÉRMICA

El secado de granos se ha transformado en un proceso obligatorio como consecuencia de la cosecha anticipada, es decir, cosechar cuando aún el grano no ha adquirido su madurez comercial.

Para el secado de granos por evaporación térmica los métodos más utilizados se dan a conocer en el Cuadro 2.2

CUADRO 2.2 PRINCIPALES MÉTODOS DE SECADO DE GRANOS POR EVAPORACIÓN TÉRMICA

Nº	MÉTODO DE SECADO
1	SECADO NATURAL
2	SECADO ARTIFICIAL

Secado Natural

El secado natural es una forma antigua de lograr que el grano adquiriera niveles adecuados de humedad para su fácil conservación. Es uno de los sistemas más comunes y de más bajo costo ya que no exige de técnicas, ni de la disponibilidad de instalaciones especiales; es más utilizado en la producción de granos donde no se alcanza volúmenes elevados.

Este método consiste en exponer al aire (al sol o a la sombra) los productos cosechados; para obtener el contenido de humedad deseado de los granos, se extienden los granos en capas finas sobre una superficie de seca (concreto, ladrillo, esteras, láminas metálicas, etc.), donde se exponen al aire (al sol o a la sombra) durante un tiempo aproximado de 10 a 15 días. Para obtener un secado uniforme, hay que remover frecuentemente los granos, sobre todo si están expuestos directamente a los rayos solares. (Figura 2.1)

FIGURA 2. 1 SECADO NATURAL DE CAFÉ



Fuente: Enciclopedia Encarta 2005

La principal desventaja del secado natural, es que es un procedimiento demasiado lento, en el cual el grano se encuentra expuesto a cambios climáticos impredecibles de humedad y temperatura, por lo cual no es aconsejable exponer a los granos en los siguientes casos:

- 1.- No es aconsejable realizarlo en regiones húmedas, o durante la estación lluviosa. Además, para que el secado sea eficaz, la humedad relativa del aire no debe superar el 70%.
- 2.- La exposición prolongada de los granos a los agentes atmosféricos y por consiguiente a la acción de animales dañinos (insectos, roedores, aves) y de microorganismos (moho) puede causar también pérdidas del producto.
- 3.- Evitar la exposición nocturna de los granos, el frío de la noche, aumenta la humedad relativa del aire, con lo cual favorece la rehumectación de los granos.
- 4.- Un secado natural corto de los granos o excesivamente lento puede acarrear, durante el almacenamiento, pérdidas importantes del producto.

Resulta poco práctico, no sólo por la mano de obra excesiva que consume sino porque no constituye un proceso que asegure que los granos alcancen el porcentaje de humedad deseado.

El secado natural es aconsejable realizarlo en los siguientes casos:

- Cuando las condiciones atmosféricas son propicias para una reducción del contenido de humedad en un lapso de tiempo relativamente corto.
- Cuando las cantidades de grano con que se opera son moderadas.
- Cuando la estructura de la producción y las condiciones socioeconómicas no justifican los gastos correspondientes a la compra de una instalación de secado artificial.

Secado Artificial

El secado artificial es un procedimiento más seguro que el secado natural, es menos dependiente de las condiciones climáticas; es más rápido y permite evitar algunos daños que ocurren durante el secado natural, ahorrando recursos tanto humanos como económicos.

Se utiliza en grandes producciones destinadas a la industrialización del producto, disminuyendo recursos y garantizando una calidad homogénea del grano.

Este sistema consiste en colocar los granos en secadores y someterlos a una corriente controlada de aire, que puede ser aire natural o aire caliente.

- **Aire Natural**

La extracción de la humedad del grano se realiza mediante la circulación del aire a temperatura ambiente, esta circulación se realiza por medio de ventiladores que distribuyen el aire por entre la masa de los granos de una manera uniforme. El grano deberá secarse lo antes posible, con lo que se evitará inconvenientes en la calidad del mismo. En el Cuadro 2.3 se dan a conocer las ventajas y desventajas de este método.

CUADRO 2.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SECADO CON AIRE NATURAL

VENTAJAS		DESVENTAJAS	
✓	Bajo costo inicial del equipo	✓	Dependencia de las condiciones climáticas
✓	Facilidad de manejo y control	✓	Lentitud del secado
✓	Necesidad de supervisión especial baja	✓	Peligro de ataque de hongos
✓	Menor riesgo de incendios		-

Fuente: <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea17s/ch32>

- **Aire Caliente**

El grano es expuesto a corrientes de aire caliente, mediante sistemas que permiten regular en forma eficiente diferentes intensidades del flujo de aire y de temperaturas (ventiladores y calefactores). Las ventajas y desventajas de este método se detallan en el cuadro 2.4

CUADRO 2.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SECADO CON AIRE CALIENTE

VENTAJAS		DESVENTAJAS	
✓	Secado rápido	✓	Costo inicial elevado
✓	Independencia de factores ambientales	✓	Supervisión especial y controlada
✓	Alto volumen de secado	✓	Mayor riesgo de incendio
✓	Eficiencia en el secado de granos muy húmedos		-

Fuente: <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea17s/ch32>.

2.2.1 Procesos de secado de granos por evaporación térmica¹⁴.

El proceso de secado por evaporación térmica consiste en la eliminación de humedad de los granos, involucrando los fenómenos de transferencia de calor y masa en forma simultánea. La transferencia de masa ocurre cuando el grano pierde humedad y la transferencia de calor se produce cuando el aire caliente entrega calor al grano, iniciándose la evaporación del agua en el grano. En el Cuadro 2.5 se da a conocer la clasificación de los procesos de secado por evaporación térmica.

CUADRO 2.5 CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS PARA EL SECADO DE GRANOS

Nº	CLASIFICACIÓN
1	Secado con aire caliente. -Se pone el grano en contacto con una corriente de aire caliente. El calor se suministra al grano principalmente por convección.
2	Secado por contacto directo con una superficie caliente. - El calor se suministra al grano, principalmente por conducción.
3	Secado por aplicación de energía. - El calor se suministra al grano por una energía procedente de una fuente radiante, de microondas o dieléctrica

Fuente: Secado de granos; La ingeniería en el desarrollo

Transferencia de Calor por Convección (Directo)¹⁵

En el secado por convección, el grano húmedo se seca al pasar sobre el una corriente de aire caliente; este aire transfiere calor al grano y elimina el vapor formado; si el aire caliente es suministrado al sistema a temperatura y humedad constantes se observa que el proceso de secado ocurre en dos etapas diferentes, que se desarrolla en el Cuadro 2.6.

¹⁴ Las operaciones de la Ingeniería de los Alimentos, (1970), Pág 236

¹⁵ Procesos de ingeniería química ;Nohenbel

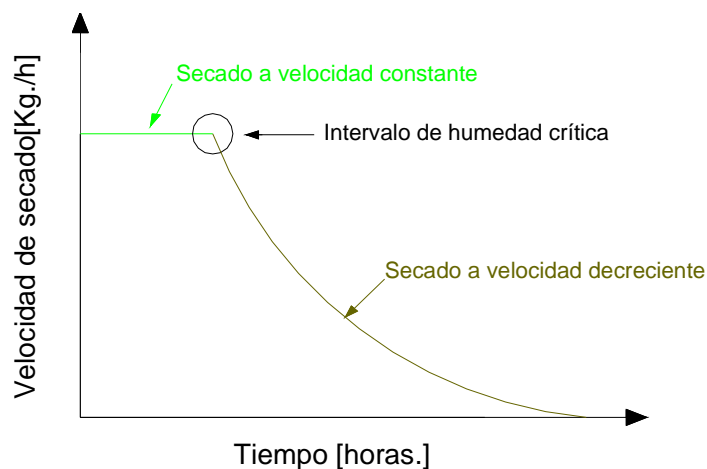
CUADRO 2.6 ETAPAS DEL SECADO CONVECTIVO

ETAPA	CARACTERÍSTICA
Velocidad Constante	Corresponde al caso en que el grano pierde el agua libre de absorción. (Agua que ocupa espacios intergranulares y poros). A este periodo se lo denomina también de bulbo húmedo por mantenerse las condiciones externas constantes.
Velocidad Decreciente	En este período el grano pierde el agua de saturación de las capas superficiales. En esta fase la humedad contenida tiende a equilibrarse con el estado higrométrico del aire de secado.

Fuente: Secado solar de granos, ICAITI

Cuando el agua contenida en los granos comienza a disminuir se conoce como humedad crítica, generalmente el cambio tiende a ocurrir en forma gradual dentro de un intervalo de humedad, como se puede observar en las curvas típicas de secado, (Figura 2.2).

FIGURA 2.2 CURVAS TÍPICAS DE SECADO CONVECTIVO



Fuente: Procesos de Ingeniería Química; Nohenbel, Pág 13

Calentamiento por Conducción (Indirecto)

En el secado por conducción, el grano húmedo se calienta a través de la pared del secador, de manera que el líquido se evapora y sale de la instalación en forma de vapor. Los secadores operan frecuentemente a presión reducida, disminuyendo la temperatura de ebullición del líquido y aumentando así la diferencia de temperatura entre el medio calefactor y el grano. Durante este proceso de secado el grano adquiere la temperatura de la pared del medio calefactor, tendiendo a que el grano cercano a la pared se seque más rápido que el grano que se encuentra más alejado.

Es posible entonces distinguir una etapa inicial de secado rápido y otra de secado a baja velocidad que puede parecerse a los períodos de velocidad constante y velocidad decreciente del secado convectivo. Estas etapas dependen más de las condiciones operativas y del diseño del equipo que del grano a secar. En general, la velocidad de secado disminuirá progresivamente al avanzar la desecación, por lo tanto, es más conveniente considerar la velocidad de secado desde el punto de vista de la variación del coeficiente de transferencia de calor y de la diferencia de temperaturas.

Calentamiento por Radiación

La radiación es el mecanismo predominante de transferencia de calor en secadores infrarrojos, pero habitualmente solo representa una pequeña mejora de la transferencia por convección o conducción. La radiación es considerada como una simple corrección aplicable a los mecanismos de convección y conducción.

El efecto de la radiación sobre la superficie del material a secar incrementa la velocidad de secado respecto a la determinada por el mecanismo predominante sea de convección o conducción.

Para el secado de granos tienen mayor aplicación práctica los secadores directos (transferencia de calor por convección), ya que el aire caliente se sopla

sobre la superficie del grano húmedo proporcionando dos efectos, entregar calor y eliminar el vapor formado.

Por lo tanto para efecto de aplicación de este proyecto de titulación se estudia el secado por convección.

2.3 SECADORES DE GRANOS POR CONVECCIÓN

El intercambio de calor y de humedad entre el aire y el grano que se seca en un secador tiene las siguientes funciones que se detallan en el Cuadro 2.7, así como los elementos que conforman los secadores se enuncian en el Cuadro 2.8, estos se pueden observar en la Figura 2.3.

CUADRO 2.7 FUNCIONES QUE CUMPLEN LOS SECADORES

Nº	INTERCAMBIO DE CALOR ENTRE EL AIRE Y EL GRANO EN UN SECADOR
1	Cede al grano que se esta secando las calorías necesarias para la difusión y evaporación de la humedad.
2	Absorbe el vapor de agua que se va produciendo, y lo conduce fuera del secador.
3	Barre de la superficie del grano la película de aire húmedo, disminuyendo su espesor.

Fuente: PISTONO Raschieri, J; Desección de los productos vegetales; Reverte, Barcelona

CUADRO 2.8 ELEMENTOS QUE CONFORMAN LOS SECADORES

Nº	ELEMENTOS
1	Cuerpo del secador o cámara de secado
2	Generador de aire caliente
3	Ventilador.

Fuente: <http://www.secado> de granos a altas temperaturas.

Cámara de secado

Es el lugar donde se coloca el grano a secar y consta de una serie de componentes que permiten el intercambio del aire con el grano.

Generador de aire caliente

Es un quemador que calienta el aire ambiente para disminuir su humedad relativa, existiendo dos maneras en que el aire se calienta, pudiendo hacerlo directamente o indirectamente (Cuadro 2.9).

CUADRO 2.9 CLASIFICACIÓN DE LOS QUEMADORES

Directo	El aire a utilizar para el secado, se mezcla con los productos de la combustión originados en la llama. Este sistema es el más utilizado en el país y el combustible puede ser gas, fuel oil, gas oil o mezcla. La principal ventaja de este tipo de quemador, es que todo el calor generado es transmitido a la masa de granos, pero la principal desventaja radica, en que en el caso de existir combustión incompleta, los productos de la misma se mezclan con el aire y pueden producir el olor de la mala combustión a la masa de granos.
Indirecto	Mediante este método los gases circulan por tubos previamente calentados, bajando así la posibilidad de contaminación por productos de la combustión.

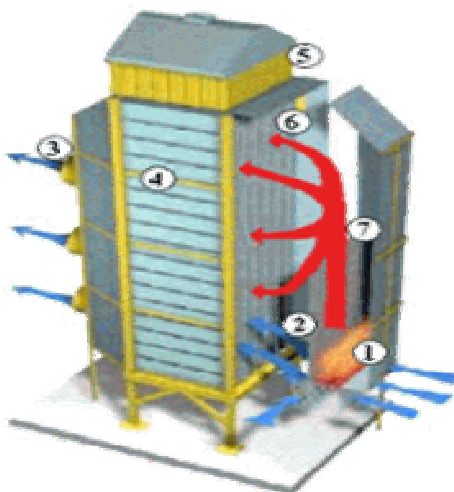
Fuente: <http://www.secado de granos a altas temperaturas>.

Ventilador

Impulsa el aire caliente por entre la masa de granos, generalmente son dos o múltiplos de dos, uno pasa aire caliente y otro pasa aire frío. Es importante considerar dos aspectos al momento de la selección:

1. El caudal de aire que arrojan, debe estar en relación con el grano que se seca por hora.
2. La presión del aire debe estar en relación con el espesor de la masa de granos que se quiere secar.

FIGURA 2.3 ESQUEMA DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE UN SECADOR DE FLUJO CONTINUO



- 1 Quemador de llama continua, ocupa todo el ancho de la secadora evitando venas frías, logrando mayor uniformidad en la temperatura de secado.
- 2 Compuerta separadora de la cámara de aire frío (permite secar todo calor o enfriar en la máquina).
- 3 Ventiladores con alabes de alto rendimiento y baja emisión sonora. Arranque directo.
- 4 Armazón en cada módulo, asegurando la rigidez estructural.
- 5 Sensores de nivel - Tolva llena y vacía.
- 6 Columnas de aire sin pisos intermedios.
- 7 Cámara de homogeneizado.

Fuente:<http://www.viarural.com.ar/insumosagropecuarios/agricolas/secadoradegranos/mega.htm>.

2.3.1 Tipos de secadoras de granos

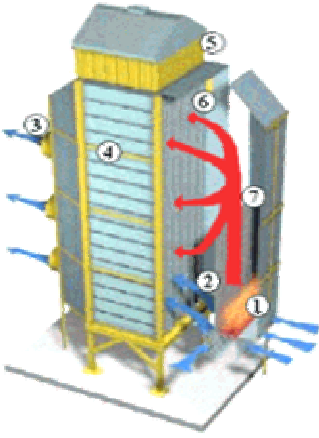
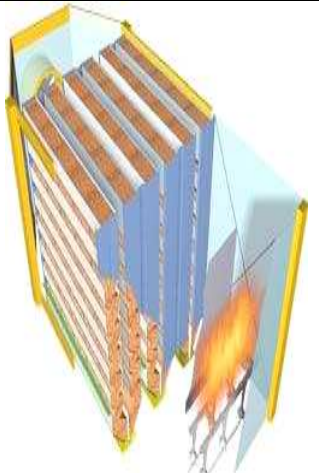
Los secadores de granos se clasifican de acuerdo al flujo del producto de la siguiente manera:

N°	SECADORAS
1	FLUJO CONTINUO
2	TANDAS O LOTES

Secadoras de flujo continuo

Son aquellas en las que el grano se introduce y descarga en forma continua, permaneciendo constantemente llenas las secciones de secado. Las operaciones de secado se efectúan en forma simultánea e ininterrumpida.

En el Cuadro 2.10 se señala la clasificación de las máquinas secadoras de flujo
CUADRO 2.10 CLASIFICACIÓN DE LAS SECADORAS DE FLUJO CONTINUO

TIPO DE SECADORA	ESQUEMA
<p style="text-align: center;">FLUJO CRUZADO (DE COLUMNAS)</p> <p>Las secadoras de flujo cruzado, también llamadas "de columnas" poseen columnas rectas por donde circula el grano por gravedad; las columnas están formadas por paredes de chapas perforadas, las que atraviesa el aire caliente en forma cruzada o perpendicular al espesor de la columna. El principal problema en este tipo de secadoras es el gradiente de humedad que se crea en la columna de secado. El grano cercano a la pared por donde ingresa el aire caliente se sobre calienta y sobreseca respecto al grano cercano a la pared por donde sale el aire. Esta característica obliga a ajustar el manejo de esta máquina, sobre todo en la regulación de la temperatura, que puede producir problemas de desuniformidad de secado del grano.</p>	 <p style="text-align: center;">(Figura 2.2)</p>
<p style="text-align: center;">FLUJO MIXTO (DE CABALLETES)</p> <p>Las secadoras de flujo mixto son también llamadas de "caballetes". Este tipo de secadoras realizan un secado más homogéneo del grano, evitando en gran medida los problemas que poseen las secadoras de columna y permitiendo trabajar a temperaturas de secado superiores. Las secadoras de columnas, generalmente utilizan menor energía para mover el aire a través de los granos y por lo tanto son más eficientes.</p>	

Fuente: <http://www.viarural.com.ar/insumosagropecuarios/agricolas/secadoradegrano/mega.htm>.

http://www.curva%20de%20secado/leccion7_6.htm

En esta clase de secadoras se pueden secar los siguientes tipos de granos (Cuadro 2.11).

CUADRO 2.11 GRANOS QUE SE PUEDEN SECAR EN ESTE TIPO DE SECADORAS “COLUMNA Y CABALLETE”.

SECADORA	TIPO DE GRANO							
	Trigo	Girasol	Maíz	Soya	Maní	Fréjol	Arroz	Café
SECADORA DE “COLUMNA”	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO
SECADORA DE “CABALLETES”	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	NO

Fuente: Secado de granos; La ingeniería en el desarrollo

Secadoras de tandas o lotes

En este tipo de secadoras se produce un frente de secado, que se desplaza desde abajo hacia arriba a medida que se va secando los granos. Al finalizar el secado, debe haber una diferencia no mayor al 2% de humedad entre el estrato superior y el inferior. El grano húmedo se coloca en la cámara de secado, y se mantiene en ella hasta que el grano es secado. Posteriormente, el grano es extraído y la secadora se vuelve a llenar con otra tanda.

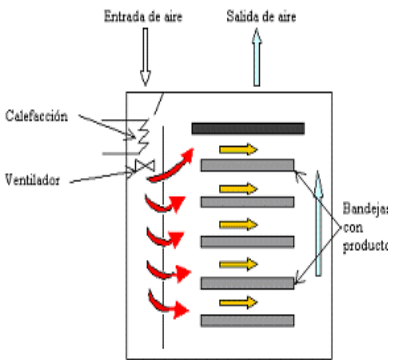
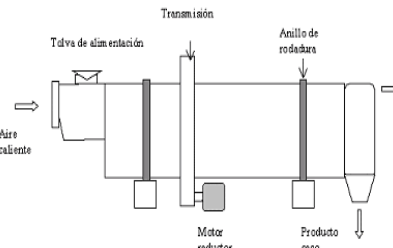
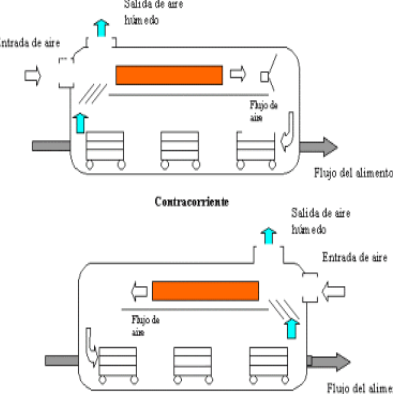
Las secadoras en tandas son en general de baja capacidad y pueden ser empleadas en la propia finca por el productor.

Para este sistema, los ventiladores deben proporcionar una corriente de aire de por lo menos 0,25 [m³/s.] por cada [m²] de superficie, a una presión estática de 1,9 [cm. de agua].

También es posible este secado estacionario realizarlo con silos secadores con base cónica y un tubo central cribado que distribuye el aire a través de las vainas del maní. Este sistema es posible utilizarlo en las plantas ya que se puede automatizar su carga y descarga.

La clasificación de las secadoras de tandas o lotes se detalla en el Cuadro 2.12

CUADRO 2.12 CLASIFICACIÓN DE LAS SECADORAS POR TANDAS O LOTES

TIPO DE SECADOR	ESQUEMA
<p style="text-align: center;">SECADOR DE BANDEJAS</p> <p>El grano que se va a secar se coloca sobre las bandejas en capas delgadas de (1 a 6 cm. de espesor), estas a su vez se colocan en la cámara de secado en forma individual dependiendo de la capacidad del secador se cargan y descargan manualmente; las bandejas deben ser perforadas en su fondo, de manera que el aire caliente pueda circular a través del lecho de los granos para que exista un mayor contacto del aire caliente con el grano.</p> <p>El secado se realiza con aire caliente distribuido sobre las bandejas mediante uno o varios ventiladores a velocidades moderadas entre 2 y 5 [m/seg], se calienta directa o indirectamente (serpentines a vapor, intercambiadores de calor o resistencias eléctricas).</p>	
<p style="text-align: center;">SECADOR ROTATIVO</p> <p>Es un cilindro horizontal que rota alrededor de su eje principal. El grano húmedo entra por un extremo y se mueve hacia delante por una combinación de la acción de la gravedad y por el arreglo de baffles dentro del cilindro. A medida que este rota el aire atraviesa el grano cuando este cae. El tipo de quemador que se utiliza para el calentamiento del aire puede ser directo o indirecto dependiendo del producto a secar.</p>	
<p style="text-align: center;">SECADORES DE TÚNEL</p> <p>Los secadores de túnel son muy comunes en la deshidratación de granos. Pueden configurarse en paralelo y contra corriente siendo la primera la más suave para el grano mientras que, en la segunda, el contacto del aire más caliente con el grano seco propicia el endurecimiento de su superficie. Pueden alcanzar hasta 24m de longitud y consisten en una cabina en la que hay un mecanismo de rieles que mueven carros con producto a lo largo de ella.</p>	

Fuente: http://www.curva%20de%20secado/leccion7_6.htm

En esta clase de máquinas secadoras se pueden secar los siguientes tipos de granos. (Cuadro 2.13).

CUADRO 2.13 TIPOS DE GRANOS QUE SE PUEDEN SECAR EN LAS SECADORAS DE TANDAS O LOTES

CLASE DE SECADORA	TIPO DE GRANO							
	Trigo	Girasol	Maíz	Soya	Maní	Fréjol	Arroz	Café
SECADORA DE BANDEJAS	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	SI
SECADOR ROTATIVO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
SECADOR DE TÚNEL	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI

Fuente: Secado de granos; La ingeniería en el desarrollo

Silos Secadores

En estos sistemas de secado, se debe tener muy en cuenta la temperatura del aire de secado, porque la temperatura que alcanzan los granos en la parte inferior del silo es aproximadamente igual a la temperatura del aire de secado, en algunos casos no se debería secar a temperaturas superiores a los 60-65°C.

Muchos de estos sistemas poseen roscas mezcladoras, éstas tienen la función de homogeneizar la humedad del grano en el interior del silo, pero son más útiles cuando la temperatura de secado es baja (solo unos grados por encima de la temperatura ambiente). En caso de sistemas que funcionen a alta temperatura (40°C o más) es conveniente utilizar roscas extractoras que vayan barriendo la capa más seca de granos de la parte inferior del silo. Uno de los principales problemas de estos sistemas es la condensación de vapor de agua, que puede ser solucionado colocando extractores de aire en el techo de los silos. (Figura 2.4)

FIGURA 2.4 ESQUEMA DE UN SILO DE SECADO Y ALMACENAMIENTO DE GRANOS



Fuente: <http://www.viarural.com.ar/insumosagropecuarios/agricolas/secadoradegranos/mega.htm>.

En los silos secadores se aconseja secar los siguientes tipos de granos (Cuadro 2.14).

CUADRO 2.14 TIPOS DE GRANOS QUE SE PUEDEN SECAR EN LAS SECADORAS DE TANDAS O LOTES

CLASE DE SECADORA	TIPO DE GRANO							
	Trigo	Girasol	Maíz	Soya	Maní	Fréjol	Arroz	Café
SILO SECADOR	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	NO

Fuente: Secado de granos; La ingeniería en el desarrollo

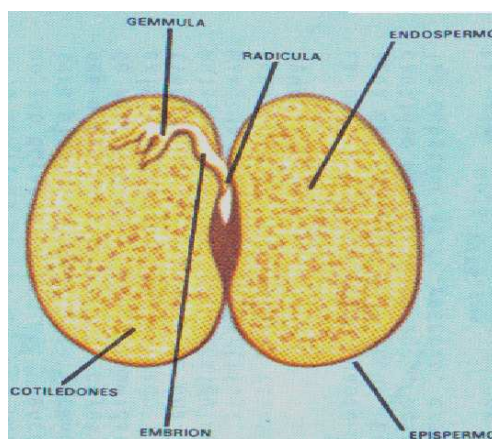
2.4 ESTRUCTURA DE LOS GRANOS

La estructura de los granos es de especial importancia para su tratamiento poscosecha (secado y almacenado), para no alterar tanto su valor nutritivo como su precio en el mercado.

El endospermo es la parte más difícil de donde se tiene que extraer la humedad del grano, no solo porque está rodeado de otros tejidos o capas, sino por lo

pequeño de los espacios intercelulares de su estructura, los cuales están prácticamente incomunicados los unos de los otros.(Figura 2.5).

FIGURA 2.5 ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA DE LOS GRANOS



Fuente: Seminario de Secadores, Ángel Portilla; G.Bacero; AEIM 1991-1992

Esto hace que exista un tiempo mínimo para que el grano se pueda secar, este tiempo no podrá ser disminuido aunque se aumente la temperatura de secado, ya que al aumentar la temperatura de secado se tendrá un sobrecalentamiento, lo que alterará el valor nutritivo del grano, por cuanto la calidad de las proteínas es afectada. Desde el punto de vista alimenticio el grano sufre un empobrecimiento vitamínico por efecto de las altas temperaturas (generalmente sobre los 40 °C).

La masa del grano es una mezcla de materia seca (hidratos de carbono, almidones, etc.) y agua en forma líquida o de vapor.

El agua contenida en el grano se da a conocer en el Cuadro 2.15

CUADRO 2.15 CONTENIDO DE AGUA EN LOS GRANOS

Agua superficial	Es la depositada por lluvias recientes, o por condensación de la humedad del aire a causa de cambios de temperatura. Se mantiene adherida al grano solo por fuerzas capilares y de tensión superficial.
Agua absorbida o de constitución física	Es el agua que ocupa espacios intergranulares y poros; proviene del agua superficial que ha penetrado en el grano o de agua formativa que aún queda durante el proceso de maduración. Se mantiene dentro de los granos principalmente por la acción de fuerzas capilares.
Agua adsorbida	Unida más íntimamente, y en forma coloidal, a la sustancia del grano; la retienen en su sitio fuerzas de atracción molecular.
Agua de constitución	Es aquella que esta unida a la materia seca; forma parte de la propia sustancia del grano y no es posible removerla sin desnaturalizarlo.

Fuente: Secado solar de granos, ICAITI

2.4.1 Contenido de humedad en los granos

El contenido de humedad es la masa total de agua contenida en el grano, que se relaciona con la porción de sólido seco o con la masa total del grano. Puede expresarse con base al grano húmedo y con base al grano seco.

Humedad en base húmeda

Relación entre la masa de agua, con la masa total del producto.

$$Y = \frac{M_w}{M_s + M_w} * 100 \quad \text{Ecuación 2.1}$$

donde:

Y : Porcentaje de humedad en base húmeda [% b.h.]

M_w : Masa de agua del grano [Kg.]

M_s : Masa de materia seca del grano [Kg.]

Humedad en base seca

Es la relación entre la masa de agua con la materia seca del grano:

$$X = \frac{M_w}{M_s} * 100 \quad \text{Ecuación 2.2}$$

donde:

X : Porcentaje de humedad en base seca [% b.s.]

M_w : Masa de agua del grano [Kg.]

M_s : Masa de materia seca del grano [Kg.]

Humedad inicial del grano (H_i)

Cantidad inicial de agua que contiene el grano, que debe removerse de el, antes de iniciar el proceso de secado.

donde:

H_i : Porcentaje de humedad inicial [% b.h.]

Humedad final del grano (H_f)

Cantidad final que contiene el grano, después del proceso de secado.

donde:

H_f : Porcentaje de humedad final [b.h.]

Masa inicial del grano (M_i)

Es el peso inicial que contiene el grano, antes de iniciar el proceso de secado.

donde:

M_i : Masa inicial del grano [Kg.]

Masa final del grano (M_f)

Peso final que contiene el grano, después del proceso de secado. Mediante la Ecuación 2.3 se puede calcular el peso final directamente conociendo la humedad inicial y final del grano.

$$M_f = M_i - (M_i * PQ)$$

$$PQ = \left\{ \left(\frac{H_i - H_f}{100 - H_f} \right) \right\}$$

Ecuación 2.3

donde :

H_i : Humedad Inicial [% b.h.]

H_f : Humedad final [% b.h.]

M_f : Masa final del grano [Kg.]

PQ : Porcentaje de la cantidad de agua a evaporar adimensional

2.5 ESTUDIO PSICROMÉTRICO DEL SECADO CONVECTIVO¹⁶

Este estudio permite conocer la manera que se modifican las condiciones del aire al someterlo al proceso de calentamiento. Existiendo una relación definida de

¹⁶ Seminario de Secadores, Ángel Portilla; G. Bacero; AEIM 1991-1992

equilibrio en el sistema aire-agua que se representa por medio de una “Carta Psicrométrica” (Figura 2.6); para el uso de la misma es necesario definir los siguientes términos:

- **Temperatura de bulbo seco**

Es la temperatura leída en un termómetro corriente de bulbo, colocado en una mezcla de aire y vapor de agua (T_g).

- **Temperatura de bulbo húmedo**

Es la temperatura leída cuando al bulbo del termómetro se le coloca una gasa húmeda, la evaporación del agua produce un descenso de temperatura respecto a la temperatura de bulbo seco (T_w).

- **Humedad específica**

Peso de agua en [Kg.] por cada [Kg.] de aire seco

$$W = \frac{M_v}{M_a} \quad \text{Ecuación 2.4}$$

donde:

W : Humedad específica del aire [Kg agua /Kg aire].

M_v : Masa de vapor de agua [Kg de agua]

M_a : Masa de aire seco [Kg aire]

$$W = 0.6219 \frac{\phi^* P_s}{P - P_v} \quad \text{Ecuación 2.5}$$

- **Humedad relativa**

Cociente (expresado en %) entre la presión parcial del vapor de agua en el aire considerado y la presión del agua pura a la misma temperatura que tiene el aire.

$$\phi = \left(\frac{P_v}{P_s} \right)_{T, P} \quad \text{Ecuación 2.6}$$

donde:

Φ :	Humedad relativa	[%]
P_v :	Presión parcial del vapor de agua	[N/m ²]
P_s :	Presión parcial del vapor en la mezcla saturada	[N/m ²]

Para efectos de cálculo es necesario distinguir dos condiciones de aire:

- Aire seco: mezcla de gases
- Aire húmedo: mezcla de gases + vapor de agua.

Según la ley de Dalton para gases ideales, la presión del aire húmedo es igual a la suma de las presiones de sus componentes.

$$P = P_v + P_a \quad \text{Ecuación 2.7}$$

donde:

P_v :	Presión parcial del vapor de agua	[N/m ² .]
P_a :	Presión parcial del aire seco	[N/m ² .]
P :	Presión total del aire húmedo	[N/m ² .]

Para el diseño de los secadores, es fundamental comprender sobre las propiedades anteriormente señaladas, ya que estas magnitudes que se representan en la carta psicrométrica, permiten eliminar una serie de cálculos sin perder exactitud en los resultados.

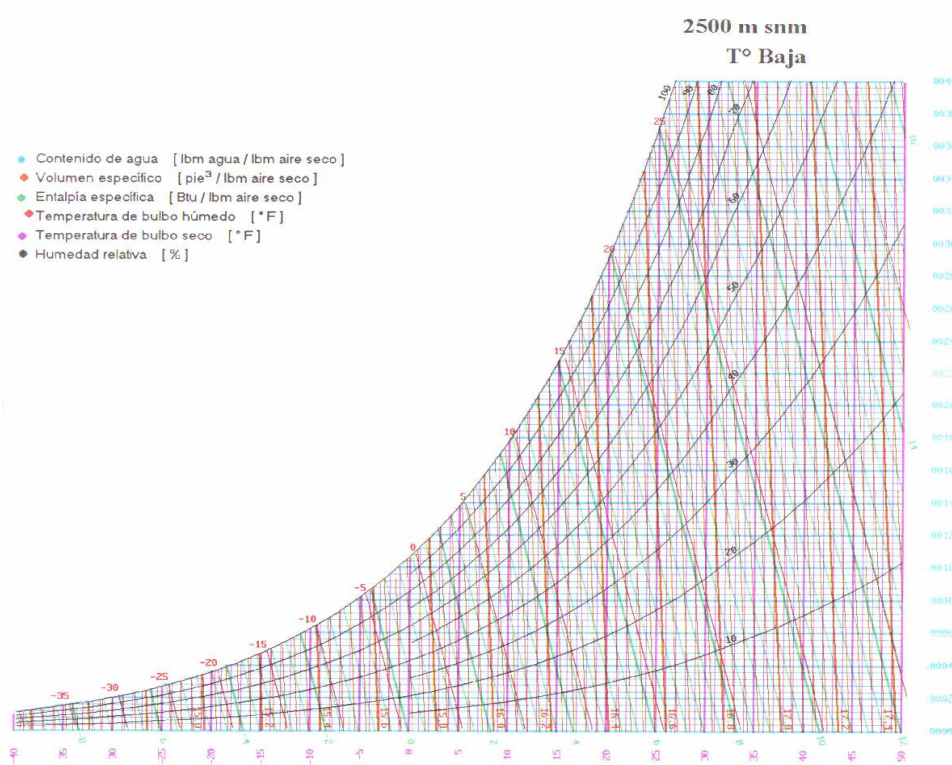
2.5.1 Proceso de humectación del aire¹⁷

El proceso de secado convectivo desde el punto de vista del sistema aire-agua se reduce a un proceso de humectación. El aire que se introduce a la cámara de secado posee un contenido inicial de humedad específica, al atravesar el aire, por el lecho del producto húmedo, este arrastra consigo una cantidad de vapor de agua que incrementa su contenido de humedad específica. Este incremento en el contenido específico de humedad del aire se conoce como proceso Psicrométrico

¹⁷ Seminario de Secadores, Ángel Portilla; G.Bacero; AEIM 1991-1992

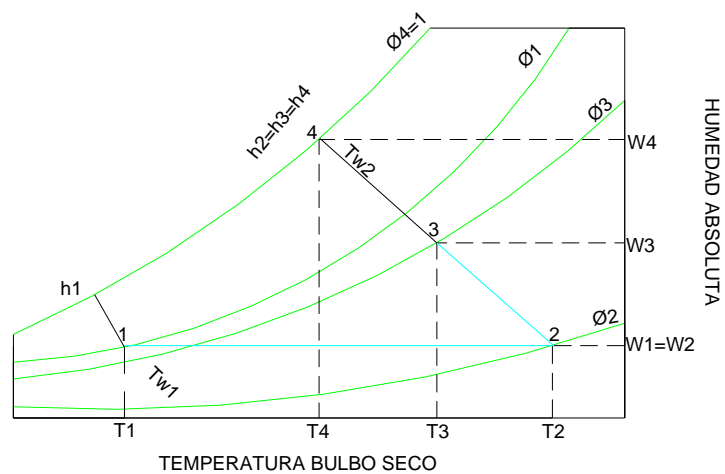
de humectación del aire, el cual involucra en el sistema sólido-agua un proceso de deshidratación. (Figura 2.7)

FIGURA 2.6 CARTA PSICROMÉTRICA A 2500 msnm



Fuente: Cartas Psicrométricas, Ings. Miguel Ortega, Adrián Peña; Escuela Politécnica Nacional

FIGURA 2.7 ESQUEMA PSICROMÉTRICO DEL CALENTAMIENTO DEL AIRE



1-2 Proceso de calentamiento del aire

2-4 Proceso de humectación adiabática

Fuente: Seminario de Secadores, Ángel Portilla; G.Bacero; AEIM 1991-1992

Proceso de calentamiento del aire

El proceso de calentamiento del aire corresponde a la línea 1-2 de la Figura 2.7 donde la humedad específica del aire se mantiene constante, el aumento de la temperatura del aire se logra por el calor transferido en el secador. La cantidad de calor necesaria que se debe suministrar al aire para alcanzar el punto 2 del gráfico es la siguiente:

$$Q_n = \dot{m}_a (h_2 - h_1) \quad \text{Ecuación 2.8}$$

donde:

Q_n :	Calor necesario para calentar el aire.	[KJ/seg.]
\dot{m}_a :	Flujo de aire a calentar.	[Kg/seg.]
h_2 :	Entalpía del aire a la temperatura a la entrada al secador.	[KJ/Kg.]
h_1 :	Entalpía del aire a la temperatura ambiente.	[KJ/Kg.]

Proceso de humectación adiabática

Este proceso corresponde a la línea 2-4 (Figura 2.7). La temperatura de bulbo húmedo se mantiene constante, la pérdida de calor sensible del aire se compensa con la ganancia de calor latente que lleva consigo la masa de agua que se separa del producto y que se difunde en la corriente de aire que sale saturado.

En condiciones ideales, el aire que abandona la cámara de secado, se encuentra saturado por cuanto la cantidad de humedad evaporada corresponde a la cantidad de calor sensible perdida por el aire saturado por cuanto la masa de agua evaporada es menor, debido a la existencia de pérdidas de calor sensible proceso 2-3.

La cantidad de humedad removida por el aire en el proceso de secado, está dada por el siguiente balance de materia:

Condiciones Ideales:

$$\begin{aligned} m_a W_2 + m_{wi} &= m_a W_4 \\ m_{wi} &= m_a (W_4 - W_2) \end{aligned} \quad \text{Ecuación 2.9}$$

donde:

- m_w : Masa de agua [Kg.]
 m_a : Masa de aire [Kg.]
 W : Humedad absoluta [Kg agua / Kg. aire seco].

Condiciones Reales:

$$m_w = m_a(W_3 - W_2) \quad \text{Ecuación 2.10}$$

donde:

- m_w : Masa de agua [Kg.]
 m_a : Masa de aire [Kg.]
 W : Humedad absoluta [Kg agua / Kg. aire seco].

2.6 CÁLCULOS DE SECADO

Para poder establecer las dimensiones del equipo necesario para secar un volumen dado de grano, es necesario conocer los parámetros que influyen significativamente en el mejoramiento del desempeño de las secadoras. Este mejoramiento puede ser visto desde dos aspectos: uno es aprovechar al máximo las posibilidades que ofrece la máquina tal cual ha sido elaborada, y el otro es efectuar distintas modificaciones o reformas en su diseño para modernizarla o perfeccionarla.

A continuación se detalla cada uno de los parámetros que inciden en el desempeño de las secadoras.

Humedad inicial del grano

El contenido de humedad inicial influye significativamente en la tasa de secado. Cuanto más elevado sea el contenido de humedad de un producto, mayor será la cantidad de agua a evaporar. Con elevados contenidos de humedad, las fuerzas de adsorción de la estructura celular del grano sobre las moléculas de agua, son menores que cuando el contenido de humedad del grano es más bajo. En consecuencia, se utiliza un mayor contenido de combustible para evaporar la humedad contenida en los granos más secos.

Condiciones del aire ambiente

La temperatura y la humedad relativa del aire ambiente, determinan la cantidad de energía necesaria para alcanzar la temperatura de secado. Cuanto menor sea la temperatura ambiente, mayor será la cantidad de energía necesaria para calentar ese aire, lo que determina un mayor costo del secado.

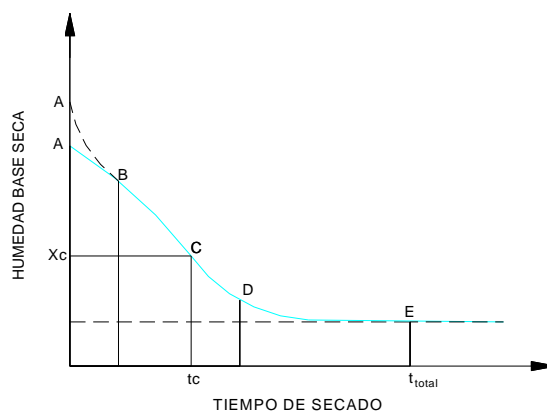
Curva de secado¹⁸

La curva de secado permite conocer la rapidez con que el grano pierde humedad (peso), en el transcurso del tiempo, hasta llegar a la humedad óptima que permita un correcto almacenamiento del grano y su posterior comercialización.

La rapidez de secado se puede determinar experimentalmente mediante el ensayo de una muestra que se suspende dentro de una cámara de secado y que es sometida a una corriente de aire caliente. Si se registra el peso de la muestra en diferentes instantes durante el proceso, se puede calcular su humedad en cada uno de ellos y trazarse una gráfica de estos valores en función del tiempo.

En la Figura 2.8 se indica la forma típica de una curva de secado de una muestra, en la cual se distingue tres etapas:

FIGURA 2.8 CURVA DE SECADO



- De A'-AB** Corresponde a un ajuste de temperatura y de humedad del grano a las condiciones de secado.
- De B-C** Representa el período de secado a velocidad constante, manteniéndose su pendiente constante. En este período se evapora uniformemente la humedad superficial del grano.
- De C-D-E** Corresponde al período de secado a velocidad decreciente, durante el cual la humedad del grano en su interior fluye hacia la superficie, para luego evaporarse.

Fuente: http://www.curva%20de%secado/leccion7_6htm.

¹⁸ http://www.curva%20de%secado/leccion7_6htm.

Temperatura del aire de secado

Es el parámetro de mayor flexibilidad en un sistema de secado, la temperatura del aire de secado influye significativamente en la disminución de humedad del grano, eficiencia del secador y en la calidad del producto final. Un aumento de la temperatura significa un mayor consumo de energía por unidad de agua evaporada y una mayor tasa de secado, provocando daños térmicos en los granos.

En el Cuadro 2.16 se muestra las temperaturas máximas del aire de secado que no debería sobrepasar para mantener la calidad del grano de acuerdo a su uso final.

CUADRO 2.16 TEMPERATURA MÁXIMA DEL AIRE EN CONTACTO CON EL PRODUCTO

Producto	Uso final	Temperatura Máx. (°C)
Maní con cáscara	Semilla	40
	Comercio	40
Arroz con cáscara	Semilla	40
	Comercio	45
Trigo	Semilla	40
	Comercio	60
	Alimentación animal	80
Soya	Semilla	40
	Comercio	50
Avena	Semilla	40
	Comercio	60
	Alimentación animal	80
Cebada	Semilla	40
	Comercio	40

Fuente: <http://www.fao.org/secado> de granos a altas temperaturas

Velocidad de secado

Cada grano tiene una velocidad de extracción de agua por hora para no sufrir deterioro, sobrepasar este valor cuando lo secamos artificialmente no podremos mantener su calidad y originar falta de uniformidad en el secado.

En el Cuadro 2.17 se muestra los valores de extracción de agua máxima por hora (en porcentaje) para los distintos granos.

CUADRO 2.17 PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN MÁXIMA DE AGUA PARA DIFERENTES GRANOS

Grano	Porcentaje de extracción de agua [b.h.]
Maíz – Sorgo – Girasol	< 5% por hora
Trigo	< 4% por hora
Soja	< 3% por hora
Arroz	< 1% por hora
Maní con cáscara	< 0.5 % por hora

Fuente: <http://www.fao.org/secado> de granos

Flujo de aire caliente

El movimiento del aire a través del grano se denomina flujo. Este flujo se caracteriza a través de dos parámetros que son caudal (Q) y presión (P).

El caudal del aire se define como el volumen de aire que se suministra en la unidad de tiempo, de esta manera puede encontrarse expresado en [m³/h].

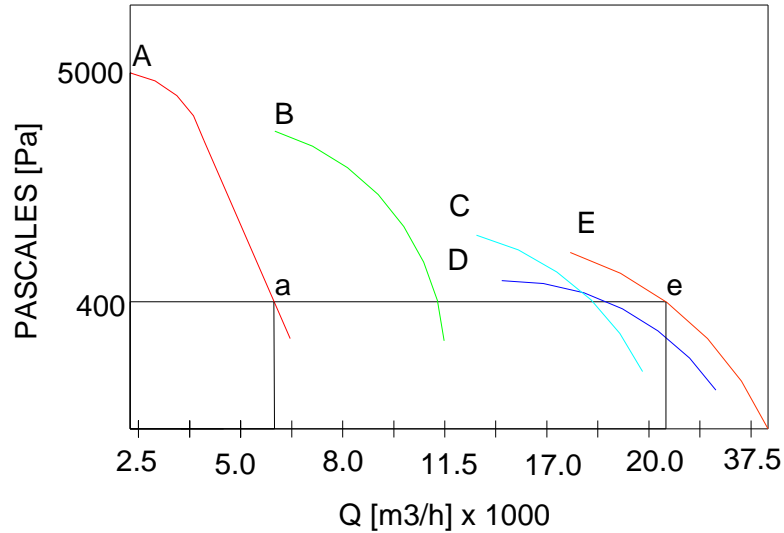
La presión es el otro parámetro que caracteriza al flujo del aire y su magnitud depende de la suma total de las pérdidas de carga que debe soportar el sistema.

Los ventiladores se caracterizan por sus curvas típicas de presión y caudal, a medida que aumenta la presión que debe soportar el ventilador disminuye el caudal que puede otorgar, por lo que las pérdidas de carga que se producen en el sistema afectan directamente al caudal de aire.

El aumento de las pérdidas de cargas también implica un mayor gasto de energía por lo que el sistema se vuelve más ineficiente.

Los fabricantes de ventiladores ofrecen las curvas presión-caudal de sus ventiladores, ya que éstas dependen exclusivamente del diseño del ventilador. El conocimiento de estas curvas permite saber si para una determinada función de la aireación, el ventilador puede satisfacer las demandas de caudal venciendo las pérdidas de carga del sistema. En la Figura 2.9 se representa las curvas que ofrecen los fabricantes de ventiladores para determinar las caídas de presión.

FIGURA 2.9 CURVA CARACTERÍSTICA DE PRESIÓN-CAUDAL DE VENTILADORES DE IGUAL POTENCIA Y DIFERENTES DISEÑOS.



Fuente: Curvas características de presión-caudal. (Lasseran J.C.,1981)

En la Figura 2.9 se puede observar que las pérdidas de carga aumentan la presión del flujo al atravesar los granos, y este aumento de la presión generalmente va acompañado por una disminución del caudal, en función de esto resulta importante conocer cuales son los factores que aumentan las pérdidas de carga en el sistema de secado.

Caída de presión en el lecho de los granos¹⁹

La presión que deberá ser vencida en la cámara de secado por el ventilador está en función del espesor de la capa de los granos y la velocidad del aire. Una adecuada ventilación a través de la masa de los granos garantiza un buen intercambio de calor, sobre todo si esta en continuo movimiento el producto.

La siguiente expresión determina la caída de presión por el lecho de los granos:

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{150 * \mu_f * v (1 - \epsilon)^2}{D_p^2 * \epsilon^3} + \frac{1.75 * \rho_f * v^2 (1 - \epsilon)}{D_p * \epsilon^3} \quad \text{Ecuación 2.11}$$

¹⁹ http://www.ventiladores/lecho_fijo_y_fluidizado- Monografías.com

donde:

ΔP : Caída de presión.	[Pa.]
L : Longitud del lecho.	[m.]
D_p : Diámetro de los granos.	[m.]
v : Velocidad promedio del aire en la cámara de secado.	[m/seg.]
ρ_f : Densidad del fluido en la cámara de secado.	[Kg/m ³ .]
μ_f : Viscosidad del fluido.	[Ns/m ²]
ε : Fracción de espacios vacíos.	[adimensional]

Velocidad del aire desde los ductos al grano

La velocidad del aire dentro de los conductos es la variable que más influye en las pérdidas de carga, por lo que puede establecerse algunas recomendaciones acerca de la velocidad máxima que debería respetarse para que las pérdidas se mantengan en valores aceptables, (Cuadro 2.18).

CUADRO 2.18 VELOCIDADES MÁXIMAS RECOMENDADAS PARA DIFERENTES DISPOSITIVOS DE LOS SECADORES.

LUGAR	VELOCIDAD MÁXIMA [m/s.]
Salida del difusor del ventilador	10
Conducto principal	6
Sistema de distribución	4
Pasaje del aire desde los conductos al grano	0,25 – 10

Fuente: Almacenamiento de granos; INTA EEA

A partir de estos valores de velocidades máximas y el conociendo del caudal de aire que se requiere, se pueden realizar los cálculos de las secciones mínimas del sistema de secado mediante la siguiente relación:

$$Q = A * v$$

Ecuación 2.12

donde:

Q :	Caudal.	[m ³ /s]
A :	Área transversal.	[m ²]
v :	Velocidad del fluido en el contacto con los granos.	[m/s]

Flujo del producto dentro del secador

La velocidad con que el material pasa por el secador, denominada con mayor frecuencia flujo de masa o tiempo de residencia del producto en el secador, puede influir en la tasa de secado, la eficiencia del proceso y en la calidad final del producto. Si el flujo de masa aumenta, el producto final será, en general, de mejor calidad. Por otra parte, hay un aumento del consumo de energía específica, esto es, de la energía que se necesita para evaporar una unidad de masa de agua y una disminución de la eficiencia térmica del secado, porque los granos que pasan por el secador con mayor velocidad pierden menos humedad y el secado puede resultar insuficiente. El manejo adecuado de la velocidad del producto tiene importancia fundamental en el secado especialmente en las secadoras de flujo continuo.

Dimensiones del secador

La capacidad del secador se calcula normalmente para la producción máxima esperada. Al conocer la cantidad de producto que hay que secar diariamente, se dimensiona el secador que se necesita.

Las dimensiones óptimas de funcionamiento del secador se pueden determinar, matemáticamente, mediante una simulación de secado, si se conocen los datos: tipo de producto y finalidad de su uso, contenidos de humedad inicial y final, y cantidad de producto que se va a secar.

Cámara de combustión

La cámara para el calentamiento del aire es el lugar donde se quema el combustible, es decir, donde la energía química potencial del combustible se transforma en energía térmica. En esta cámara se quema el combustible en contacto con cierta cantidad recomendada de aire en exceso para el secado de los granos.

Fuentes de energía para el calentamiento del aire para el secado de granos

Las sustancias que se pueden quemar liberando calor, se llaman combustibles. La principal característica del combustible es su poder calorífico. El poder calorífico de un combustible es la cantidad de energía que se produce en la combustión completa de una unidad de masa o de volumen. El poder calorífico depende de las características químicas del combustible y se clasifica como superior (H_s) e inferior (H_i). El poder calorífico superior tiene en cuenta el calor que proviene de la condensación del vapor de agua presente en los productos de combustión; el poder calorífico inferior no tiene en cuenta ese calor.

Para el calentamiento del aire destinado al secado de productos agrícolas tiene como principales fuentes de energía los siguientes combustibles:

- 1.- Combustibles tales como la leña, residuos agrícolas y los derivados de petróleo, carbón mineral y vegetal.
- 2.- Energía eléctrica, por medio de resistencias eléctricas.
- 3.- Energía solar.

La elección del combustible dependerá de la tecnología que se le quiere aplicar al secador, como también las exigencias del cliente.

“Medio Ambiente

Propugna el uso sostenible de materiales y energía tanto en la fabricación como en la utilización y la disminución de las emisiones contaminantes. Estos aspectos

tienen regulaciones severas, especialmente en algunos sectores y su importancia en el diseño no hará más que aumentar.

Seguridad

Ensayo la manera de evitar el riesgo de daños personales o materiales. Las normativas europeas de seguridad en las máquinas hacen responsable al fabricante de las incidencias y accidentes imputables al diseño (a partir de 1995)²⁰

²⁰ Carles Riba i Romeva Diseño concurrente (enero 2002) pág.19

CAPÍTULO 3

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS Y DISEÑO DEL SECADOR

Este capítulo estudia tres diferentes alternativas para el diseño del secador de vainas de maní que requiere la Corporación Talleres del Gran Valle, que permitirá cubrir con la demanda de este nuevo producto en un menor tiempo. El diseño se basará en los requerimientos que plantea la Corporación, para un secado homogéneo.

3.1 REQUERIMIENTOS DEL SECADOR DE VAINAS DE MANÍ PARA LA CORPORACIÓN TALLERES DEL GRAN VALLE

La implementación de varias acciones dedicadas a mejorar las condiciones socio-económicas de los socios y de sus familias, la Corporación Talleres del Gran Valle decidió afrontar un nuevo desafío, ingresar al mercado nacional e internacional con un nuevo producto, que es el maní tostado, crudo y garrapiñado.

Ante esta necesidad la Corporación Talleres del Gran Valle, decidió añadir al proceso productivo del maní métodos técnicos en el manejo y conservación poscosecha.

El tratamiento poscosecha consiste en obtener granos de maní sanos, secos, libres de contaminantes (químicos o biológicos) y de excelente sabor. Cuyo objetivo debe ser considerado teniendo en cuenta el destino final que es el consumidor.

La calidad se logra durante todas las etapas y operaciones del cultivo, cosecha y poscosecha, con una sola finalidad: preservar la integridad física y química, en primer lugar de la vaina y finalmente del grano.

Para ello la Corporación Talleres del Gran Valle con ayuda de ONG's italianas como el CRIC (Centro Regionali di Intervento per la Cooperazione), promoverán el diseño de un secador de vainas de maní para poder cubrir con la demanda de este nuevo producto y a la vez proveer un correcto almacenamiento del mismo.

Para poner en marcha este nuevo proyecto la Corporación requiere de una máquina secadora que cumpla con las siguientes características que se detallan en el Cuadro 3.1

CUADRO 3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SECADOR DE VAINAS DE MANÍ QUE REQUIERE LA “CTGV”

Nº	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS
1	Capacidad máxima de 450 Kg .de vainas de maní.
2	Secado homogéneo.
3	No altere las propiedades nutricionales y enzimáticas del grano.
4	No exista daño mecánico a las vainas de maní.
5	Operación semi-automática.
6	Bajo costo en la construcción y mantenimiento del equipo.
7	Vida útil 10 años aproximadamente.

Fuente: Corporación Talleres del Gran Valle, “CTGV”, 2005

3.2 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Con el objetivo de cumplir los requisitos señalados en el Cuadro 3.1; se realizará el estudio de tres alternativas, que permitirán proveer de un correcto almacenamiento a los granos de maní y que además podrá cumplir con las exigencias de nuevos clientes.

Las alternativas planteadas son las siguientes:

ALTERNATIVA	SECADOR
1	Secador de bandejas
2	Secador rotativo de cascada
3	Silo secador

ALTERNATIVA 1: SECADOR DE BANDEJAS

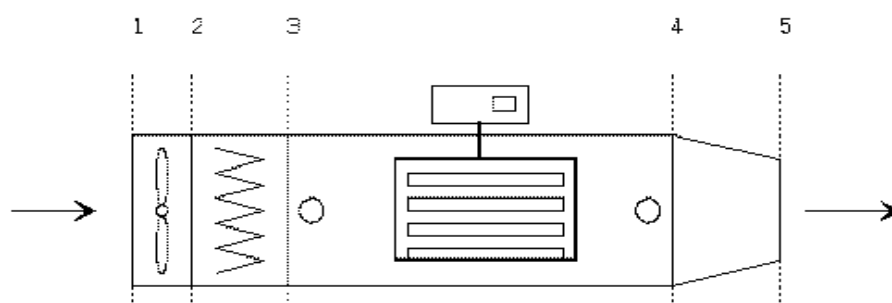
En los secadores de bandejas los granos a secar, se los ubica en bandejas donde el aire que circula por el grano puede ser paralelo o perpendicular. Estos secadores están constituidos de cuatro elementos principales que se observan en la Figura 3.1.

FIGURA 3.1 ESQUEMA DE UN SECADOR DE BANDEJAS

VISTA LATERAL DEL SECADOR DE BANDEJAS



ESQUEMA DEL SECADOR DE BANDEJAS



- | | | |
|-----|---------------------------------|--|
| 1-2 | VENTILADOR | Generalmente es de tipo centrífugo, por la presión estática que se necesita en este sistema. |
| 2-3 | SISTEMA DE CALENTAMIENTO | Puede ser directo o indirecto siempre que este dimensionado para aumentar la temperatura del aire hasta los límites recomendados para el producto y que no altere las propiedades organolépticas del producto por el aire que proviene de la fuente de calor. |
| 3-4 | CÁMARA DE SECADO | Es un recipiente con fondo de plancha de metal perforado, capaz de soportar el peso del producto húmedo. Los granos permanecen estáticos en la cámara de secado, mientras que el aire calentado, impulsado mecánicamente por el ventilador, pasa a través de la capa de maní y reduce su contenido de humedad. |
| 3-4 | CÁMARA DE DISTRIBUCIÓN | La cámara de distribución del aire sirve para transformar la presión dinámica del aire en presión estática, uniformando la distribución del aire dentro del secador |
| 4-5 | EXTRACTOR DE AIRE | Salida del aire caliente para la recirculación. |

Fuente: <http://www.viarural.com.ar/insumosagropecuario/caracteristicas>.

ALTERNATIVA 2: SECADOR ROTATIVO DE CASCADA

Los secadores rotativos consisten en tambores cilíndricos largos, soportados sobre rodillos, que giran lentamente con sus ejes ligeramente inclinados respecto de la horizontal por donde entra el aire caliente para el secado de los granos. Los secadores rotativos, están constituidos por los siguientes elementos principales que se observan en la Figura 3.2.

FIGURA 3.2 ESQUEMA DE UN SECADOR ROTATIVO Y DISTRIBUCIÓN DE BAFLES DENTRO DEL CILINDRO

VISTA LATERAL DEL SECADOR ROTATIVO



BAFLES PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL GRANO EN FORMA DE CASCADA



Nº	ELEMENTOS QUE CONFORMAN LOS SECADORES ROTATIVOS
1	Cilindro
2	Rodillos
3	Transmisión para el movimiento del cilindro.
4	Tolva de alimentación
5	Baffles
6	Descarga del producto
7	Calentador de aire
8	Ventilador

Fuente: <http://MEGA>. Secadoras de granos

ALTERNATIVA 3: SILOS SECADORES

En los silos secadores, el producto es cargado húmedo donde es ventilado hasta ser secado. El aire de la ventilación puede ser calentado o no. Actualmente existen sistemas computarizados que pueden controlar adecuadamente tanto ventiladores como calentadores de aire, de tal forma que el secado se realice con el menor riesgo posible y de la manera más económica. Este sistema es adecuado para regiones con clima favorable y puede ser mas fácilmente utilizado en silos con sistema de carga lenta. De cualquier forma, pueden esperarse pérdidas del orden de 0,5% en materia seca y algún perjuicio en la calidad, (Figura 3.3)

FIGURA 3.3 ESQUEMA DE LOS SILOS SECADORES

SILOS SECADORES PARA EL SECADO Y ALMACENAMIENTO DE GRANOS



VISTA TRANSVERSAL DEL SILO SECADOR



Nº	ELEMENTOS QUE CONFORMAN LOS SILOS SECADORES
1	Construcción de base cónica
2	Tolva de alimentación continua
3	Descarga del producto
4	Calentador de aire
5	Ventilador centrífugo

Fuente: <http://MEGA>. Secadoras de granos

3.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS

Las ventajas y desventajas de las alternativas planteadas se dan a conocer en el cuadro 3.2 y en el cuadro 3.3 respectivamente.

CUADRO 3.2 COMPARACIÓN DE LAS VENTAJAS QUE PRESENTA CADA ALTERNATIVA ESTUDIADA EN RELACIÓN A CADA UNA DE ELLAS

VENTAJAS EN RELACIÓN	SECADOR DE BANDEJAS	SECADOR ROTATIVO DE CASCADA	SILO SECADOR
EN RELACIÓN AL SECADOR DE BANDEJAS.	<p style="text-align: center;">—</p>	<ul style="list-style-type: none"> a) MAYOR EFICIENCIA TÉRMICA. b) MAYOR CONTACTO ENTRE EL AIRE Y EL GRANO. c) SECADO MÁS PAREJO, HOMOGÉNEO Y DE MEJOR CALIDAD. d) MENOR CONSUMO DE COMBUSTIBLE. e) FÁCIL CARGA Y DESCARGA. f) MENOR ÁREA DE INSTALACIÓN. 	<ul style="list-style-type: none"> a) MAYOR EFICIENCIA TÉRMICA. b) MAYOR CONTACTO ENTRE EL AIRE Y EL GRANO. c) MENOR CONSUMO DE COMBUSTIBLE. d) FÁCIL CARGA Y DESCARGA. e) MENOR ÁREA DE INSTALACIÓN.
EN RELACIÓN AL SECADOR ROTATIVO DE CASCADA.	<ul style="list-style-type: none"> a) FÁCIL MANTENIMIENTO DEL EQUIPO. b) BAJO COSTO DE CONSTRUCCIÓN. 	<p style="text-align: center;">—</p>	<ul style="list-style-type: none"> a) MAYOR EFICIENCIA TÉRMICA. b) MENOR CONSUMO DE COMBUSTIBLE.
EN RELACIÓN AL SILO SECADOR.	<ul style="list-style-type: none"> a) FÁCIL MANTENIMIENTO DEL EQUIPO. b) BAJO COSTO DE DE CONSTRUCCIÓN. 	<ul style="list-style-type: none"> a) MAYOR CONTACTO ENTRE EL AIRE Y EL GRANO. b) SECADO MÁS PAREJO, HOMOGÉNEO Y DE MEJOR CALIDAD. c) FÁCIL CARGA Y DESCARGA. d) MENOR ÁREA DE INSTALACIÓN 	<p style="text-align: center;">—</p>

CUADRO 3.3 COMPARACIÓN DE LAS DESVENTAJAS QUE PRESENTA CADA ALTERNATIVA ESTUDIADA EN RELACIÓN A CADA UNA DE ELLAS

DESVENTAJAS EN RELACIÓN A	SECADOR DE BANDEJAS.	SECADOR ROTATIVO DE CASCADA.	SILO SECADOR.
EN RELACIÓN AL SECADOR DE BANDEJAS.	—	A) LIMITA A LOS GRANOS QUE NO SUFREN DAÑO CON EL CONTINUO ROZAMIENTO Y GOLPETEO. B) ALTO COSTO DE CONTRUCCIÓN.	A) ALTO COSTO DE CONSTRUCCIÓN.
EN RELACIÓN AL SECADOR ROTATIVO DE CASCADA.	a) EL GRANO CERCANO A LA PARED, POR DONDE ENTRA EL AIRE, RESULTARÁ MÁS CALIENTE Y SECO QUE EL QUE SE ENCUENTRA MÁS ALEJADO. b) OPERACIÓN MANUAL.	—	a) EL GRANO CERCANO A LA PARED, POR DONDE ENTRA EL AIRE, RESULTARÁ MÁS CALIENTE Y SECO QUE EL QUE SE ENCUENTRA MÁS ALEJADO. b) ALTO COSTO DE COSNTRUCCIÓN
EN RELACIÓN AL SILO SECADOR.	a) OPERACIÓN MANUAL.	—	—

3.4 VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS PLANTEADAS

Debido a que el proyecto se basa principalmente en las sugerencias que presenta la Corporación Talleres del Gran Valle para el secador de vainas de maní, la selección de la alternativa será calificada mediante los criterios ponderados que se citan en el Cuadro 3.4, estos permitirán obtener resultados globales suficientemente significativos en la selección de la máquina secadora.

CUADRO 3.4 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL SECADOR DE VAINAS DE MANÍ

Nº	CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	PORCENTAJE 100%
1	Secado homogéneo y parejo.	15
2	Bajo consumo de energía.	15
3	Distribución de los granos dentro del secador	15
4	Fácil operación.	15
5	Bajo costo de construcción.	20
6	Facilidad de mantenimiento.	10
7	Vida útil.	10
	TOTAL	100

Fuente: Corporación Talleres del Gran Valle, 2005.

3.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Una vez que se planteo las alternativas para el diseño del secador de vainas de maní, corresponde hacer una evaluación de los criterios que sirvan de base para una posterior toma de decisiones del secador que será seleccionado. Los criterios expuestos en el Cuadro 3.5 serán calificados en una escala de cero (0) a diez (10), para un mejor entendimiento a continuación se detalla cada uno de ellos:

- **Secado homogéneo**

Distribución uniforme del aire caliente en contacto con el grano, con lo cual se logra que la mayor cantidad de los granos contengan igual temperatura y humedad final. La alternativa que presente un mejor contacto entre el aire caliente y el grano tendrá el valor de 10 puntos.

- **Bajo consumo de energía**

Se refiere a la cantidad total de energía que el equipo necesita para realizar el proceso de secado de las vainas de maní. Este parámetro se basa, en el costo de la energía utilizada para el secado. Un bajo consumo de energía tendrá un valor próximo de 10 puntos.

- **Distribución de los granos dentro del secador**

Facilidad que presenta el espesor de los granos al paso de la corriente de aire caliente a través de estos. Una mejor distribución del grano dentro del secador tendrá un valor de 10 puntos.

- **Fácil operación**

Facilidad que presenta el equipo en la carga y descarga del producto, como también en el accionamiento de diferentes dispositivos del secador. Una mayor facilidad en la carga y descarga del producto y en el manejo del equipo en general tendrá un valor de 10 puntos.

- **Bajo costo de construcción**

En este punto se evalúa el costo de materiales, costos de los procesos de fabricación, costos de diseño y costos de accesorios y extras, además de la facilidad de conseguir los materiales en el mercado local. Un menor costo en la construcción del secador tendrá un valor cercano a 10 puntos.

▪ **Facilidad de mantenimiento**

Este parámetro se basa en la facilidad que presenta el equipo en el desmontaje de sus componentes para realizar las tareas de limpieza y mantenimiento. También se debe implantar un programa de mantenimiento preventivo, ya que la secadora detenida por mucho tiempo puede ocasionar pérdidas en la producción. Una mayor facilidad de mantenimiento tendrá un valor de 10 puntos.

▪ **Vida útil**

Tiempo de diseño estimado para que el equipo pueda funcionar correctamente, sin que exista cambio de algún elemento que conforma el secador. Una mayor vida útil tendrá un valor de 10 puntos.

CUADRO 3.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL SECADOR	PORCENTAJE 100 %	EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS /10		
		Nº1	Nº2	Nº3
Secado homogéneo.	15	7	9	9
Bajo consumo de energía.	15	8	8	9
Distribución de los granos dentro del secador.	15	6	9	7
Fácil operación.	15	7	8	8
Bajo costo de construcción.	20	8	6	6
Facilidad de mantenimiento.	10	8	9	7
Vida útil.	10	7	9	9
TOTAL	100	73	81	78
ALTERNATIVA SELECCIONADA			Nº2	

La alternativa seleccionada es la número dos ya que en este tipo de secadoras, hay un mejor contacto entre los granos y el aire secante y una mejor distribución del grano dentro del secador, el aire que sale a través del grano recoge la mayor carga de humedad, por lo que presenta una mayor eficiencia y capacidad de secado, aunque su costo inicial es elevado su inversión puede ser recuperada en muy poco tiempo.

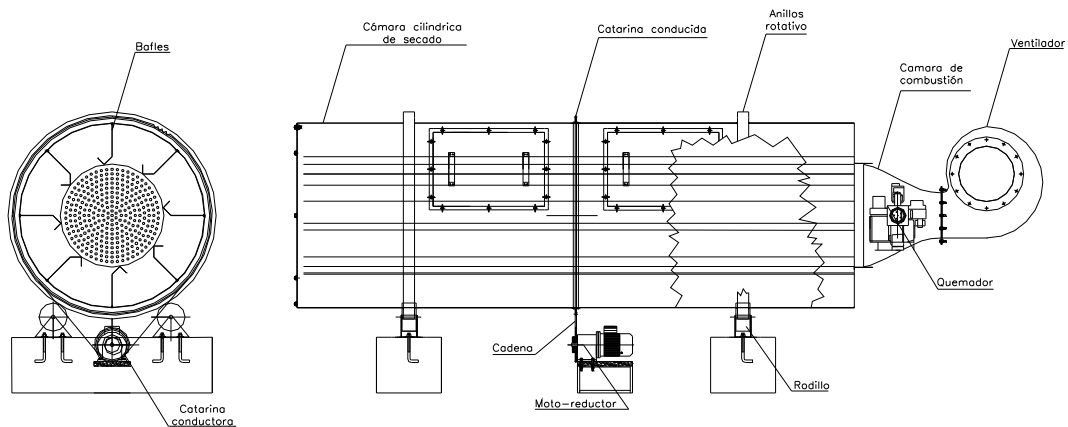
3.6 SISTEMAS QUE CONFORMAN EL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ

La integración de los elementos que conforman el secador rotativo (Figura 3.4) en sistemas, facilitará su diseño y desarrollo, orientado a asegurar los aspectos básicos de funcionalidad y fiabilidad de cada uno de estos, que tienen por función la de preservar la integridad física y química del grano, como también cumplir con el ciclo de vida para los serán diseñados.

Los sistemas que conforman el secador rotativo son los siguientes:

- 1.- Sistema de la cámara cilíndrica de secado.
- 2.- Sistema de transmisión para el movimiento de la cámara cilíndrica de secado.
- 3.- Sistema de calentamiento del aire.

FIGURA 3.4 SECCIÓN LONGITUDINAL DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ



Sistema de la cámara cilíndrica de secado

La cámara de secado es un cilindro rotativo horizontal o ligeramente inclinado alrededor de (1° a 5°) hacia la salida del producto. Las vainas de maní permanecen en constante movimiento por la combinación simétrica de los bafles en el interior del cilindro, los bafles distribuyen de una manera igualitaria a las

vainas de maní a lo largo del cilindro para un mejor contacto entre el grano y el aire caliente. El flujo de aire caliente entra por uno de los extremos del cilindro y sale cargado de humedad por el otro extremo, la tapa del cilindro por donde entra el aire para el secado de las vainas de maní es perforada con un diámetro menor al diámetro de las vainas de maní. Además la cámara cilíndrica de secado está compuesta por los sistemas de carga y descarga del producto. Es frecuente ver oxidadas las partes metálicas de la cámara de secado de las secadoras rotativas, debido a que el aire está muy cargado de humedad, el material que se utilizará para el diseño del cilindro rotativo y los bafles será de acero inoxidable.

Los elementos que conforman la cámara de secado son:

N°	Elementos a ser seleccionados
1.-	Cilindro secador.- Es un cilindro capaz de soportar el peso de las vainas de maní húmedas.
2.-	Bafles.- Son los encargados de distribuir a las vainas de maní en forma uniforme sobre toda la superficie interior del cilindro.
3.-	Línea de alimentación y descarga del producto.- Es el lugar donde se carga al producto húmedo en el interior de la cámara cilíndrica y se descarga el producto seco después de un determinado tiempo.

Sistema de transmisión para el movimiento de la cámara cilíndrica de secado

El sistema de transmisión permite que las vainas de maní estén en constante movimiento para un mejor contacto con el aire secante, permitiendo que la mayoría de las vainas alcancen un secado homogéneo. Para que no exista daño mecánico por el constante movimiento, la velocidad de rotación será de 5 [rpm].

El sistema que se va a desarrollar en el presente proyecto será de ruedas de cadena ya que ofrece las siguientes ventajas:

- 1.- En locales húmedos y calientes ofrecen la ventaja de hacer un trabajo silencioso.
- 2.- En este sistema de transmisión no puede haber deslizamiento.
- 3.- Es aconsejable cuando las distancias entre centros es pequeña.

A continuación se dan a conocer los elementos que conforman el sistema de movimiento de la cámara cilíndrica:

N°	Elementos a ser seleccionados
1.-	Moto-reductor.- Es el encargado de producir la fuerza por medio del piñón conductor a la cámara cilíndrica de secado por medio del piñón conducido.
2.-	Piñón conductor y conducido.- Son ruedas dentadas en las cuales calza la cadena para transmitir el movimiento. La característica principal de estos dos elementos es la forma del diente, en su fondo en medio círculo para que en este sienten los rodillos de la cadena. El piñón conductor da la fuerza y siempre es el más pequeño; el conducido recibe la fuerza y casi siempre es el más grande.
3.-	Cadena.- Transmite la fuerza del piñón conductor al conducido.
4.-	Anillos rotativos.- Se acopla con la cámara cilíndrica de secado para que esta no se desgaste por el continuo movimiento durante el tiempo que dure el secado.
5.-	Rodillos.- Son los apoyos donde la cámara cilíndrica de secado se asienta por medio de los anillos rotativos.

Sistema de calentamiento del aire

Este sistema tiene como función elevar la temperatura del aire ambiente hasta una temperatura de 40°C, este aire caliente es introducido en la cámara cilíndrica de secado por medio de un ventilador que emitirá la cantidad de aire seco que se necesita para evaporar el agua contenida en las vainas de maní (18% b.h.) hasta alcanzar la humedad del (11% b.h.), después es necesario dejarlas reposar por 24 horas para que el maní continúe por si solo secándose hasta alcanzar el 9% [b.h.] deseado.

Para el calentamiento del aire se utilizará GLP en forma directa, ya que es un combustible que se emplea en la industria alimenticia ofreciendo un buen desempeño.

El sistema de calentamiento esta compuesto por los siguientes elementos:

N°	Elementos a ser seleccionados
1.-	Ventilador.- Es el encargado de impulsar el aire caliente entre la masa de las vainas de maní.
2.-	Quemador.- Tiene por función elevar la temperatura del aire ambiente hasta una temperatura de 40°C.
3.-	Cámara de combustión.- Es el lugar donde se quema el combustible en contacto con cierta cantidad recomendada de aire en exceso para el secado de los granos.

3.7 DISEÑO DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ

“El diseño agrupa las actividades que tienen por objeto la concepción de un producto adecuado a las especificaciones y al ciclo de vida previsto y su concreción en todas las determinaciones que permitan su fabricación. El desarrollo incluye, además del diseño, todas las acciones destinadas a llevar el producto al mercado o a disposición del usuario.”²¹

Para la selección o dimensionamiento de los elementos que conformarán el secador rotativo, se plantea un conjunto de suposiciones que facilitarán el proceso de cálculo y que permitirán que el funcionamiento de estos sea el adecuado durante el ciclo de vida para el que serán diseñados.

Consideraciones

Para un mejor desempeño de la tasa de secado, es necesario indicar las consideraciones que se efectuarán para el diseño del secador rotativo, sin que éstas afecten a las propiedades nutricionales del grano ni a los materiales que conforman la estructura del secador.

Las condiciones de funcionamiento del secador permanecerán constantes a lo largo del proceso de secado, manteniendo constante las temperaturas y flujos de aire caliente dentro del secador. Esto es:

²¹ Diseño Concurrente Carles Riba i Romeva; Enero 2002.pág 21-22

Aire

1. Las condiciones climatológicas en la zona de estudio permanecerán constantes durante el tiempo que dure el secado.
2. El calor entregado para el calentamiento del aire permanecerá constante durante todo el proceso de secado.
3. Para preservar el sabor natural del maní la temperatura del aire de secado no deberá sobrepasar los 40°C.
4. La humedad relativa del aire que sale húmedo por el contacto con las vainas húmedas no debe ser inferior al 60%.
5. La velocidad de extracción de humedad del maní no deberá ser mayor de 0.5%, valores superiores a estos aumentan la fragilidad del grano.
6. La velocidad promedio del aire caliente dentro de la cámara cilíndrica de secado es de 1.5 [m/seg] aproximadamente.

Producto

1. La masa inicial de las vainas de maní es de 450 [Kg].
2. El porcentaje de humedad inicial de las vainas de maní en porcentaje de bulbo húmedo es del 18%.
3. La humedad final de las vainas de maní es de 18 % de bulbo húmedo.
4. El tiempo que se demora en eliminar el agua contenida en las vainas de maní del 18 al 11% de bulbo húmedo permanecerá constante y es igual a 7 horas.

3.7.1 Cálculo del sistema de la cámara cilíndrica de secado

Las dimensiones de la cámara cilíndrica de secado para un funcionamiento óptimo se pueden determinar matemáticamente conociendo la masa de vainas de maní que se van a secar y su peso equivalente. El peso equivalente (P_e) del maní en vaina es igual a 333.33 [Kg/m³], este valor se determinó pesando el volumen que ocupan las vainas de maní húmedas en un recipiente igual a un litro.

El peso equivalente es igual a la relación masa por volumen, es decir:

$$Pe = \frac{m}{V} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

donde:

m :	masa total de las vainas de maní	[Kg.]
V :	Volumen nominal de la cámara cilíndrica de secado	[m ³ .]
Pe :	Peso equivalente de las vainas de maní.	[Kg/m ³]

Para conocer el volumen que ocupan los 450 Kg de vainas de maní se despeja de la ecuación anterior el volumen:

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

$$V = \frac{450}{333.33} = 1.35m^3$$

Luego se calcula las dimensiones de la cámara cilíndrica de secado como su diámetro y longitud, para un diámetro igual a 600 [mm.], se asume este valor por el arreglo de baffles en el interior del cilindro y el de los anillos rotatorios con que cuenta la Corporación Talleres del Gran Valle.

El volumen de la cámara cilíndrica de secado es igual a:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} L \quad \text{Ecuación 3.2}$$

donde:

V :	Volumen nominal de la cámara cilíndrica de secado.	[m ³]
d :	Diámetro del cilindro.	[m.]
L :	Longitud del cilindro.	[m.]

$$L = \frac{4V}{\pi d^2}$$

$$L = \frac{4 * 1.35}{\pi * 1^2} = 1.7[m]$$

El área transversal de la cámara cilíndrica de secado que ocupa las vainas de maní en este volumen es:

$$A = 3.1416 * d_o * L = 5.34[m^2]$$

“Para que haya una mejor distribución del aire caliente dentro del cilindro en el momento del secado, al área nominal se suma el 50 % de la misma, es decir.”²²

$$Ar = 1.5A$$

$$Ar = 1.5 * 5.34 = 8.01m^3$$

donde:

$$A_r : \text{Área real del cilindro } [m^2]$$

La nueva longitud del cilindro es de:

$$L = \frac{8.01}{3.1416 * 1} = 2.55[m.]$$

Se selecciona un cilindro de 1 [m] de diámetro y 3 [m] de longitud, está será la longitud que se toma en cuenta para los cálculos que se consigue directamente en el mercado.

Selección del espesor de la pared del cilindro²³

Para la selección del espesor del cilindro se considera para su cálculo de pared delgada, según la ASME, cuando el cociente entre el espesor (t) de la pared y el diámetro interior del recipiente es igual o menor a 0.10.

Por lo tanto se puede escribir:

$$\frac{t}{d_i} \leq 0.10$$

Ecuación 3.3

El diámetro interior de la cámara cilíndrica de secado se puede determinar con la siguiente ecuación:

$$d_o = d_i + 2t$$

Ecuación 3.4

²² Secado solar de granos ICAITI

²³ Elementos de máquinas Shigley

donde:

t : Espesor de la pared del cilindro. [mm.]

d_i : Diámetro interior del cilindro. [mm.]

d_o : Diámetro exterior del cilindro. [mm.]

El material que se selecciona es Acero Inoxidable AISI 304 el cual tiene las siguientes propiedades mecánicas:

$$S_y = 40 \text{ [Kpsi]}$$

$$S_{ut} = 82.4 \text{ [Kpsi]}$$

Para un espesor de 1[mm] se tiene un diámetro interior de:

$$d_i = 1000 - 2(2) = 996 \text{ [mm]}$$

Conociendo el diámetro interior podemos reemplazar en la ecuación 3.3 donde se tiene que:

$$\frac{2}{996} = 0.002$$

$$0.002 \leq 0.10$$

Con este resultado de 0.002 que es mucho menor que 0.10 puede considerarse satisfactorio la teoría de cilindro de pared delgada.

Cálculo de los esfuerzos en las paredes del cilindro.

El cilindro va a estar sometido a una presión interior por el peso de 250 [Kg] de vainas de maní, sus paredes soportaran esfuerzos los cuales pueden ser reducidos a dos tensiones normales entre si, siendo estas:

σ_a : Tensión axial. [Kg/cm²]

σ_t : Tensión tangencial. [Kg/cm²]

Para los cilindros de paredes delgadas solo actúan la tensión tangencial y la tensión axial, ya que la tensión radial es despreciable.

Como la cámara cilíndrica de secado está sometido a una presión interior, la misma que se distribuye de acuerdo al Principio de Pascal, axialmente sobre el

fondo del recipiente y tangencial sobre toda la pared cilíndrica. Entonces la presión que soporta el cilindro en su interior esta dado por la siguiente fórmula:

$$P_i = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 3.5}$$

donde:

P_i :	Presión que ejerce las vainas de maní sobre las paredes del cilindro.	[Kg/cm ²]
F :	Peso de las vainas de maní.	[Kg.]
A :	Área transversal de la cámara cilíndrica.	[cm ²]

$$A = \pi * d_i * L$$

$$A = \pi * 99.6 * 300 = 93871[\text{cm}^2]$$

$$p_i = \frac{450}{93871} = 0.0048[\text{Kg}/\text{cm}^2]$$

Los esfuerzos axial y tangencial a los que esta sometido el cilindro a causa de la presión interna lo que generaría una fluencia del material se pueden calcular con la siguiente ecuación:

$$\sigma_t = \frac{p_i * d_i}{2 * e * t} \quad \text{Ecuación 3.6}$$

$$\sigma_a = \frac{p_i * d_i}{4 * e * t}$$

Donde [e] es la eficiencia a la que va a estar sometido el cilindro a causa de la soldadura y por el roblonado del cilindro.. Para nuestros cálculos se supone una eficiencia del 75 % lo que resulta:

$$\sigma_t = \sigma_1 = \frac{0.0048 * 99.6}{2 * 0.75 * 0.2} = 1.59[\text{Kg}/\text{cm}^2]$$

$$\sigma_a = \sigma_2 = \frac{0.0048 * 99.6}{4 * 0.75 * 0.2} = 0.79[\text{Kg}/\text{cm}^2]$$

Aplicando la segunda teoría de resistencia se tiene:

$$\sigma_{eq} = \sigma_1 - \sigma_2 \leq [\sigma] = \frac{S_y}{n} \quad \text{Ecuación 3.7}$$

Como σ_{eq} es mucho menor que $[\sigma]$ 1409.09 [Kg/cm²]; nos indica que el cilindro funcionará en perfectas condiciones.

Para la cámara cilíndrica de secado se selecciona un acero inoxidable AISI 304 de 2 [mm] de espesor.

Dimensionamiento de los baffles

Los baffles están unidos por medio de cordones de soldadura a la pared interna del cilindro distribuidos continuamente en todo su diámetro, son los encargados de distribuir los granos uniformemente sobre toda la longitud del cilindro, provocando un mejor contacto entre el aire secante y las vainas de maní, a medida que el secador gira estos toman el grano y lo arrojan dentro de la corriente de aire caliente. El máximo valor de transferencia de calor y masa se obtiene cuando todo el grano cae en forma de cascada (Figura 3.5).

FIGURA 3.5 ARREGLO DE BAFLES EN EL INTERIOR DEL CILINDRO



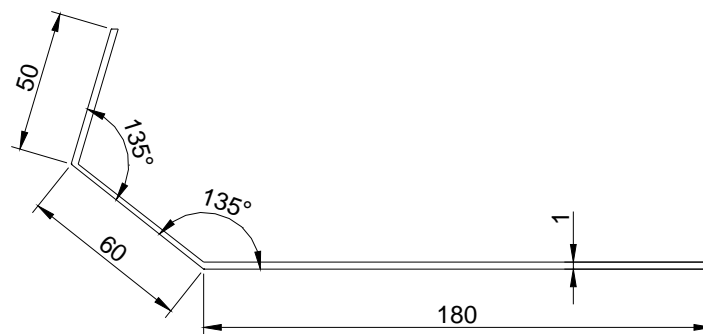
Fuente: <http://MEGA>. Secadoras de granos

La selección de estos elevadores debe ser lo más sencilla posible, caso contrario encarecen el costo de construcción y mantenimiento de estos. Para el dimensionamiento de los elevadores (baffles) de los secadores rotativos, se debe tener en cuenta, que las vainas de maní no tomadas por los elevadores, permanece en el fondo del cilindro dando vueltas sobre sí mismo provocando el cortocircuito en la operación de secado.

En este proyecto se dimensionan los bafles de acuerdo a la geometría que se observa en la Figura 3.5, el material a utilizar será de acero inoxidable AISI 304 de 1 [mm] de espesor.

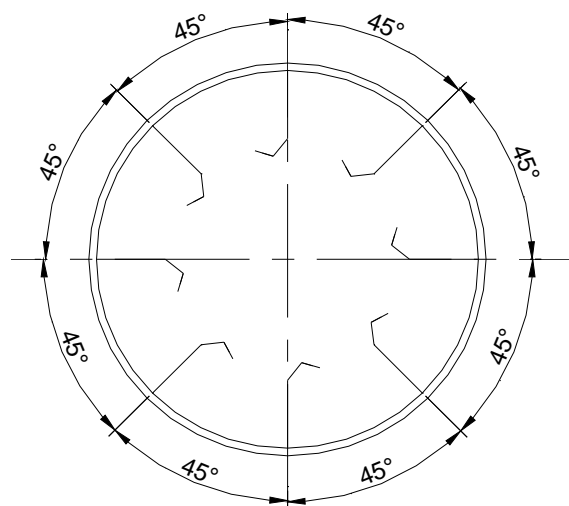
Con esta geometría en particular el volumen que recoge cada bafle es del 3.04% del volumen total, es decir que en una revolución alcanzara el 24.32%, lo que significa que cada cuatro revoluciones las vainas de maní estarán totalmente mezcladas, (Figura 3.6).

FIGURA 3.6 DIMENSIONES DE LOS BAFLES



En la Figura 3.7 se puede ver la distribución de los bafles en el interior del cilindro.

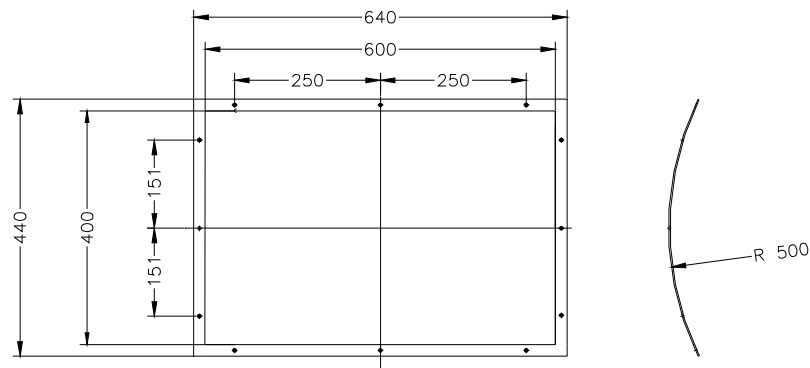
FIGURA 3.7 DISTRIBUCIÓN DE LOS BAFLES EN LA CÁMARA CILÍNDRICA DE SECADO



Dimensionamiento de la línea de alimentación y descarga de las vainas de maní

La carga y descarga de las vainas de maní al interior de la cámara cilíndrica de secado se realizara de forma manual, el sistema que se adopto es una abertura de dos puertas en la cámara cilíndrica de secado (Figura 3.8). Con este sistema permitirá cargar y descargar las vainas de maní rápidamente sin que exista la daño a estas por el continuo golpeteo. La operación se realizara de forma continua, es decir, por cada puerta de la cámara cilíndrica de secado se puede depositar 45 Kg. de maní en cinco tandas, es decir, 225 [Kg] igualmente para descargar las vainas de maní. Este sistema también permitirá realizar trabajos de mantenimiento al interior de la cámara cilíndrica de secado.

FIGURA 3.8 DIMENSIONES DE LAS PUERTAS PARA LA ALIMENTACION Y DESCARGA DE LAS VAINAS DE MANÍ



Dimensionamiento de los pernos para la sujeción de las puertas de la cámara cilíndrica de secado

En la Figura 3.8 se puede ver la junta atornillada de las puertas de la cámara cilíndrica de secado. Un total de N pernos ha de emplearse para resistir la fuerza de separación de los 450 Kg de vainas de maní.

Para ello se elige un perno de mariposa DIN 316 de diámetro nominal mayor de 6[mm] que es igual a 0.2362 pulgadas.

La rigidez del perno se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$k_b = \frac{\pi\gamma^2 E}{4l} \quad \text{Ecuación 3.8}$$

donde:

γ : Diámetro mayor del tornillo de mariposa. [pulgadas]

E : Módulo de elasticidad del perno. [Mpsi]

L : Agarre es este caso es igual a 0.197" igual a 5mm. [pulgadas]

El módulo de rigidez del tornillo es:

$$k_b = \frac{\pi * 0.2362^2 * 30}{4 * 0.195} = 28.25 \frac{Mlb}{in}$$

El módulo de elasticidad del acero inoxidable 304 es igual a 28 Mpsi. Por lo tanto, la rigidez de los elementos se puede calcular con la siguiente relación:

$$k_m = \frac{0.577\pi E \gamma}{2 \ln \left(5 \frac{0.577l + 0.5\gamma}{0.577l + 2.5\gamma} \right)} \quad \text{Ecuación 3.9}$$

donde:

k_m : Rigidez de la cámara cilíndrica de secado. [Mlb/pulgada]

γ : Diámetro mayor del tornillo de mariposa. [pulgadas]

E : Módulo de elasticidad del acero inoxidable 304. [Mpsi]

L : Agarre es este caso es igual a 0.197" igual a 5mm. [pulgadas]

Por lo tanto el módulo de rigidez de las paredes de la cámara cilíndrica de secado es :

$$k_m = \frac{0.577 * 3.1416 * 0.2362 * 28}{2 \ln \left(5 \frac{0.577 * 0.197 + 0.5 * 0.2362}{0.577 * 0.197 + 2.5 * 0.2362} \right)} = 0.42 [Mlb/pulg]$$

La constante C es:

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m} = \frac{28.25}{28.25 + 0.42} = 0.98$$

Luego, aplicando la siguiente ecuación se puede obtener la precarga recomendada para el apriete.

$$F_i = 0.75A_tS_p \quad \text{Ecuación 3.10}$$

donde:

- F_i : Precarga recomendada para el apriete. [kip]
 S_p : Resistencia mínima a la tensión. [Kpsi]
 A_t : Área de esfuerzo del tornillo de mariposa. [in²]
 C : Constante de los módulos de rigidez. [adimensional]

En el Anexo 2 (Cuadro 2 y 3) se puede obtener los valores de la resistencia límite mínima a la tensión y el área de esfuerzo de tensión que son iguales a:

$$S_p = 33[\text{Kpsi}]$$

$$A_t = 0.00909[\text{in}^2]$$

La precarga es igual a:

$$F_i = 0.75 * 0.00909 * 33 = 0.225[\text{kip}]$$

Para calcular el número de pernos se puede realizar con la siguiente ecuación:

$$N = \frac{CnF_i}{S_pA_t - F_i} \quad \text{Ecuación 3.11}$$

donde:

- F_i : Precarga recomendada para el apriete. [kip]
 S_p : Resistencia mínima a la tensión. [Kpsi]
 A_t : Área de esfuerzo del tornillo de mariposa. [in²]
 N : Número de pernos. [adimensional]
 C : Constante de los módulos de rigidez. [adimensional]
 n : Factor de seguridad. [adimensional]

El número de tornillos para la junta atornillada con un factor de seguridad igual a 2 es igual a:

$$N = \frac{0.98 * 2 * 0.225}{33 * 0.00909 - 0.225} = 5.8[\text{pernos}]$$

Así se ensaya para 12 tornillos distribuidos equitativamente se tiene un factor de seguridad igual a:

$$n = \frac{33 * 0.00909 - 0.225}{0.31 \left(\frac{0.992}{12} \right)} = 2.9$$

Este valor de 2.9 es mayor al valor requerido, por consiguiente se eligen 12 pernos de mariposa de 6 [mm.] de diámetro.

En el Cuadro 3.6 se resumen los resultados obtenidos para el dimensionamiento del sistema de la cámara cilíndrica de secado.

CUADRO 3.6 RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CALCULADOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA CILINDRICA DE SECADO

ELEMENTOS	RESULTADO
CÁMARA CILINDRICA DE SECADO	
Diámetro [mm]:	1000
Longitud [mm]:	3000
Espesor [mm]:	2
Material:	AISI 304
BAFLES	
Número de bafles	8
Distribución de los bafles en el interior de la cámara cilíndrica de secado	45°
Longitud [mm]:	3000
Espesor [mm]:	1
Material:	AISI 304
ALIMENTACIÓN Y DESCARGA	
Número de puertas	2
Capacidad [Kg.]	225
Tornillos de mariposa	DIN 316

3.7.2 Cálculo del sistema de transmisión para el movimiento de la cámara cilíndrica de secado

El sistema de transmisión tiene como objetivo generar un continuo movimiento circular uniforme de las vainas de maní para establecer un mejor contacto con el aire secante. La velocidad no debe ser mayor de 5 r.p.m., caso contrario las vainas pueden sufrir un deterioro por el continuo movimiento. A continuación se realiza una serie de cálculos para establecer las dimensiones de los elementos que conforman este sistema.

Dimensionamiento del moto-reductor

Dado que el moto-reductor debe mover algunos elementos entonces, el cálculo se lo realizará tomando en cuenta la inercia que debe vencer el moto-reductor; esto se relaciona por medio de la siguiente ecuación:

$$\sum M = \sum I * \alpha \quad \text{Ecuación 3.12}$$

donde:

- M : Momento de inercia. [N.m.]
- I : Inercia de las masas. [Kg*m²]
- A : Aceleración angular. [rad/seg.]

El momento de inercia que se debe vencer en el momento del arranque del moto-reductor con respecto al eje longitudinal del cilindro es igual a:

$$I_z = \int d(x^2 + y^2)dV \quad \text{Ecuación 3.13}$$

$$I_z = I_{zm} + I_{zc} + I_{za}$$

donde:

I_z : Momento de inercia total respecto al eje longitudinal del [N.m².]
cilindro.

I_{zm} : Momento de inercia de la masa de las vainas de maní [N.m².]
respecto al eje longitudinal del cilindro.

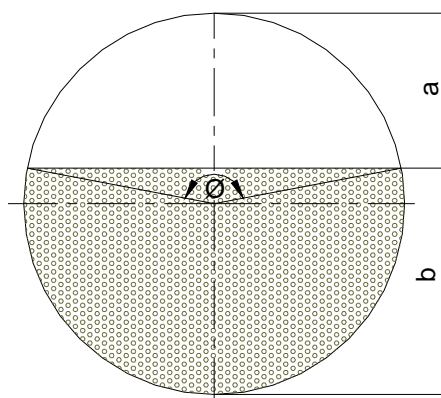
I_{zc} : Momento de inercia de la cámara cilíndrica de secado [N.m².]
respecto al eje longitudinal del cilindro.

I_{za} : Momento de inercia de los anillos rotativos respecto al [N.m².]
eje longitudinal del cilindro.

Inercia de la masa de las vainas de maní

El mayor esfuerzo que realiza el moto - reductor es en el instante del arranque, hay que suponer la forma que ocupa el maní en ese momento (Figura 3.9). El área que ocupa las vainas de maní en el interior del cilindro es igual al área del círculo menos el área de un segmento circular.

FIGURA 3.9 VISTA TRANSVERSAL DE LA CÁMARA CILÍNDRICA DE SECADO



Para determinar las dimensiones del ángulo \emptyset y de la altura h se procede de la siguiente forma:

$$V_{no\ min\ al} = A_{ocupada} * L = 1.35[m^3.]$$

$$A_{ocupada} = \frac{1.35}{3} = 0.45[m^2]$$

$$A_{ocupada} = Area_{circunferencia} - Area_{segmentocircular}$$

$$A_{circunferencia} = \pi r^2$$

$$A_{segmentocircular} = \frac{1}{2} r^2 (\phi - \text{sen} \phi)$$

Como: $r = 0.5$ [m.]

$$0.45 = \pi(0.5)^2 - 0.5 * (0.5)^2 (\phi - \text{sen} \phi)$$

$$\theta = 168^\circ$$

$$h = r * \text{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right) * \text{tag} \left(\frac{\theta}{4} \right)$$

$$h = 0.5 * \text{sen} \left(\frac{168}{2} \right) * \text{tag} \left(\frac{168}{4} \right)$$

$$h = 0.45[m.]$$

En consecuencia la altura total que alcanza el maní en su estado inicial es de:

$$b = 2r - h = 2 * 0.5 - 0.45 = 0.55 [m.]$$

El momento de inercia del área que ocupa las vainas de maní en el estado inicial con respecto al eje longitudinal es:

$$I_{vm} = I_{circ} - I_{segcirc} \quad \text{Ecuación 3.14}$$

donde:

I_{vm} : Momento de inercia de las vainas de maní con respecto al eje longitudinal [cm^4].

I_{circun} : Momento de inercia de la circunferencia con respecto al eje longitudinal [cm^4].

$I_{seg circ}$: Momento de Inercia del segmento circular con respecto al eje longitudinal [cm^4].

La inercia de la circunferencia es:

$$I_{circunferencia} = \frac{\pi r^4}{4} = 4908750 [cm^4] = 0.049 [m^4]$$

El momento de inercia del segmento circular respecto del eje longitudinal del cilindro se puede calcular mediante la siguiente relación:

$$I_{segcir} = I_x + I_y$$

$$I_x = \frac{r^4}{4} (\beta - \text{sen}\beta \cos \beta + \text{sen}^3 \beta \cos \beta)$$

$$I_y = \frac{r^4}{12} (3\beta - 3\text{sen}\beta \cos \beta - 2\text{sen}^3 \beta \cos \beta)$$

$$\beta = \frac{\phi}{2}$$

Sumando $I_x + I_y$ se tiene:

$$I_{segcir} = r^2 \left(\frac{A_{segcir}}{2} + \frac{r^2 \text{sen}^3 \beta \cos \beta}{3} \right)$$

$$A_{segcir} = \frac{r^2}{2} (\phi - \text{sen}\phi)$$

$$A_{segcir} = 0.34[m^2]$$

$$I_{segcir} = 0.045[m^4]$$

$$I_{///} = I_{circunferencia} - I_{seg\ circular} = 0.049 - 0.045 = 0.004[m^4]$$

$$I_z = Pe_{maní} * L_{cilindro} * I_{///} = 4[Kgm^2]$$

Inercia de la cámara cilíndrica de secado

Para el cálculo de la inercia de la cámara cilíndrica de secado se toma a está como un tubo circular, entonces se obtiene:

$$I_{zcilindro} = \delta_{acero\ inoxidable} * L_{cilindro} * I_{tubo}$$

$$I_{tubo} = \frac{\pi}{64} (d_o^4 - d_i^4)$$

Ecuación 3.15

donde:

- I_{tubo} : Inercia del cilindro. $[m^4]$
 d_o : Diámetro exterior. $[cm]$
 d_i : Diámetro interior. $[cm]$
 δ : Densidad acero inoxidable. $[7.9 \text{ g/cm}^3]$

$$I_{z\text{cilindro}} = 18.49 [Kg m^2]$$

Inercia de los anillos rotativos

El anillo rotatorio sirve de apoyo al cilindro para generar su movimiento. El material de estos es de fundición de acero. Para calcular la inercia respecto del eje longitudinal se lo toma como un tubo circular, entonces se obtiene:

$$I_{z\text{cilindro}} = \delta_{\text{acero}} * L_{\text{anillo}} * I_{\text{anillo}}$$

$$I_{\text{anillo}} = \frac{\pi}{64} (D_o^4 - D_i^4)$$

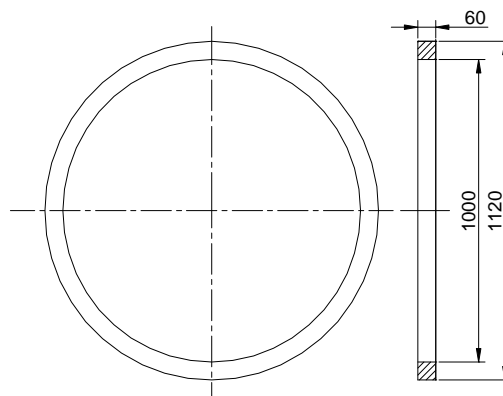
Ecuación 3.16

donde:

- I_{anillo} : Inercia del cilindro. $[m^4]$
 D_o : Diámetro exterior del anillo. $[cm]$
 D_i : Diámetro interior del anillo. $[cm]$
 δ : Densidad del acero. $[7.86 \text{ g/cm}^3]$

Las dimensiones del anillo rotatorio se pueden conocer en la Figura 3.10

FIGURA 3.10 GEOMETRÍA DE LOS ANILLOS ROTATIVOS



$$I_{\text{anillo}} = 0.028[\text{cm}^4]$$

$$I_{\text{anillo}} = 0.028 * 2 = 0.056[\text{m}^4]$$

$$I_{\text{zanillo}} = 7860 * 0.06 * 0.056 = 26.41[\text{Kgm}^2]$$

La inercia total del sistema es:

$$I_z = 4 + 18.49 + 26.41 = 48.9[\text{Kgm}^2]$$

Una vez determinada la inercia total de la cámara cilíndrica de secado se puede encontrar el momento de torsión que ejerce el motor sobre está. Se supone que cuando el nivel de las vainas de maní alcanza un ángulo crítico de aproximadamente 60 grados, la masa de vainas de maní empieza a escurrirse, por lo que en este instante el centro de gravedad se desplaza al eje del cilindro, ocasionando que se genere un momento opuesto al del eje del moto-reductor.

Por lo que se tiene:

$$M_{\text{TOTAL}} - 450 * 9.8 * 0.225 = 48.9 * \alpha$$

donde:

M_{TOTAL} : Momento de torsión total. [Nm]

α : Aceleración angular. [rad/seg²]

Para determinar el valor de la aceleración [α] se supone que el moto-reductor alcanza 5 rpm en un segundo, entonces:

$$\omega = 5\text{rpm} \approx 0.524 \left[\frac{\text{rad}}{\text{seg}} \right]$$

$$M_{\text{TOTAL}} = 48.9 * \frac{0.524 \left[\frac{\text{rad}}{\text{seg}} \right]}{1[\text{seg}]} + 992.25$$

$$M_{\text{TOTAL}} = 1017.87[\text{Nm.}]$$

Para encontrar la potencia que produce este momento se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$H = M_{\text{TOTAL}} * \omega$$

Ecuación 3.17

donde:

M_{TOTAL} : Momento de torsión total. [Nm]

H : Potencia. [W]

ω : Velocidad angular. [rad/seg]

$$H = 1017.87 * 0.524 = 533.36 [W.]$$

$$H = 0.7 \approx 1 [Hp.]$$

Selección de la cadena para el movimiento de la cámara cilíndrica de secado²⁴

“Del Cuadro 3.7 para factores de servicio de impulsores de cadena se obtiene un factor de $SF = 1.3$ para operaciones con choques moderados; por lo tanto, la potencia de diseño será.”²⁵

$$H_D = SF * H \quad \text{Ecuación 3.18}$$

donde:

H_D : Potencia de diseño. [Hp.]

H : Potencia teórica. [Hp.]

SF : Factor de servicio. [adimensional]

CUADRO 3.7 FACTORES DE SERVICIO SUGERIDOS PARA TRANSMISIONES DE CADENAS

CARACTERÍSTICAS DEL IMPULSO	FUENTE DE POTENCIA MOTRIZ
UNIFORME	1.0 – 1.2
CHOQUE LIGERO	1.1 – 1.3
CHOQUE MEDIANO	1.2 – 1.4
CHOQUE FUERTE	1.3 – 1.5

Fuente: Diseño de máquinas Shigley

$$H_D = 1.3 * 1 = 1.3$$

²⁴ INTERMEC; La transmisión de potencia por cadena de rodillos

²⁵ Diseño de máquinas Shigley pág 764

$$H_D = 1.3 \approx 1.5 [Hp]$$

Se elige un moto – reductor trifásico con una potencia de 1.5 [Hp] de 30 rpm. Sus principales características se detallan en el (Anexo 3, Cuadro 1).

Se trata ahora de seleccionar el paso de la cadena y el número de dientes del piñón conductor para un moto - reductor trifásico de 30rpm que se va a utilizar en el presente proyecto. Observando el Cuadro 3.8 para una cadena N° 80 y 1” de paso se tiene que:

CUADRO 3.8 TABLA DE CAPACIDAD PARA LA CADENA SENCILLA ESTANDAR DE RODILLOS N°80 PASO 1”

N°DE DIENTES DEL PIÑÓN CONDUCTOR	RPM DEL PIÑÓN CONDUCTOR	
	25	50
22	2.04	4.00

Fuente: Intermec

En el (Anexo 3, Cuadro 2) se puede ver completamente esta tabla que corresponde a la capacidad de la cadena de rodillos N°80 PASO 1”.

Para 22 dientes del piñón conductor a 50 rpm se tiene una potencia de 4.00 [Hp] y a 25 rpm una potencia de 2.24 [Hp]; lo que arrojan una diferencia de $(4.19 - 2.04) = 1.96$ [Hp.] para una diferencia de 25 rpm. Sin embargo la diferencia entre 25 y 30 rpm (esta última son las rpm del moto-reductor) es solamente de 5 rpm, es decir, el 5% de la diferencia entre 25 y 50 rpm.

El 5% de 1.96 da una potencia de 0.09 [Hp.]; agregándole 0.09 a 2.04 se tiene una potencia de 2.13 [Hp].

Como $H_D < H^*$ la cadena seleccionada es la adecuada. Con estos resultados el tipo de lubricación que necesita la cadena es tipo A: A mano, con aceitera o brocha.

La relación de velocidades es:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{30}{5} = 6$$

Ahora el número de dientes del piñón conducido será:

$$Z_2 = Z_1 * i$$

$$Z_2 = 22 * 6 = 132$$

$$Z_2 = 132 \text{ [dientes].}$$

El diámetro de paso del piñón se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$D = \frac{P}{\text{sen}\left(\frac{180}{Z}\right)} \quad \text{Ecuación 3.19}$$

donde:

p : Paso. [pulgadas]

Z : Número de dientes. [dientes]

El diámetro de paso para el piñón conductor y conducido son respectivamente:

$$D_1 = \frac{1}{\text{sen}\left(\frac{180}{22}\right)} = 7.03''$$

$$D_2 = \frac{1}{\text{sen}\left(\frac{180}{132}\right)} = 42.02''$$

Se selecciona un piñón conductor de 22 dientes de acero SAE 1020 forjado que le otorga una mayor homogeneidad y dureza, y se elige un piñón conducido de 132 dientes del mismo material.

La longitud de la cadena que se necesita en paso, se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$L = 2C + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C} \quad \text{Ecuación 3.20}$$

donde:

C : Distancia entre centros. [pulgadas]

Z_1 : Número de dientes del piñón conductor. [dientes]

Z_2 : Número de dientes del piñón conducido. [dientes]

L : Longitud de la cadena. [pulgadas]

P : Paso de la cadena. [1 pulgada]

La distancia entre centros es igual a:

$$\frac{(D_1 + D_2)}{2} = \left(\frac{7.03'' + 42.02''}{2} \right) = 24.53''$$

Esta distancia entre centros provocará que los piñones trabajen como dos engranajes, para ello se asume una distancia entre centros de 70 [cm], para que no haya interferencia entre el piñón conductor y conducido.

Entonces:

$$\frac{L}{p} = \frac{2C}{p} + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{4\pi^2 C}$$

$$\frac{L}{p} = \frac{2 * 27.56}{1} + \frac{22 + 132}{2} + \frac{(132 - 22)^2}{4\pi^2 \left(\frac{27.56}{1} \right)} = 143.24''$$

$$L = 143.24 \text{ pasos}$$

El número par más próximo de pasos es de 152, y éste será el que se utilice. Para lo cual se requiere encontrar la nueva distancia entre centros. Introduciendo

$\frac{L}{p} = 152$ en la ecuación anterior; se tiene:

$$152 = \frac{2 * C}{1} + \frac{24 + 144}{2} + \frac{(144 - 24)^2}{4\pi^2 \left(\frac{C}{1} \right)}$$

Donde la nueva distancia entre centros es de:

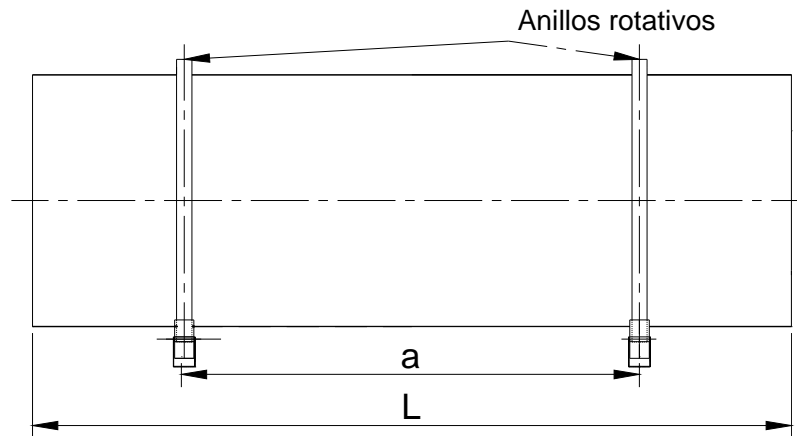
$$C = 27.33''; \text{ La longitud total de la cadena es de } 152'' = 3.86 \text{ [m.]}$$

Se selecciona una cadena de rodillos de acero DIN 8187, # 80, paso 1".

Determinación de la distancia entre los anillos rotativos

Los anillos rotatorios son los apoyos donde va a girar la cámara cilíndrica de secado. En la Figura 3.11 se puede observar que la distancia entre los rodillos es muy importante, pues los esfuerzos de flexión sobre el cilindro dependen de esta distancia.

FIGURA 3.11 DISTANCIA ENTRE ANILLOS ROTATIVOS EN LA CÁMARA CILINDRICA DE SECADO



“La distancia “a” para que el momento flector producido por los anillos rotatorios sea mínimo se desarrolla en el (Anexo 3, Cuadro 3), donde se encuentra la siguiente relación”²⁶:

$$a = 0.6 L. \quad \text{Ecuación 3.21}$$

Por lo tanto:

$$a = 0.6 * 3 = 1.8[m.]$$

Por lo que la distancia entre los anillos rotatorios es de 1.8 [m.]

Determinación de esfuerzos sobre el cilindro secador

Para determinar el momento de flexión que se va a producir por los apoyos del cilindro que permitirán que este tenga un movimiento rotativo uniforme, se asume al cilindro como una viga con una carga uniformemente distribuida en toda su longitud, por lo tanto la carga por unidad de longitud (C_u) será igual a:

$$C_u = \frac{C_D}{L} \quad \text{Ecuación 3.22}$$

²⁶ Diseño de Estructuras de Acero (1998) Roberto Arellano Bueno

donde:

C_u : Carga por unidad de longitud. [Kg.]

C_D : Carga de diseño. [Kg.]

L : Longitud del cilindro. [m.]

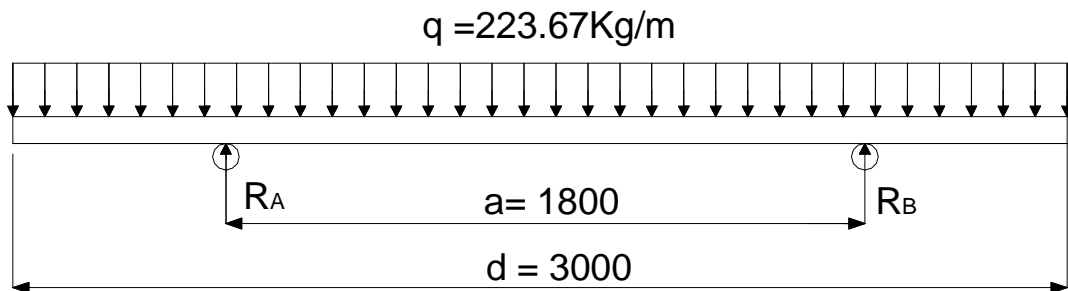
La carga de diseño es igual a la masa de vainas de maní húmedas más el peso del cilindro y de los bafles, y es igual a:

$$C_D = 450 + 165.9 + 54.98 = 670.88 \approx 671 [\text{Kg}]$$

$$C_u = \frac{671}{3} = 223.67 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}} \right]$$

Para determinar el momento flector que se produce por los apoyos, se supone una carga distribuida a lo largo del cilindro como se puede observar en la Figura 3.12

FIGURA 3.12 DISTRIBUCIÓN DE CARGA SOBRE EL CILINDRO



Además las reacciones son:

$$R_A = 335.51 [\text{Kg.}]$$

$$R_B = 335.51 [\text{Kg.}]$$

Los momentos cortantes y flectores especificados de la Figura 3.13 se desarrollan a continuación:

$$V_A = -223.67 * 0.6 = -134.2[\text{Kg.}]$$

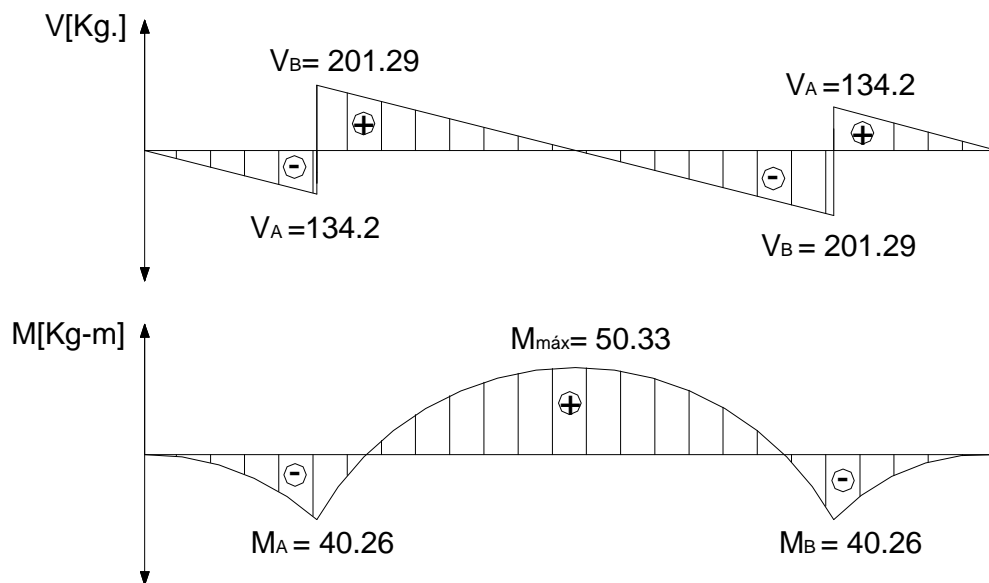
$$V_B = 335.51 - 2.4(223.67) = -201.29[\text{Kg.}]$$

$$M_A = -223.67 \left(\frac{0.6^2}{2} \right) = -40.26[\text{Kgm}]$$

$$M_B = 335.51(2.4 - 0.6) - 223.67 \left(\frac{2.4^2}{2} \right) = -40.26[\text{Kgm}]$$

$$M_{\text{máx}} = 335.51(1.5 - 0.6) - 223.67 \left(\frac{1.5^2}{2} \right) = 50.33[\text{Kgm}]$$

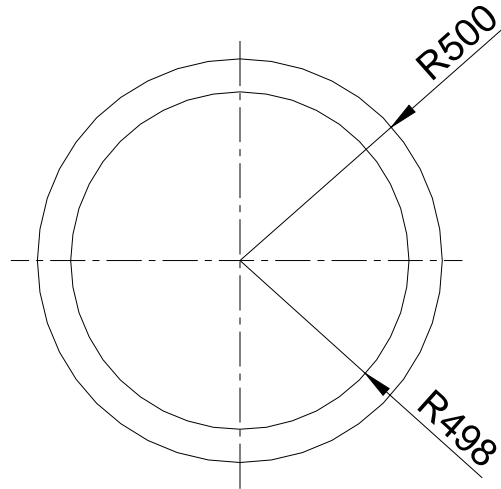
FIGURA 3.13 MOMENTOS CORTANTES Y FLECTORES EN LA CÁMARA CILÍNDRICA DE SECADO



Verificación de la resistencia del cilindro

El cilindro está formado de acuerdo a la geometría de un tubo hueco. Este elemento debe ser comprobado mediante el método de esfuerzos admisibles. Las dimensiones se especifican en la Figura 3.14

FIGURA 3.14 SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CILINDRO



A continuación se establece el módulo de elasticidad del cilindro:

$$S_{xx1} = \frac{3.1416}{32} \left(\frac{d_o^4 - d_i^4}{d_o} \right) = 1561.4 [cm^3]$$

$$S_{xx2} = \frac{M_{máx}}{Fb} = \frac{5033}{1690.9} = 2.98 [cm^3]$$

$$Fb = 0.6Sy$$

Como se puede observar $S_{xx1} > S_{xx2}$ por lo tanto:

Los factores de seguridad a los que trabaja el cilindro son los siguientes:

$$Fb_{cilindro} = \frac{M_{máx}}{S_{xx1}} = \frac{5033}{1561.4} = 3.22 \left[\frac{Kg}{cm^2} \right]$$

$$\Omega_f = \frac{Sy}{Fb_{cilindro}} = \frac{2818.19}{3.22} = 875.21 \text{ (Factor de seguridad)}$$

Este valor de seguridad no constituye un factor excesivo pues el trabajo que va a realizar el secador es de aproximadamente 7 horas tiempo que se demora en secar las vainas de maní, o puede trabajar en forma ininterrumpida, esto dependerá de los pedidos a ser entregados por la Corporación Talleres del Gran Valle.

Selección de los rodillos

Los rodillos son los apoyos donde se asientan los anillos rotativos de la cámara cilíndrica de secado que permitirán el continuo movimiento de ésta. Los rodillos deberán responder lo más fielmente posible a las condiciones de vinculación adoptadas en la teoría de cálculo, para asegurar que los rodillos seleccionados soporten las necesidades de peso y desgaste al rozamiento de los anillos rotativos, esto no significa sobredimensionar los rodillos para asegurarnos de cumplir, sino por el contrario, optimizar los materiales para reducir costos en lo posible.

“Según AISC, J8, el esfuerzo admisible de contacto en los rodillos, en [Kg/cm.], se calcula con la siguiente relación:”²⁷

$$F_p = [(S_y - 916) / 20] * 0.66d \quad \text{Ecuación 3.23}$$

donde:

F_p :	Esfuerzo admisible.	[Kg/cm.]
S_y :	Esfuerzo de fluencia del material.	[Kg/cm ²]
D :	Diámetro del rodillo	[cm.]

Para la selección de los rodillos se supone un apoyo de 3” que es igual a 7.62 [cm.] de ancho, que soporta una reacción de 671 [Kg.], se escoge un acero A36 que tiene las siguientes propiedades mecánicas:

$$S_y = 2540 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$S_{ut} = 4086 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Se escoge un diámetro de 6 pulgadas = 15.24 [cm.]

$$F_p = [(2540 - 916) / 20] * 0.66 * 15.24 = 816.74 \text{ [Kg / cm.]}$$

La longitud que se necesita será:

$$l = 671 / 816.74 = 0.82 \text{ [cm];}$$

²⁷ Diseño de Estructuras de Acero (1998); Roberto Arellano Bueno; pág 239.

Está longitud dividida para 4 rodillos nos da una longitud de 0.2 [cm.], es decir, que cada rodillo se moverá linealmente está longitud, pero como los rodillos permanecerán estáticos funcionarán correctamente.

Se escoge cuatro rodillos de acero A36 15.24 [cm] de diámetro y 7.62 [cm] de ancho, que se pueden conseguir directamente en el mercado.

En el Cuadro 3.9 se resumen los resultados obtenidos para el dimensionamiento del sistema de movimiento de la cámara cilíndrica de secado.

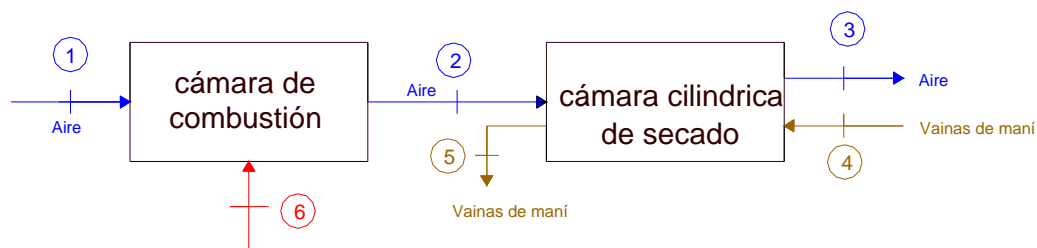
CUADRO 3.9 RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CALCULADOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA CILINDRICA DE SECADO

ELEMENTOS	RESULTADO
MOTO – REDUCTOR	
Potencia [Hp]	1.5
Frecuencia [Hz]	60
Voltaje [V.]	220
Velocidad de entrada [rpm]	30
Velocidad de salida [rpm]	5
Diámetro del eje [mm]	19.2
Distancia entre centros [pulgadas]	27.33
CADENA	
Número 80; Paso [pulgadas]	1
Longitud total [m]	3.86
Material:	DIN 8187
Número de dientes del piñón conductor [dientes]	24
Número de dientes del piñón conductor [dientes]	144
Material de los piñones	AISI 1041
ANILLOS ROTATIVOS	
Número de anillos rotativos	2
Distancia entre los anillos [mm]:	1800
Material:	Acero
Diámetro exterior [mm]:	1120
Diámetro interior [mm]:	1000
Espesor [mm]:	60
RODILLOS	
Número de rodillos	4
Diámetro [mm]:	152.4
ancho [mm]:	76.2
Material:	ASTM A – 36

3.7.3 Cálculo del sistema de calentamiento del aire

En la Figura 3.15 se indican los distintos puntos del proceso de secado de las vainas de maní en el secador rotativo, donde se registrarán los valores de temperatura, humedad del aire y la cantidad de agua a ser eliminada por el grano. Todos los valores que se necesitan para calcular la cantidad de aire para el secado se encuentran tabulados en la Carta Psicrométrica a 1000 msnm, que es la altitud a la que se encuentra ubicada la Corporación Talleres del Gran Valle. (Anexo 4, Cuadro 1).

FIGURA 3.15 ESQUEMA DEL PROCESO DE SECADO DE LAS VAINAS DE MANÍ



1	Entrada del aire a temperatura ambiente.
2	Entrada del aire caliente a 40°C
3	Salida del aire con una humedad relativa del 60%.
4	Entrada del producto con una humedad del [18%b.h.].
5	Salida del grano a una humedad del [11%b.h.].
6	Entrada del combustible (GLP).

Los puntos 1, 2, 3 que se dieron a conocer en la Figura 3.14 se representa en la Carta Psicrometrica a 1000 msnm, (Anexo 4 ,Cuadro 1).

Cálculo de la cantidad de agua a evaporar

Para calcular el agua eliminada por las vainas de maní durante el proceso de secado, es necesario conocer la humedad inicial con que las vainas entran en el secador y la humedad final a la que se quiere llegar.

La humedad final de las vainas de maní para este proyecto es del [11% b.h.], ya que después es necesario dejarlas reposar por 24 horas para que continúen por si solas secándose hasta alcanzar el [9%b.h.] de humedad deseado.

La humedad inicial de las vainas de maní se determino experimentalmente en el Laboratorio de Alimentos de la Escuela Politécnica Nacional, la humedad inicial que se obtuvo es del [18% b.h.], (Anexo 4, Cuadro 2).

La cantidad de agua a evaporarse es igual a la diferencia entre la masa inicial (450 [Kg.] de vainas de maní); y la masa final. La masa final se calcula con la Ecuación 2.3; y es igual a:

$$M_f = 450 - (450 \times 0.0787)$$

$$M_f = 414.59 [\text{Kg.}]$$

La cantidad de agua a evaporar es igual:

$$m_w = 450 - 414.59$$

$$m_w = 35.41 [\text{Kg.}]$$

Cálculo de la cantidad de aire seco para evaporar el agua contenida en las vainas de maní

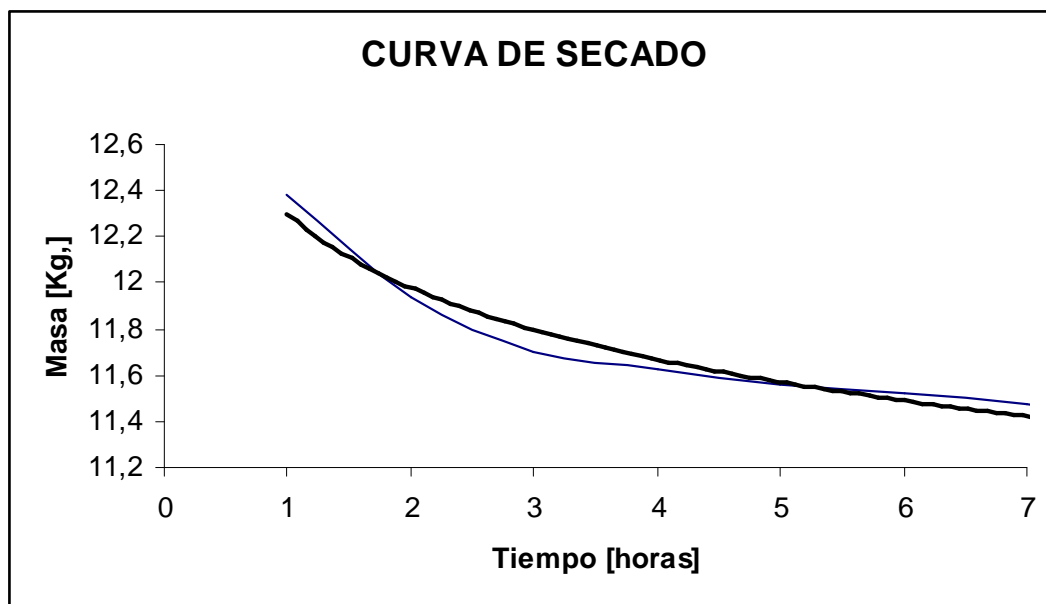
Para conocer el flujo de aire seco que se necesita para evaporar el agua contenida en las vainas de maní, primero es necesario determinar la rapidez con que estas pierden humedad en función del tiempo.

La determinación de la perdida de humedad en el transcurso del tiempo se realizó experimentalmente en la estufa selecta del Laboratorio de Alimentos de la Escuela Politécnica Nacional.

El ensayo se realizo con una muestra de [12.38 Kg.] aproximadamente de vainas de maní, en un secador de bandejas durante un tiempo de 7 horas; período en el cual la muestra se seco hasta lograr la humedad final requerida [11%b.h.].

La pérdida de peso de la muestra fue registrada durante cada hora, hasta que la muestra alcanzo el peso correspondiente a una humedad final del [11%bh], donde se obtuvo la siguiente curva de secado (Figura 3.16). Los datos obtenidos se dan a conocer en el (Anexo 4 , Cuadro 3).

FIGURA 3.16 CURVA DE SECADO DE LAS VAINAS DE MANÍ



Esta cantidad de agua a evaporar aumentará la humedad absoluta del aire, así que la cantidad de aire que se necesita para el secado de las vainas de maní se calcula con la Ecuación 2.10:

Los valores de la humedad absoluta en los puntos 2 y 3 se obtienen de la Carta Psicrométrica, (Anexo 3, Cuadro 1).

$$m_a = \frac{35.41[\text{Kg. agua}]}{(0.022 - 0.0185)[\text{Kg. agua} / \text{Kg. aire seco}]}$$

$$m_a = 10117.14[\text{Kg.}]$$

Para secar los 450 [Kg.] de vainas de maní es necesario un volumen de aire seco de:

$$V_a = \frac{m_a RT}{P} \quad \text{Ecuación 3.24}$$

donde:

V_a :	Volumen de aire seco	[m ³ .]
m_a :	Masa de aire seco	[Kg.]
R :	Constante universal del aire	[$\frac{\text{KPa} \cdot \text{m}^3}{\text{Kg} \cdot \text{K}}$.]
T :	Temperatura del aire caliente	[K.]
P_a :	Presión del ambiente	[Pa.]

La presión del ambiente a la altitud de 1000 mnsn se da a conocer en el Cuadro 3.10

CUADRO 3.10 RELACIÓN PRESIÓN ALTURA

ALTURA [m.]	PRESIÓN [psia.]
0	14.7
500	13.8
1000	13.0
1500	12.3
2000	11.5
2500	10.8
2800	10.4
3000	10.2

Fuente: Cartas Psicrométricas, Ings. Miguel Ortega, Adrián Peña; Escuela Politécnica Nacional

Entonces:

$$V_a = \frac{10117.14 * 0.287 * 313}{89.63} = 10139.83 m^3$$

Como la operación durará 7 horas, el flujo de aire será igual:

$$\dot{V}_a = \frac{10139.83}{7}$$

$$\dot{V}_a = 1448.55 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Determinación de la resistencia al flujo de aire

Después de establecer la cantidad de aire que se requiere para el secado, es necesario determinar la energía mecánica que tiene que transferir el ventilador al aire para vencer la resistencia que presentan las vainas de maní al paso de este.

Esta resistencia al flujo del aire se calcula con la Ecuación 2.3

“Por recomendaciones de fabricantes de secadores rotativos la velocidad del aire caliente promedio dentro del cilindro secador es de alrededor de 1.5 a 2.5

[m/seg.]. Para los cálculos se supone una velocidad de 1.5 [m/seg.], la fracción de espacios vacíos es del 57%, debido al incremento del volumen del cilindro.”²⁸.

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{150 * 1.89 * 10^{-5} * 1.5 * (1 - 0.57)^2}{0.035^2} + \frac{1.75 * 0.811 * 1.5^2 (1 - 0.57)}{0.035 * 0.57^3}$$

$$\frac{\Delta P}{L} = 215.31$$

$$\Delta P = 215.31 * 3 = 645.93 [Pa]$$

Para una caída de presión de 645.93 [Pa], se escoge un ventilador centrífugo, con motor exterior de 1.1 [KW] potencia y un caudal de 0.5 [m³/seg.], las características técnicas de este ventilador como su curva característica se dan a conocer en el (Anexo 4, Cuadro 4).

Cálculo de la energía necesaria para el calentamiento del aire

El proceso de calentamiento del aire corresponde a la línea 1-2 de la Carta Psicrométrica, (Anexo 4, Cuadro 1). Para determinar el calor necesario para secar los 450 [Kg.] de vainas de maní se procede de la siguiente manera:

Primero se determina la presión de vaporización del agua contenida en el aire a temperatura ambiente que es igual a:

$$P_{sat @ 25^\circ C} = 3.169 [KPa] \text{ (Anexo 4; Cuadro 5).}$$

$$P_{v1} = \phi_1 * P_{g1}$$

$$P_{v1} = 0.8 P_{sat @ 25^\circ C} = 0.80 * 3.169 = 2.5352 [KPa]$$

Donde la presión del aire en el estado 1 es igual a:

$$P_{a1} = (89.63 - 2.5352) = 87.09 [KPa.]$$

El volumen específico del aire a condiciones ambiente se determina con la ecuación 3.24:

²⁸ Procesos de Ingeniería Química; Nohenbel, Pág 211-213

$$v_1 = \frac{R * T_1}{P_a}$$

donde:

v_1 :	Volumen específico de aire seco.	[m ³ .]
R :	Constante universal del aire.	[$\frac{KPa.m^3}{Kg^0K}$.]
T_1 :	Temperatura ambiente.	[°K.]
P_a :	Presión del ambiente.	[Pa.]

Entonces el volumen específico será igual:

$$v_1 = \frac{0.287 * 298}{87.09} = 0.98 \left[\frac{m^3}{Kg.} \right]$$

El flujo de aire que se necesita es de:

$$\dot{m}_a = \frac{0.5}{0.98} = 0.51 \left[\frac{Kg}{seg.} \right]$$

El calor necesario para calentar el flujo másico de aire se calcula con la Ecuación 2.8 y es igual a:

$$Q_n = 0.51(106.729 - 90.487) = 8.28 \left[\frac{KJ}{seg.} \right] = 29808 \left[\frac{KJ}{h} \right]$$

Se selecciona un quemador de llama directa de 100000 [Btu/h], que se encuentra en el mercado y que además se utiliza en la industria agroindustrial para el calentamiento del aire. El quemador seleccionado dispone de todos los elementos de seguridad, regulación y control de GLP, así como del control de la temperatura, que mediante el regulador del caudal de GLP y en función de un valor prefijado de temperatura, humedad o cualquier otro, mantiene o modifica la aportación de GLP, de acuerdo con las necesidades previstas en el sistema receptor, sus características se dan a conocer en el (Anexo 4, Cuadro 6).

Determinación de la masa de combustible para el calentamiento del aire

Luego de hallarse el calor necesario para calentar la masa de aire que se necesita para evaporar la masa de agua contenida en las vainas de maní, se procede a encontrar el flujo de masa de combustible que permita suministrar la cantidad de calor dimensionada.

En este caso el combustible a utilizar es el gas licuado de petróleo, ya que es más fácil de quemar, manipular y permite controlar una combustión limpia en la industria alimenticia. Además su distribución se realiza de manera directa a los consumidores como gas embotellado para uso doméstico.

Características y propiedades del GLP

El gas licuado de petróleo es una mezcla de hidrocarburos que por lo común contiene propano, butano, isobutano y en menor grado, propileno o butileno. Los productos comerciales más comunes son propano, butano, o alguna mezcla de ambos.

En el Cuadro 3.11 se da a conocer la composición del gas licuado de petróleo en el país.

CUADRO 3.11 COMPOSICION DEL GLP EN EL ECUADOR

COMPONENTES	VOLUMEN [%]
ETANO	1.94
PROPANO	59.28
i- BUTANO	11.85
n- BUTANO	26.60
i- PENTANO	0.30
n- PENTANO	0.03

Fuente: Tesis de Grado. Diseño de una máquina secadora para la obtención de pimienta negra

Proceso de combustión del GLP

“La combustión es una reacción química durante la cual se oxida un combustible y se libera una gran cantidad de energía. El oxidante que se emplea en los procesos de combustión es el aire.”²⁹

²⁹ Termodinámica de Cengel Tomo I

La composición del aire seco no varía considerablemente. Sus principales componentes son el nitrógeno en un 78% y el oxígeno en un 21%.

El 1% restante es en su mayoría argón. Otros componentes son dióxido de carbono, neón, helio, metano, dióxido de azufre e hidrógeno.

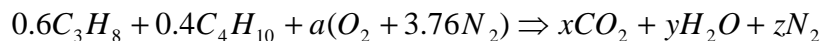
Para efecto de cálculos de este proyecto se considera al aire con la siguiente composición (Cuadro 3.12)

CUADRO 3.12 COMPOSICIÓN DEL AIRE

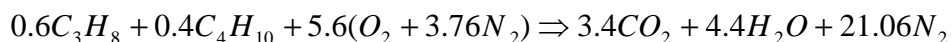
COMPOSICIÓN DEL AIRE	%
OXÍGENO	21
NITRÓGENO	79

Fuente: Cartas Psicrométricas, Ings. Miguel Ortega, Adrián Peña; Escuela Politécnica Nacional

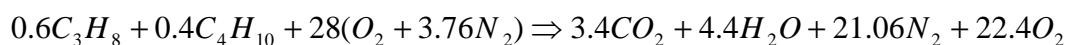
Se supone que el proceso de combustión será completo, en consecuencia todo el carbono en el combustible se convertirá en CO_2 y todo el hidrógeno en H_2O . De modo que, por simplicidad la ecuación de balance estequiométrico es igual:



Los coeficientes desconocidos en la ecuación anterior se encuentran a partir de un balance de masa y es igual a:



“Para alcanzar una combustión completa, se recomienda utilizar en este caso un exceso de aire del 400 %, ya que todo el aire caliente se mezcla con los productos de la combustión originados en la cámara de secado y estos se ponen en contacto con las vainas de maní”³⁰



³⁰ Apuntes seminario de combustión (2001)

A la cantidad de aire requerido para la combustión se le debe añadir la cantidad de humedad del aire, como consecuencia de las condiciones ambientales de la parroquia García Moreno, Corporación Talleres del Gran Valle (Cuadro 1.7).

El número de moles como causa de la humedad del aire es de:

$$(4.76 \text{Kmol} * 5.6) = 26.66 (\text{Kmol}) \text{ de aire seco.}$$

Pero la presión parcial de la humedad en el aire es:

$$P_{v,aire} = \phi_{aire} P_{sat @ 25^\circ C} = 0.80 * 3.169 = 2.54 [\text{KPa.}]$$

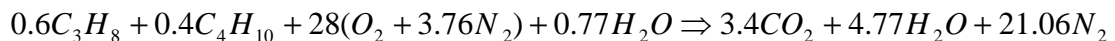
Si se supone al aire con un comportamiento de gas ideal, el número de moles de la humedad del aire $N_{v,aire}$ es:

$$N_{v,aire} = \left(\frac{P_{v,aire}}{P_{total}} \right) N_{total} = \left(\frac{2.54}{89.63} \right) (26.66 + N_{v,aire})$$

Lo que produce

$$N_{v,aire} = 0.77 [\text{Kmol}]$$

La ecuación de combustión balanceada se obtiene al sustituir los coeficientes determinados anteriormente añadiendo 0.77 [Kmol.] de H_2O en ambos lados de la ecuación.



La relación aire-combustible se determina tomando la porción entre la masa de aire y la masa del combustible:

$$\frac{A}{C} = \frac{m_{aire}}{m_{combustible}} = \frac{(28 * 4.76)(29)}{(0.6 * 44.097 + 0.4 * 58.124)} = \frac{3865.12}{49.71}$$

$$\frac{A}{C} = 77.76 \frac{Kg_{aire}}{Kg_{combustible}}$$

Cálculo de la temperatura de llama adiabática

La temperatura de llama adiabática, es la temperatura más alta con la que salen los gases producto de la combustión, debido a que en condiciones adiabáticas no habrá transferencia de calor hacia el exterior de la cámara de combustión.

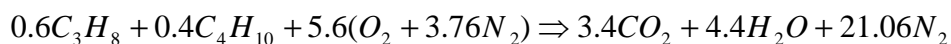
La temperatura de flama adiabática se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$\sum N_p \left(\bar{h}_f^\circ + \bar{h} - \bar{h}^\circ \right) = \sum N_r \left(\bar{h}_f^\circ \right) \quad \text{Ecuación 3.25}$$

donde:

- N_p : Número de moles de los productos. [Kmol.]
 N_r : Número de moles del combustible. [Kmol.]
 \bar{h}_f° : Entalpía de formación a 25°C y 1 atm. [KJ/Kmol.]
 \bar{h} : Entalpía en función de la temperatura. [KJ/Kmol.]
 \bar{h}° : Entalpía de los productos a 25 °C (298 K) [KJ/Kmol.]

La temperatura de flama adiabática primero se determinará con la ecuación balanceada para el proceso de combustión con la cantidad de aire teórico que es igual a:



Puesto que todos los reactivos están en el estado de referencia estándar \bar{h}_f° igual a cero para O₂ y N₂. Los valores de \bar{h}_f° y \bar{h} de los productos se dan a conocer en el Cuadro 3.13

CUADRO 3.13 VALORES DE LA ENTALPÍA DE FORMACIÓN Y ENTALPÍA DE LOS PRODUCTOS A 298 K

SUSTANCIA	\bar{h}_f° [KJ/Kmol]	\bar{h}_f^{298K} [KJ/Kmol]
C3H8 (g)	-103,850	-
C4H10 (g)	-126,150	-
CO2	-393520	9364
H2O (g)	-241820	9904
O2	0	8682
N2	0	8669

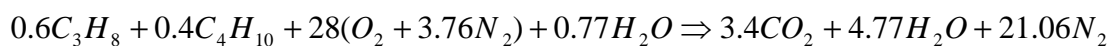
Fuente: Termodinámica de Cengel Tomo I

Conocidos todos los valores se reemplaza en la ecuación 3.25 y se obtiene la siguiente relación:

$$3.4\bar{h}_{CO_2} + 4.4\bar{h}_{H_2O} + 21.06\bar{h}_{N_2} = 2547190.34$$

Realizando procesos iterativos se obtiene una temperatura de 2395.5° K (2122.5°C).

La ecuación balanceada para el proceso de combustión con el 400 % de exceso de aire teórico es:



Al seguir el procedimiento utilizado anteriormente se obtiene que la temperatura de llama adiabática es igual a 1575.79° K (1302.64° C), considerando que la temperatura de los productos tiene un valor del 70%, la temperatura de llama adiabática es de aproximadamente 1103 K (830°C).

Esta temperatura de los productos de la combustión al mezclarse con el aire necesario para eliminar el agua contenida en las vainas de maní proveniente del ventilador, permitirá que la temperatura para el secado de las vainas de maní sea de alrededor de 40°C.

Cálculo del valor calorífico del combustible [VC]

El valor calorífico se define como la cantidad de energía liberada cuando un combustible se quema por completo a una temperatura y presión específica. Es igual al valor absoluto de la entalpía de combustión del combustible [h_c].

La entalpía de combustión es la diferencia entre la entalpía de los productos y la entalpía de los reactivos. El cálculo se realiza utilizando valores de entalpía en el estado de referencia estándar a 25°C y una atmósfera de presión. (Cuadro 3.13).

$$[h_c] = H_{\text{productos}} - H_{\text{reactantes}}$$

Ecuación 3.25

CUADRO 3.14 ENTALPIA DE FORMACIÓN A 25°C Y 1 ATM

SUSTANCIA	FÓRMULA	h°_f [KJ/Kmol]
Dióxido de carbono	CO ₂ (g)	-393520
Agua	H ₂ O (l)	-285,830
Propano	C ₃ H ₈ (g)	-103,850
n-Butano	C ₄ H ₁₀ (g)	-126,150

Fuente: Termodinámica de Cengel Tomo I

$$H_{\text{productos}} = 3.4(-393520) + 4.77(-285830) = -2701377.1 \left[\frac{KJ}{Kmol} \right]$$

$$H_{\text{reactantes}} = 0.6(-103850) + 0.4(-126150) = -112770 \left[\frac{KJ}{Kmol} \right]$$

$$[h_c] = -2701377.1 + 112770 = -2588607.1 \left[\frac{KJ}{Kmol_{\text{combustible}}} \right]$$

Entonces el valor calorífico [VC] es igual:

$$VC = 2588607.1 \left[\frac{KJ}{Kmol_{\text{combustible}}} \right] \left[\frac{Kmol}{49.71Kg_{\text{combustible}}} \right] = 52074.17 \left[\frac{KJ}{Kg_{\text{combustible}}} \right]$$

Para hallar el flujo de masa del combustible se utiliza la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_c = \frac{Q_n}{VC * \eta_c} \quad \text{Ecuación 3.26}$$

donde:

$$\dot{m}_c : \text{Flujo de masa de combustible.} \quad \left[\frac{Kg_{\text{combustible}}}{h} \right]$$

$$VC : \text{Valor calorífico.} \quad \left[\frac{KJ}{Kg_{\text{combustible}}} \right]$$

Q_n :	Calor necesario para calentar el aire para el secado.	$\left[\frac{KJ}{seg.} \right]$
n_c :	Eficiencia de combustión.	[70%]

La eficiencia de combustión es la relación de la cantidad de combustible quemado totalmente y la cantidad de combustible suministrado.

Uno de los parámetros más importantes para el diseño de cámaras de combustión es la eficiencia de la combustión por cuanto tiene un efecto directo en los costos de operación.

“Para los cálculos se asume una eficiencia de combustión del 70%.”³¹

$$\dot{m}_c = \frac{29808 \text{ KJ/h}}{0.70 * 52074.17 \text{ KJ/Kg}_{\text{combustible}}}$$

$$\dot{m}_c = 0.82 \left[\frac{\text{Kg}_{\text{combustible}}}{h} \right]$$

La cantidad de combustible que se necesita para secar las vainas de maní durante un período de 7 horas es de 5.74 [Kg.], entonces se necesitará un cilindro de GLP de 15 [Kg.] que se puede conseguir directamente en las plantas de acopio ubicadas en la comunidad de Los Manduriacos, Corporación Talleres del Gran Valle.

Dimensiones de la cámara de combustión

La cámara de combustión es el lugar donde se mezclan el flujo de aire que se necesita para evaporar el agua contenida en las vainas de maní y los gases producto de la combustión, en este proyecto se realiza un calentamiento directo del aire.

Las medidas de la cámara de combustión son las siguientes: [53] cm de diámetro y 42 [cm] de longitud, (Anexo 4, Cuadro 6).

³¹ Apuntes seminario de combustión.

El material que se elige para su construcción es de tool galvanizado de 2 [mm] de espesor.

En el Cuadro 3.15 se resumen los resultados obtenidos para el dimensionamiento del sistema de calentamiento del aire.

CUADRO 3.15 RESULTADOS DE LOS ELEMENTOS CALCULADOS PARA EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL AIRE

COMPONENTES	RESULTADOS
VENTILADOR	
Velocidad promedio del aire [m/seg]	1.5
Caída de presión [Pa]	645.93
Flujo [m ³ /h]	2000
QUEMADOR	
Potencia [Btu/h]	28252.69
Tipo de combustible	GLP
Masa del combustible [kg/h]	5.74
Poder calorífico [KJ/kg.]	52074.17
Número de cilindros de GLP [15 Kg]	1
CÁMARA DE COMBUSTIÓN	
Diámetro [mm]	554
Longitud [mm]	400
Espesor [mm]	2
Material:	ASTM A 36

3.8 COSTO TOTAL DEL DISEÑO DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ

El costo total del secador rotativo de vainas de maní, corresponde a invertir una determinada cantidad de recursos económicos, materiales, humanos y de tiempo, este a su vez se evaluará por medio de su precio final. El precio final incluye la suma de los costos de las etapas anteriores a su ciclo de vida, siendo estos:

- Costo de fabricación
- Costo de montaje
- Costo de diseño
- Costo de operación

3.8.1 Costo de fabricación

Este costo dependerá de los diferentes proveedores y fabricantes de los elementos que conforman el secador rotativo de vainas de maní. Para el presente trabajo este costo tendrá dos partes siendo estas:

- a) Costo elementos normalizados
- b) Costo elementos a ser fabricados

En el Cuadro 3.16 se detallan los elementos normalizados y los elementos que se fabricarán, para poner en práctica la construcción del secador rotativo de vainas de maní.

CUADRO 3.16 ELEMENTOS NORMALIZADOS Y FABRICADOS BAJO PEDIDO DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ

DESCRIPCIÓN	NORMALIZADO	FABRICADO
Cámara cilíndrica del secador con los baffles soldados en el interior, soldados anillos rotativos y piñón conducido	NO	SI
Ventilador Flujo 2000 [m ³ /h]	SI	NO
Quemador de 100000 [Btu/ h]	SI	NO
Moto-reductor 1.5 [Hp] 30 rpm	SI	NO
Cadena # 80 PASO 1"	SI	NO
Piñón conductor Z=22 [dientes] SAE 4041	SI	NO
Piñón conducido Z=132 [dientes] SAE 4041	NO	SI
Rodillos acero de 6" de diámetro A-36	SI	NO
Cámara de combustión tool galvanizado espesor 2 [mm]	NO	SI
Manguera para la conexión del gas	SI	NO
Cilindro de gas de 15 [Kg]	SI	NO

Una vez que se dieron a conocer los elementos normalizados y los elementos fabricados que constituyen el secador rotativo de vainas de maní, se llevará a cabo la cotización de estos elementos con diferentes proveedores dentro del mercado nacional.

Antes de ello se debe investigar que los elementos que conforman el secador rotativo de vainas de maní, se encuentran disponibles en el mercado ya sea en existencia para entrega inmediata o con la posibilidad de que se los fabrique bajo pedido dentro de un plazo de entrega aceptable según la disponibilidad de tiempo que se tenga para el ensamblaje de dichos elementos

En el Cuadro 3.17 se presentan los precios de los elementos normalizados del secador rotativo de vainas de maní.

CUADRO 3.17 COSTO DE LOS ELEMENTOS NORMALIZADOS DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	TOTAL (USD)
Ventilador Flujo 2000 [m ³ /h]	1	250.00	250.00
Quemador de 100000 [Btu/ h]	1	846.20	846.20
Moto-reductor 1.5 [Hp] 30 rpm	1	364.81	364.81
Cadena # 80 PASO 1" Longitud 3.86 [m]	3.86	33.06	127.62
Piñón conductor Z=22 [dientes] SAE 4041	1	25.60	25.60
Rodillos acero de 6" de diámetro A-36	4	12.36	49.44
Manguera para la conexión del gas 5 [m]	5	1.00	5.00
Cilindro de gas 15 [Kg]	1	30.00	30.00
Otros (franelas, electrodos, cintas, brocas, moladora, tornillos, etc.)			30.00
SUBTOTAL			1728.67
IVA (12%)			207.44
TOTAL			1936.11

En el cuadro 3.18 se dan a conocer los precios de los elementos a ser fabricados para el secador rotativo de vainas de maní.

CUADRO 3.18 COSTOS DE LOS ELEMENTOS QUE SERÁN FABRICADOS DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	TOTAL (USD)
Cámara cilíndrica del secador con los baffles soldados en el interior, acoplados anillos rotativos y piñón conducido	1	2660.56	2660.56
Piñón conducido Z=134 [dientes] SAE 4041	1	1250.34	1250.34
Cámara de combustión tool galvanizado espesor 2 [mm]	1	60.00	60.00
SUBTOTAL			3970.90
IVA (12%)			476.51
TOTAL			4447.41

Como se puede observar los anillos rotativos y las mesas para el posicionamiento del ventilador y de la cámara de combustión no consta en el Cuadro 3.17 ya que con ellos cuenta la Corporación Talleres del Gran Valle y además cumplen con los requerimientos del equipo diseñado.

3.8.2 Costo de montaje

Es el costo que se debe realizar para el montaje de los elementos que conforman el secador rotativo de vainas de maní para integrar a este y que responda a la funcionalidad durante todo su ciclo de vida.

En el cuadro 3.19 se presenta el costo del montaje del secador rotativo de vainas de maní.

CUADRO 3.19 COSTO DE MONTAJE DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	TOTAL (USD)
Muros de soporte de hormigón para la fijación de los rodillos.	2	120.00	120.00
Mano de obra (días)	6	12	72.00
Transporte		600.00	600.00
Imprevistos			150.00
SUBTOTAL			942.00
IVA (12%)			113.04
TOTAL			1055.04

3.8.3 Costo de diseño

Este costo depende del valor que cobrara el profesional que presto sus servicios para el diseño del secador rotativo de vainas de maní, y es responsable en última instancia de que el secador tenga las funciones y prestaciones para las que ha sido concebido, permitiendo que su funcionamiento sea el adecuado durante todo el ciclo de vida para el que fue diseñado.

En el Cuadro 3.20 se presenta el costo de diseño del secador rotativo de vainas de maní desarrollado por un Ingeniero Mecánico.

CUADRO 3.20 COSTO DE DISEÑO DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ

DESCRIPCIÓN	TOTAL (USD)
Costo de diseño	850.00

3.8.4 Costo de operación

Este costo recae sobre el usuario, corresponde al valor que tiene que pagar por el consumo de energía eléctrica, GLP, mano de obra y mantenimiento; este valor dependerá básicamente de los pedidos a ser entregados por la Corporación Talleres del Gran Valle.

Para determinar el costo de operación del secado de las vainas de maní, primero es conveniente conocer la potencia del ventilador y del moto-reductor, para luego conocer el precio de la energía eléctrica que hay que pagar por estos dos elementos.

Para el presente proyecto la potencia del moto-reductor es de 1.5 [Hp] que es igual a 1.1 [kw] y la del ventilador centrífugo es igual a 1.1 [KW]; sumando estos dos valores nos da una potencia total de 2.2 [KW].

Para secar los 450 [Kg] de vainas de maní, se requiere de un tiempo de siete horas, entonces el consumo de combustible es de 15.4 [Kw-hora]; el precio de un [Kw-hora] en el país es alrededor de USD 0.10, el valor que hay que pagar por las siete horas de secado es de USD 1.54

A este valor se debe añadir el consumo de combustible (GLP) por las siete horas que trabaja el secador rotativo de vainas de maní, que es igual a 5.74 [Kg], multiplicando este valor por el precio de USD 2.20 que tiene un cilindro de GLP de 15 [Kg] que obtiene en los centros de acopio de la comunidad de los Manduriacos, se obtiene un costo por combustible igual a USD 0.84

En el Cuadro 3.21 se da a conocer el costo de consumo de combustible en la operación del secador rotativo de vainas de maní diseñado por parada.

CUADRO 3.21 COSTO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR PARADA

DESCRIPCIÓN	PRECIO (USD)
Consumo energía eléctrica	1.54
Consumo GLP	0.84
TOTAL	2.38

El precio que hay que pagar en un mes por el consumo de combustible es de USD 47.60, suponiendo que se va a realizar una sola parada por día, es decir, se realizara cinco paradas por semana, al mes representa 20 paradas. Este valor variara de acuerdo a los pedidos a ser entregados por la Corporación Talleres del Gran Valle.

En el Cuadro 3.22 se presenta el costo de operación por mes del secador rotativo de vainas de maní diseñado.

CUADRO 3.22 COSTO DE OPERACIÓN DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ POR MES

DESCRIPCIÓN	PRECIO/ MES (USD)
Consumo de energía	47.60
Persona encargada de la operación del secador	140.00
Ayudante	70.00
Mantenimiento	5.00
TOTAL	262.60

El costo total del secador rotativo de vainas de maní diseñado se detalla en el cuadro 3.23

CUADRO 3.23 COSTO TOTAL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ DISEÑADO

DESCRIPCIÓN	PRECIO (USD)
COSTO DE FABRICACION	
ELEMENTOS NORMALIZADOS	1936.11
ELEMENTOS FABRICADOS	4447.41
COSTO DE MONTAJE	1055.04
COSTO DE DISEÑO	850.00
TOTAL	8288.56

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se expone las conclusiones a las que se llegó después del diseño del secador rotativo de vainas de maní, así como las recomendaciones principales que fortalecerán los logros del presente trabajo.

CONCLUSIONES

1. El secador rotativo de vainas de maní diseñado elimina 30.2 [Kg] de agua en un tiempo de siete horas, período en el cual los granos de maní conservan sus propiedades organolépticas, nutritivas y enzimáticas.
2. Las dimensiones de la cámara cilíndrica de secado de 1 [m] de diámetro y 3 [m] de largo, además de tener una capacidad para 450 [Kg], permitirá que exista un mejor contacto entre el aire secante y las vainas de maní, permitiendo que la mayor cantidad de vainas de maní salgan con igual contenido de humedad.
3. El costo total de energía que se necesita para eliminar el agua contenida en las vainas de maní en el secador rotativo diseñado, durante las siete horas de secado, es de USD 2.38, convirtiéndolo en un secador económico, posibilitando un mayor volumen de producción a menor costo.
4. El quemador seleccionado para calentar el flujo de aire de 1448.55 [m³/seg], necesario para eliminar el agua contenida en las vainas de maní, tiene una potencia de 100000 [Btu/h], consiguiendo una uniformidad de la temperatura del aire a 40 °C en toda el área transversal de la cámara cilíndrica de secado.
5. El secador rotativo de vainas de maní diseñado tiene un costo total de USD 8288.56 el cual representa la mitad o tercera parte del precio de un secador rotativo que se fabrican en el mercado (USD 12,000 a 18,500) de características similares (Anexo 5, Cuadro 1).
6. El ventilador seleccionado en el diseño del secador rotativo de vainas de maní tiene una potencia de 1.1 [KW], permitiendo que en el secado de las vainas de maní trabaje con un flujo de aire de 1448.55 [m³/seg] con una caída de presión de 645.93 [Pa], logrando que el aire húmedo pueda salir

con la misma velocidad que el flujo de aire caliente que entra en la cámara cilíndrica de secado.

7. La potencia del moto-reductor para el movimiento de la cámara cilíndrica de secado es de 1.5 [Hp] a 30 rpm trifásico, logrando que esta alcance una velocidad de 5 rpm, consiguiendo que las vainas de maní no sufran deterioro por el continuo golpeteo.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda capacitar al personal que se haga cargo de la operación del secador rotativo, para que este funcione de acuerdo a las especificaciones que fueron diseñadas.
2. El tiempo para eliminar el agua contenida en las vainas de maní es de 7 horas, un tiempo superior provocará que las vainas de maní salgan secas y de mala calidad.
3. Se recomienda que después de realizar el secado de las vainas de maní, se debe dejarlas reposar por un tiempo mínimo de treinta minutos, dentro de la cámara cilíndrica de secado, ya que si se las saca inmediatamente éstas pueden adquirir la humedad del aire, provocando que estas se humedezcan nuevamente.
4. Primero se debe prender el ventilador y luego el quemador para poder controlar el flujo de combustible necesario para calentar el flujo de aire que se requiere para el secado de las vainas de maní.
5. Antes de introducir el maní en la cámara cilíndrica de secado, es necesario realizar una pre-limpieza con una zaranda de malla con diámetro menor al tamaño de las vainas de maní para eliminar tierra, hojas, tallos, granos sueltos y vainas inmaduras, estas impurezas impiden el paso del aire caliente por entre la masa de las vainas de maní.
6. Antes de comenzar el proceso de secado se debe revisar que no exista fugas en las conexiones del quemador y del cilindro de gas y que todas las conexiones eléctricas estén en perfectas condiciones.
7. Se recomienda que el secador rotativo de vainas de maní diseñado funcione en sitios abiertos y alejados para prevenir desastres que pudieran

amenazar la integridad física de las personas que habitan en la comunidad de Los Manduriacos.

BIBLIOGRAFÍA

- GRAIN INSPECTION HANDBOOK II (2003). Soybeans federal grain inspection service.
- ULRICH. Procesos de Ingeniería Química
- BRENNAN, J. (1970). Las operaciones de la Ingeniería de los alimentos.
- NOHENBEL, Procesos de ingeniería química
- PISTONO Raschieri, J; Desecación de los productos vegetales; Reverte, Barcelona.
- PERRY, J.H. Manual del Ingeniero Químico. Uthea
- RIBA, Carles, (2002). Diseño concurrente; Barcelona.
- SHIGLEY, J, MISCHKE, Ch.(1998). Diseño en Ingeniería Mecánica; McGraw-Hill.
- PORTILLA, BACERO. (1992). Seminario: Secadores de granos, Quito; EPN, AEIM.
- INEN. (1981). Código de Dibujo Técnico-Mecánico. Quito.
- PEÑA, ORTEGA. (1996). Cartas Psicrométricas. Quito; EPN.
- ARELLANO, Roberto. (1998). Diseño de estructuras de acero. Quito.
- INEC. (2003). III Censo Nacional Agropecuario. Quito.
- CENGEL, E. (2005). Termodinámica Tomo I.
- ICAITI. Secado solar de granos.
- INTERMEC. La transmisión de potencia por cadena de rodillos. Bogota.
- GUADAMUD, PALACIOS. (2001). Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico: Diseño de una máquina secadora para la obtención de pimienta negra; Quito; EPN.
- REVELO, REVELO, GUERRERO. (2000). Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico: Diseño y construcción de una tostadora de café. Quito; EPN.
- INIAP. (2005). Unidad de Documentación Técnica. Quito.
- CRITERIO GENÉRICO DE COMERCIO JUSTO. (Versión Enero 2003).
- CÓDIGO CIVIL. (2000). Tomo I. Quito.
- MUNICIPIO DEL CANTÓN COTACACHI. (2003). Plan de desarrollo del cantón Cotacachi. Cotacachi.
- <http://www.revistaelproductor.com/noviembre2003/secado.htm>
- <http://www.viarural.com.ar/insumosagropecuarios/agricolas/secadoradegranos/mega.htm>
- <http://www.neuland.com.py>
- <http://www.fao.org.com/secado de granos>

- <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea17s/ch32>
- <http://www.secado de granos a altas temperaturas>
- http://www.curva%20de%20secado/leccion7_6.htm
- <http://www.fao.org/secado de granos a altas temperaturas>

ANEXOS

ANEXO 1

ORGANIZACIÓN DE LA CORPORACIÓN TALLERES DEL GRAN VALLE

LISTA DE SOCIOS DE LA “CORPORACIÓN TALLERES DEL GRAN VALLE”

N°	APELLIDOS / NOMBRES	CÉDULA
1	ATAHUALPA BARRERA BOLIVAR	110362552-9
2	BASTIDAS PULLA ELINA M.	170535912-1
3	CALDERON CEVALLOS NORMA ALICIA	100300321-5
4	CEVALLOS SANTA CRUZ DIGNA E.	100142226-8
5	CEVALLOS MARTHA CECILIA	100142225-0
6	CHUMARCA VACA FRANCO	110119565-7
7	CHUQUIMARCA MORENO HERMES NICOLAS	171737153-6
8	ENRIQUEZ HERMOGENES VICTORIANO	170591967-6
9	ESPINOZA ESPINOZA DIGNA	172233265-5
10	ESPINOZA MINDA NIDIA YOLANDA	100307702-9
11	FONSECA MUELA FRANKLIN	171235529-4
12	LEON BENALCAZAR CLARA MARÍA	100160336-2
13	LOMA LOPEZ EDWIN PATRICIO	171861347-2
14	LOMAS VICTOR	NO DISPONIBLE
15	LOPEZ MARIANA DE JESUS	100114879-8
16	MINDA TORRES EMMA MARIA	100118512-1
17	MINA EDGAR	NO DISPONIBLE
18	MINDA DARWIN	NO DISPONIBLE
19	MONTA DELGADO MAYRA V.	171805974-2
20	MOPOSITA REMACHE GLORIA	171148484-8
21	MORALES JERSON	NO DISPONIBLE
22	NOGALES BRIGIDA	NO DISPONIBLE
23	OBANDO MIRIAM	NO DISPONIBLE









Fuente: Corporación Talleres del Gran Valle

ANEXO 2
SISTEMA DE LA CÁMARA CILÍNDRICA DE SECADO

CUADRO 1: CARACTERÍSTICAS DE ROSCAS UNIFICADAS UNC Y UNF

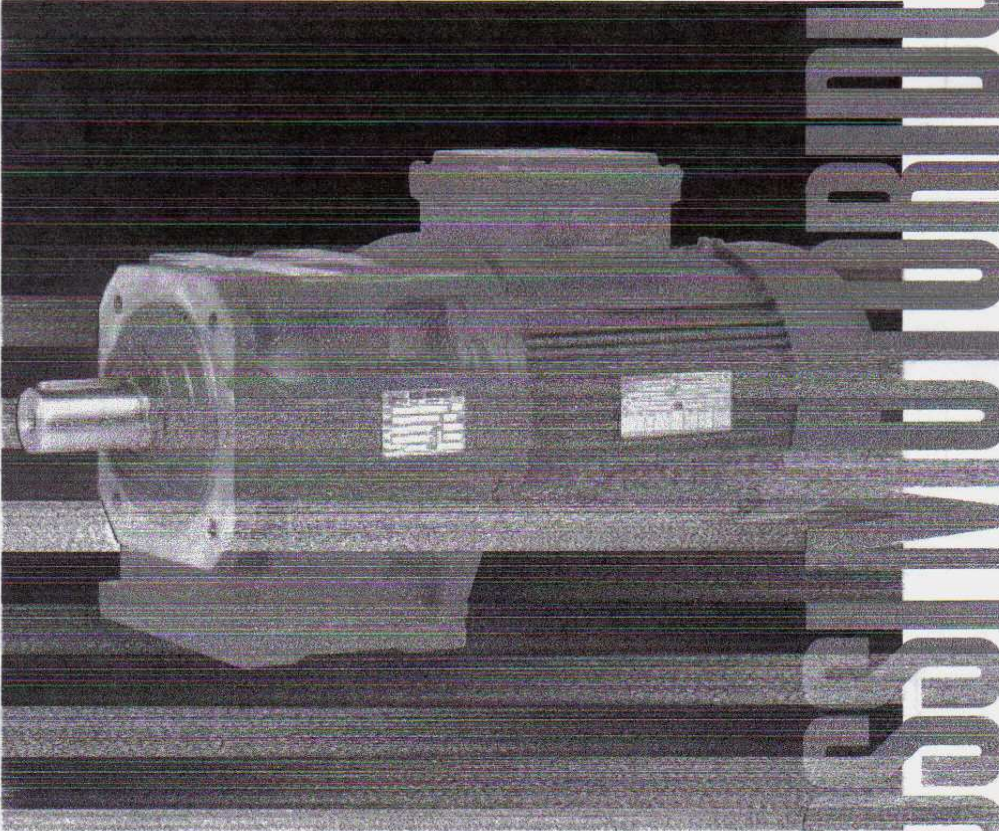
DESIGNACIÓN DE TALL. AÑO	DIÁMETRO MAYOR NOMINAL in	HILOS POR PULGADA N	ÁREA DE ESFUERZO DE TENSIÓN A_s , in ²	ÁREA AL DIÁMETRO MENOR, A_s , in ²	HILOS POR PULGADA N	ÁREA DE ESFUERZO DE TENSIÓN, A_s , in ²	ÁREA AL DIÁMETRO MENOR, A_s , in ²
0	0.0600				80	0.001 80	0.001 51
1	0.0730	64	0.002 63	0.002 18	72	0.002 78	0.002 37
2	0.0860	56	0.003 70	0.003 10	64	0.003 94	0.003 39
3	0.0990	48	0.004 87	0.004 06	56	0.005 23	0.004 51
4	0.1120	40	0.006 04	0.004 96	48	0.006 61	0.005 66
5	0.1250	40	0.007 96	0.006 72	44	0.008 80	0.007 16
6	0.1380	32	0.009 09	0.007 45	40	0.010 15	0.008 74
8	0.1640	32	0.014 0	0.011 96	36	0.014 74	0.012 85
10	0.1900	24	0.017 5	0.014 50	32	0.020 0	0.017 5
12	0.2160	24	0.024 2	0.020 6	28	0.025 8	0.022 6
$\frac{1}{16}$	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6
$\frac{1}{8}$	0.3125	18	0.052 4	0.045 4	24	0.058 0	0.052 4
$\frac{3}{16}$	0.3750	16	0.077 5	0.067 8	24	0.087 8	0.080 9
$\frac{1}{4}$	0.4375	14	0.106 3	0.093 3	20	0.118 7	0.109 0
$\frac{5}{16}$	0.5000	13	0.141 9	0.125 7	20	0.159 9	0.148 6
$\frac{3}{8}$	0.5625	12	0.182	0.162	18	0.202	0.189
$\frac{7}{16}$	0.6250	11	0.226	0.202	18	0.256	0.240
$\frac{1}{2}$	0.7500	10	0.334	0.302	16	0.373	0.351
$\frac{9}{16}$	0.8750	9	0.462	0.419	14	0.509	0.480
1	1.0000	8	0.606	0.551	12	0.663	0.625
$1\frac{1}{8}$	1.2500	7	0.969	0.890	12	1.073	1.024
$1\frac{1}{2}$	1.5000	6	1.405	1.294	12	1.581	1.521

CUADRO 2: ESPECIFICACIONES SAE PARA PERNOS DE ACERO

GRADO SAE Núm.	INTERVALO DE TAMAÑOS, INCLUSIVO in	RESISTENCIA LÍMITE MÍNIMA A LA TENSIÓN kpsi	RESISTENCIA ÚLTIMA MÍNIMA A LA TENSIÓN kpsi	RESISTENCIA DE FLUENCIA MÍNIMA A LA TENSIÓN kpsi	MATERIAL	MARCA DE CABEZA
1	$\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de mediano o bajo carbono	
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$	55 33	74 60	57 36	Acero de mediano o bajo carbono	
4	$\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de mediano carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ -1 $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero de mediano carbono, templado y revenido (T y R)	
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de mediano carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de mediano carbono, T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	


ANEXO 3

SISTEMA DE TRANSMISIÓN PARA EL MOVIMIENTO DE LA CÁMARA CILÍNDRICA DE SECADO

CUADRO 1: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MOTO – REDUCTOR

REDUCTORES Y MOTORREDUCTORES COAXIALES
(normales y para translación)
REDUCTEURS ET MOTOREDUCTEURS COAXIAUX
(normaux et pour translation)

P_1 0,09 ... 75 kW, $M_{N2} \leq 1\ 000$ daN m, i_N 4 ... 6 300, n_2 0,44 ... 707 min⁻¹

E04 

8 - Programa de fabricación (motorreductores)
8 - Programme de fabrication (motorréducteurs)



P_1 kW	n_2 min ⁻¹	M_2 daN m	f_s	Reductor - Motor Réducteur - Moteur	i
1) 2)					
0,75	66,7	10,3	3,15	MR 3I 63 - 80 B	4 21
	67,4	10,2	1,5	MR 3I 50 - 80 B	4 20,8
	67,4	10,2	2,12	MR 3I 51 - 80 B	4 20,8
	73,6	9,5	1,4	MR 2I 50 - 80 C	6 12,2
	73,6	9,5	1,9	MR 2I 51 - 80 C	6 12,2
	73,7	9,5	3	MR 2I 63 - 80 B	4 19
	76,8	9,1	1,32	MR 2I 50 - 90 S	6 11,7
	77,9	8,8	1,7	MR 3I 50 - 80 B	4 18
	77,9	8,8	2,36	MR 3I 51 - 80 B	4 18
	81,8	8,6	1,6	MR 2I 50 - 80 C	6 11
	81,8	8,6	2,24	MR 2I 51 - 80 C	6 11
	82,7	8,5	3,55	MR 2I 63 - 80 B	4 16,9
	85,2	8,2	0,85	MR 2I 41 - 80 C	6 10,6
	86,1	8	1,9	MR 3I 50 - 80 B	4 16,3
	86,1	8	2,65	MR 3I 51 - 80 B	4 16,3
	90,4	7,8	1,9	MR 2I 50 - 80 C	6 9,96
	93,4	7,5	1,8	MR 2I 50 - 90 S	6 9,64
	93,4	7,5	2,36	MR 2I 51 - 90 S	6 9,64
	94,2	7,5	1,6	MR 2I 50 - 80 B	4 14,9
	99,3	7,1	2,12	MR 2I 50 - 80 C	6 9,07
	99,3	7,1	3	MR 2I 51 - 80 C	6 9,07
	104	6,8	2	MR 2I 50 - 90 S	6 8,67
	104	6,8	2,8	MR 2I 51 - 90 S	6 8,67
	105	6,7	0,95	MR 2I 40 - 80 B *	4 13,3
	105	6,7	1,06	MR 2I 41 - 80 B *	4 13,3
	106	6,6	1,06	MR 2I 40 - 80 C	6 8,46
	106	6,6	1,25	MR 2I 41 - 80 C	6 8,46
	108	6,5	0,85	MR 2I 40 - 80 B	4 12,9
	114	6,1	2,12	MR 2I 50 - 80 B	4 12,2
	114	6,1	2,8	MR 2I 51 - 80 B	4 12,2
	119	5,9	1,12	MR 2I 40 - 80 B *	4 11,8
	119	5,9	1,32	MR 2I 41 - 80 B *	4 11,8
	120	5,8	1,5	MR 2I 41 - 80 C	6 7,5
	127	5,5	2,5	MR 2I 50 - 80 B	4 11
	133	5,3	1,25	MR 2I 40 - 80 B *	4 10,6
	133	5,3	1,6	MR 2I 41 - 80 B *	4 10,6
	133	5,3	1,18	MR 2I 40 - 80 B	4 10,6
	133	5,3	1,32	MR 2I 41 - 80 B	4 10,6
	141	4,99	2,8	MR 2I 50 - 80 B	4 9,96
	149	4,72	1,4	MR 2I 40 - 80 B	4 9,41
	149	4,72	1,6	MR 2I 41 - 80 B	4 9,41
	149	4,72	1,4	MR 2I 40 - 80 B *	4 9,41
	149	4,72	1,8	MR 2I 41 - 80 B *	4 9,41
	154	4,55	3,15	MR 2I 50 - 80 B	4 9,07
	165	4,24	1,6	MR 2I 40 - 80 B	4 8,46
	165	4,24	1,9	MR 2I 41 - 80 B	4 8,46
	169	4,16	3,35	MR 2I 50 - 80 B	4 8,29
	175	4	1,7	MR 2I 40 - 80 B *	4 7,98
	175	4	2,12	MR 2I 41 - 80 B *	4 7,98
	187	3,76	1,8	MR 2I 40 - 80 B	4 7,5
187	3,76	2,24	MR 2I 41 - 80 B	4 7,5	
195	3,59	4	MR 2I 50 - 80 B	4 7,17	
216	3,25	4,25	MR 2I 50 - 80 B	4 6,49	
220	3,19	2,12	MR 2I 40 - 80 B	4 6,36	
220	3,19	2,65	MR 2I 41 - 80 B	4 6,36	
240	2,92	2,24	MR 2I 40 - 80 B	4 5,83	
240	2,92	2,8	MR 2I 41 - 80 B	4 5,83	
259	2,71	1,18	MR 2I 32 - 71 C	2 10,8	
282	2,49	2,65	MR 2I 40 - 80 B	4 4,96	
293	2,4	1,32	MR 2I 32 - 71 C	2 9,57	
345	2,04	1,6	MR 2I 32 - 71 C	2 8,12	
353	1,99	2,8	MR 2I 40 - 80 B	4 3,96	
383	1,84	3,55	MR 2I 40 - 71 C	2 7,32	
384	1,83	1,8	MR 2I 32 - 71 C	2 7,29	
442	1,59	2	MR 2I 32 - 71 C	2 6,33	
450	1,56	4	MR 2I 40 - 71 C	2 6,22	
554	1,27	2,12	MR 2I 32 - 71 C	2 5,06	
563	1,25	4,25	MR 2I 40 - 71 C	2 4,97	

1) Potencias para servicio continuo S1; para servicios S2 ... S10 es posible incrementarlas (cap. 2b); proporcionalmente M_2 aumenta y f_s disminuye.
2) Para la designación completa para el pedido ver cap. 3.
* Forma constructiva BSR (ver cuadro cap. 2b).

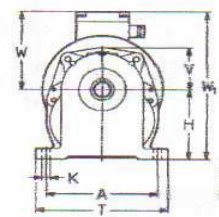
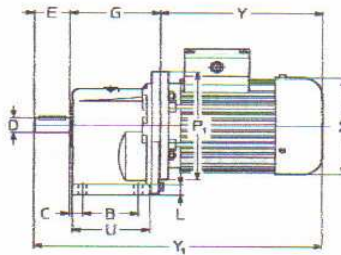
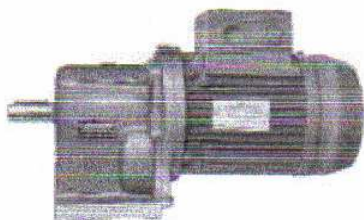
P_1 kW	n_2 min ⁻¹	M_2 daN m	f_s	Reductor - Motor Réducteur - Moteur	i
1) 2)					
1,1	7,62	132	0,9	MR 3I 100 - 90 L	6 118
	7,62	132	1,12	MR 3I 101 - 90 L	6 118
	9,36	108	1,25	MR 3I 100 - 90 L	6 96,2
	9,36	108	1,6	MR 3I 101 - 90 L	6 96,2
	9,75	103	1,06	MR 3I 100 - 90 S	4 144
	10,7	94	0,8	MR 3I 81 - 90 L	6 84,3
	11,1	91	0,85	MR 3I 81 - 80 C	4 126
	11,5	87	1,5	MR 3I 100 - 90 L	6 77,9
	11,5	87	2	MR 3I 101 - 90 L	6 77,9
	11,8	85	1,4	MR 3I 100 - 90 S	4 118
	11,8	85	1,8	MR 3I 101 - 90 S	4 118
	13,3	76	0,9	MR 3I 80 - 90 L	6 67,5
	13,3	76	1,18	MR 3I 81 - 90 L	6 67,5
	13,8	73	0,9	MR 3I 80 - 80 C	4 101
	13,8	73	1,18	MR 3I 81 - 80 C	4 101
	14,6	69	1,9	MR 3I 100 - 90 S	4 96,2
	14,6	69	2,5	MR 3I 101 - 90 S	4 96,2
	16,5	61	1,12	MR 3I 80 - 80 C	4 84,6
	16,5	61	1,4	MR 3I 81 - 80 C	4 84,6
	16,6	61	1	MR 3I 80 - 90 S	4 84,3
	16,6	61	1,25	MR 3I 81 - 90 S	4 84,3
	17	59	2,24	MR 3I 100 - 90 L	6 53,1
	17	59	1,12	MR 3I 80 - 90 L	6 52,9
	17	59	1,5	MR 3I 81 - 90 L	6 52,9
	18	56	2,36	MR 3I 100 - 90 S	4 77,9
	18	56	3,15	MR 3I 101 - 90 S	4 77,9
	19,2	53	0,85	MR 3I 64 - 90 L	6 46,9
	19,6	51	2,5	MR 3I 100 - 90 L	6 45,9
	20,7	48,6	1,4	MR 3I 80 - 90 S	4 67,5
	20,7	48,6	1,8	MR 3I 81 - 90 S	4 67,5
	21	48,1	0,85	MR 3I 64 - 90 L	6 42,9
	21,1	47,8	1,4	MR 3I 80 - 80 C	4 66,3
	21,1	47,8	1,8	MR 3I 81 - 80 C	4 66,3
	22	45,9	2,8	MR 3I 100 - 90 S	4 63,8
	22,6	44,6	1,5	MR 3I 80 - 90 L	6 39,8
	22,6	44,6	2	MR 3I 81 - 90 L	6 39,8
	23,3	43,2	1	MR 3I 64 - 90 L	6 38,5
	23,5	42,8	0,8	MR 3I 63 - 80 C	4 59,5
	23,5	42,8	1	MR 3I 64 - 80 C	4 59,5
	23,8	42,4	1,5	MR 3I 80 - 90 S	4 58,8
	23,8	42,4	1,9	MR 3I 81 - 90 S	4 58,8
	23,8	42,3	1,6	MR 3I 80 - 80 C	4 58,7
	23,8	42,3	2,12	MR 3I 81 - 80 C	4 58,7
	23,9	42,2	0,9	MR 3I 64 - 90 S	4 58,6
	24,1	41,8	3,15	MR 3I 100 - 90 S	4 58
	25,7	39,2	0,8	MR 3I 63 - 80 C	4 54,5
	25,7	39,2	1,06	MR 3I 64 - 80 C	4 54,5
	25,8	39	0,85	MR 3I 63 - 90 L	6 34,8
	25,8	39	1,18	MR 3I 64 - 90 L	6 34,8
	26,4	38,2	3,55	MR 3I 100 - 90 S	4 53,1
26,5	38,1	1,7	MR 3I 80 - 90 S	4 52,9	
26,5	38,1	2,24	MR 3I 81 - 90 S	4 52,9	
26,8	37,6	0,85	MR 3I 63 - 90 S	4 52,2	
26,8	37,6	1,06	MR 3I 64 - 90 S	4 52,2	
28,1	35,9	1,9	MR 3I 80 - 80 C	4 49,8	
28,1	35,9	2,5	MR 3I 81 - 80 C	4 49,8	
28,4	35,5	0,95	MR 3I 63 - 90 L	6 31,7	
28,4	35,5	1,25	MR 3I 64 - 90 L	6 31,7	
28,6	35,2	0,95	MR 3I 63 - 80 C	4 48,9	
28,6	35,2	1,25	MR 3I 64 - 80 C	4 48,9	
29,9	33,8	2	MR 3I 80 - 90 S	4 46,9	
29,9	33,8	2,65	MR 3I 81 - 90 S	4 46,9	
29,9	33,8	1	MR 3I 63 - 90 S	4 46,9	
29,9	33,8	1,25	MR 3I 64 - 90 S	4 46,9	
31,7	31,9	1,06	MR 3I 63 - 80 C	4 44,2	
31,7	31,9	1,4	MR 3I 64 - 80 C	4 44,2	
32,1	31,4	2,12	MR 3I 80 - 80 C	4 43,6	
32,1	31,4	2,8	MR 3I 81 - 80 C	4 43,6	
32,6	30,9	1	MR 3I 63 - 90 S	4 42,9	
32,6	30,9	1,32	MR 3I 64 - 90 S	4 42,9	

1) Puissances pour service continu S1; pour services S2 ... S10 il est possible de les augmenter (chap. 2b); M_2 augmente et f_s diminue de façon proportionnelle.
2) Pour la désignation complète dans la commande, voir chap. 3.
* Position de montage BSR (voir tableau chap. 2b).

10 - Ejecuciones, dimensiones, formas constructivas y cantidades de lubricante

10 - Exécutions, dimensions, positions de montage et quantités de lubrifiant

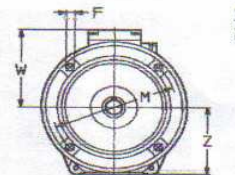
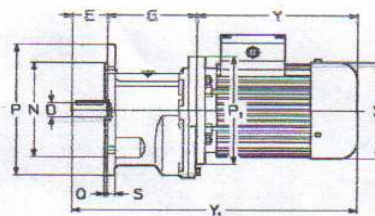
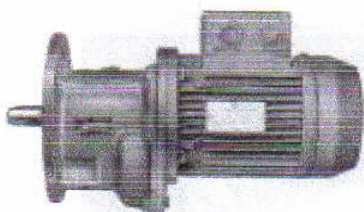
MR 21, 31 32 ... 41



Ejecución¹⁾ normal
Forma constructiva B3, B6, B7, B8, V5, V6

Exécution normale¹⁾
Position de montage B3, B6, B7, B8, V5, V6

PC1A



Ejecución¹⁾ normal
Forma constructiva B5, V1, V3

Exécution normale¹⁾
Position de montage B5, V1, V3

FC1A

Tamaño Grand.	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N	P	Q	S	T	U	V	P ₁	X	Y	Y ₁	W	W ₁	Masa						
red. motor B5	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	h11	Ø	Ø	Ø	Ø	h6	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	kg						
32	63	71 ⁶⁾	115	53	20	16	30	9.5	98-88 ⁹⁾	75	9.5	10	115	95	140	3	10	139	77	48	73	140	122	185	229	313	357	101	176	8	10
40	63	71	132	63	19	19	40	9.5	113	90	9.5	12	130	110	160	3.5	10	156	92	56	87	140	122	185	229	338	382	101	191	11	13
41	63	71	132	63	34	24	36	9.5	128-113 ⁹⁾	90	9.5	12	130	110	160	3.5	10	156	92	56	87	140	122	185	229	349	393	101	191	11	13

- 1) Para la ejecución del motor ver cap. 3.
- 2) Valores válidos para motor freno.
- 3) Forma constructiva B5A (ver cap. 2b), motor freno F0 80D no es posible.
- 4) Forma constructiva B5R (ver cap. 2b).
- 5) Respectivamente cotas del tope del extremo del árbol y del plano de la brida.
- 6) Para el tam. 51, la cota Y₁ es -8 mm.
- 7) Para el árbol rápido la cota H es -15 mm, H₁ +15 mm.
- 8) Para el árbol rápido la cota H es -8 mm, H₁ +8 mm.
- 9) Para el árbol motor, la cota H es -29 mm, H₁ +29 mm.
- 10) La brida motor tiene dos taladros coltsos (ver cap. 2b).

- 1) Pour l'exécution du moteur, voir chap. 3.
- 2) Valeurs valables pour moteur frein.
- 3) Position de montage B5A (voir chap. 2b), moteur frein F0 80D n'est pas possible.
- 4) Position de montage B5R (voir chap. 2b).
- 5) Cotes épaulement bout d'arbre et plan brida, respectivement.
- 6) Pour la gr. 51, la cote Y₁ est -8 mm.
- 7) Pour l'arbre moteur, la cote H est -15 mm, H₁ +15 mm.
- 8) Pour l'arbre rapide, la cote H est -8 mm, H₁ +8 mm.
- 9) Pour l'arbre moteur, la cote H est -29 mm, H₁ +29 mm.
- 10) Deux trous de la brida moteur sont à boutonnière (voir chap. 2b).

Formas constructivas y cantidades de grasa [kg]

Positions de montage et quantités de graisse [kg]

Ejecución - Exécution	Formas constructivas						Tamaño Grand.	Cantidades de grasa [kg]	
	B3	B6	B7	B8	V5	V6		B3, B6, B7, B8	V5, V6
PC1A							32 40,41	0.14 0.26	0.25 0.47
FC1A							32 40,41	0.1 0.19	0.18 0.35

Salvo indicaciones distintas, los motorreductores se entregan en las formas constructivas normales B3 o B5 que, siendo las normales, no se deben indicar en la designación.

sauf indications contraires, les motorreducteurs sont fournis selon les positions de montage normales B3 ou B5, qui, étant normales, ne doivent pas figurer dans la désignation.

CUADRO 2: TABLA DE CAPACIDAD PARA LA SELECCIÓN DE LA CADENA DE RODILLOS N°80 PASO 1"

TABLA DE CAPACIDAD
CADENA ESTANDAR SENCILLA DE RODILLOS N°80 PASO 1"

Nº de dientes piñón conductor	R.P.M. DEL PIÑÓN CONDUCTOR.																													
	10	25	50	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2700	3000	3400					
9	0.34	0.78	1.45	2.71	3.90	5.05	7.29	9.43	11.5	13.6	15.6	17.6	17.0	14.5	12.6	11.0	8.76	7.17	6.01	5.13	4.45	3.90	3.27	2.79	2.32					
10	0.38	0.87	1.63	3.03	4.37	5.66	8.16	10.6	12.9	15.2	17.5	19.7	19.9	17.0	14.7	12.9	10.3	8.40	7.04	6.01	5.21	4.57	3.83	3.27	2.71					
11	0.42	0.97	1.80	3.36	4.84	6.26	9.04	11.7	14.3	16.9	19.4	21.9	23.0	19.6	17.0	14.9	11.8	9.69	8.12	6.93	6.01	5.27	4.42	3.77	3.17					
12	0.47	1.06	1.98	3.69	5.32	6.89	9.93	12.9	15.7	18.5	21.3	24.0	26.2	22.3	19.4	17.0	13.5	11.0	9.25	7.90	6.85	6.01	5.04	4.30	0					
13	0.51	1.16	2.16	4.03	5.80	7.52	10.8	14.0	17.1	20.2	23.2	26.2	29.1	25.2	21.8	19.2	15.2	12.5	10.4	8.91	7.72	6.78	5.68	4.85	0					
14	0.55	1.25	2.34	4.36	6.29	8.14	11.7	15.2	18.6	21.9	25.1	28.4	31.5	28.2	24.4	21.4	17.0	13.9	11.7	9.96	8.63	7.57	6.35	5.42	0					
15	0.59	1.35	2.52	4.70	6.77	8.77	12.6	16.4	20.0	23.6	27.1	30.6	34.0	31.2	27.1	23.8	18.9	15.4	12.9	11.0	9.57	8.40	7.04	6.01	0					
16	0.63	1.45	2.70	5.04	7.26	9.41	13.5	17.6	21.5	25.3	29.0	32.8	36.4	34.4	29.8	26.2	20.8	17.0	14.2	12.2	10.5	9.25	7.76	6.62	0					
17	0.68	1.55	2.88	5.38	7.75	10.0	14.5	18.7	22.9	27.0	31.0	35.0	38.9	37.7	32.7	28.7	22.7	18.6	15.6	13.3	11.5	10.1	8.49	7.25	0					
18	0.72	1.64	3.07	5.72	8.25	10.7	15.4	19.9	24.4	28.7	32.6	37.2	41.4	41.1	35.6	31.2	24.8	20.3	17.0	14.5	12.6	11.0	9.25	7.90	0					
19	0.76	1.74	3.25	6.07	8.74	11.3	16.3	21.1	25.8	30.4	35.0	39.4	43.8	43.5	38.6	33.9	26.9	22.0	18.4	15.7	13.6	12.0	10.0	8.57	0					
20	0.81	1.84	3.44	6.41	9.24	12.0	17.2	22.3	27.3	32.2	37.0	41.7	46.3	49.1	41.7	36.6	29.9	23.8	19.9	17.0	14.7	12.9	10.8	0	0					
21	0.85	1.94	3.62	6.76	9.74	12.6	18.2	23.5	28.8	33.9	39.0	43.9	48.0	51.7	44.8	39.4	31.2	25.6	21.4	18.3	15.9	13.9	11.7	0	0					
22	0.90	2.04	3.81	7.11	10.2	13.3	19.1	24.8	30.3	35.7	41.0	46.2	51.4	55.5	48.1	42.2	33.5	27.4	23.0	19.6	17.0	14.9	12.5	0	0					
23	0.94	2.14	4.00	7.46	10.7	13.9	20.1	26.0	31.8	37.4	43.0	48.5	53.9	59.1	51.4	45.1	35.8	29.3	24.6	21.0	18.2	15.9	13.4	0	0					
24	0.98	2.24	4.19	7.81	11.3	14.6	21.0	27.2	33.2	39.2	45.0	50.8	56.4	62.0	54.9	48.1	38.2	31.2	26.2	22.3	19.4	17.0	14.2	0	0					
25	1.03	2.34	4.37	8.16	11.8	15.2	21.9	28.4	34.7	40.9	47.0	53.0	59.0	64.8	58.2	51.1	40.6	33.2	27.8	23.8	20.6	18.1	15.1	0	0					
25	1.07	2.45	4.56	8.52	12.3	15.9	22.9	29.7	36.2	42.7	49.1	55.1	61.5	67.6	61.8	54.2	43.0	35.2	29.5	25.2	21.8	19.2	16.1	0	0					
28	1.16	2.65	4.94	9.23	13.3	17.2	24.8	32.1	39.3	46.2	53.2	59.9	66.7	73.1	69.0	60.6	48.1	39.4	33.0	28.2	24.4	21.4	0	0	0					
30	1.25	2.85	5.33	9.94	14.3	18.5	26.7	34.5	42.3	49.9	57.3	64.6	71.8	78.9	76.6	67.2	51.3	43.6	36.6	31.2	27.1	23.8	0	0	0					
32	1.34	3.06	5.71	10.7	15.3	19.9	28.6	37.1	45.4	53.5	61.4	69.2	77.0	81.6	84.3	74.0	58.7	48.1	40.3	34.4	29.8	26.2	0	0	0					
35	1.48	3.37	6.39	11.7	16.9	21.9	31.6	40.9	50.0	59.9	67.6	76.3	84.8	91.3	96.5	84.7	67.2	55.8	46.3	39.4	34.1	0	0	0	0					
40	1.71	4.25	8.27	13.7	19.5	25.1	36.4	47.2	57.7	68.0	78.1	88.1	98.0	108	117	103	82.1	67.2	56.3	46.1	20.5	0	0	0	0					
45	1.94	4.42	8.55	14.1	20.7	27.4	41.4	51.6	65.6	77.2	88.7	100	111	122	133	123	99.0	80.2	67.2	54.1	0	0	0	0	0					

L. T. A. Lubricación Tipo B.

Lubricación Tipo C.

La información contenida en estas tablas está en un todo de acuerdo con los estándares de la Asociación Americana de Fabricantes de cadenas (American Chain Association) INFORMACION INTERMEC

Para velocidades comprendidas dentro de la zona entre rayas y puntos considere el uso de cadena silenciosa o Morse Hy Vol.

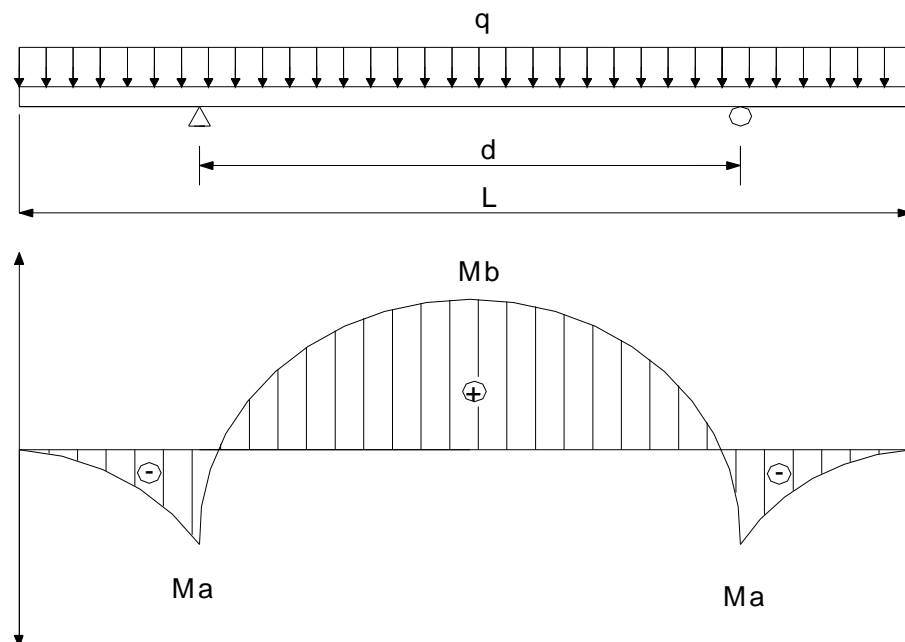
Cuando se trate en cadena de hilera múltiple, de éste paso, multiplique la capacidad por :

No. de hileras	Factor
2	1.7
3	2.5
4	3.1

CUADRO 3: CÁLCULO DE LA DISTANCIA ÓPTIMA ENTRE LOS ANILLOS ROTATIVOS

Si se tiene una viga cargada con carga distribuida y apoyada sobre dos apoyos equidistantes respecto a cada uno de sus extremos se tiene que los diagramas de momentos flectores son los siguientes:

FIGURA 1: DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR



Es evidente que el momento máximo de dicho diagrama constituyen el M_a o el M_b dependiendo de la distancia d . Para que el momento M_b sea máximo, los apoyos deberían estar en los extremos, por otra parte para que los momentos M_a superen a M_b los apoyos deben estar cercanos.

El momento máximo se minimizará cuando el momento M_b sea igual a M_a , cuya condición es una relación entre la longitud de la viga $[L]$ y la separación de los apoyos $[d]$.

$$M_a = \frac{q}{2} \left(\frac{L-d}{2} \right)^2$$

$$M_b = \frac{1}{8} q d^2 - \frac{q}{2} \left(\frac{L-d}{2} \right)^2$$

$$M_a = M_b$$

$$\frac{q}{2} \left(\frac{L-d}{2} \right)^2 = \frac{1}{8} q d^2 - \frac{q}{2} \left(\frac{L-d}{2} \right)^2$$

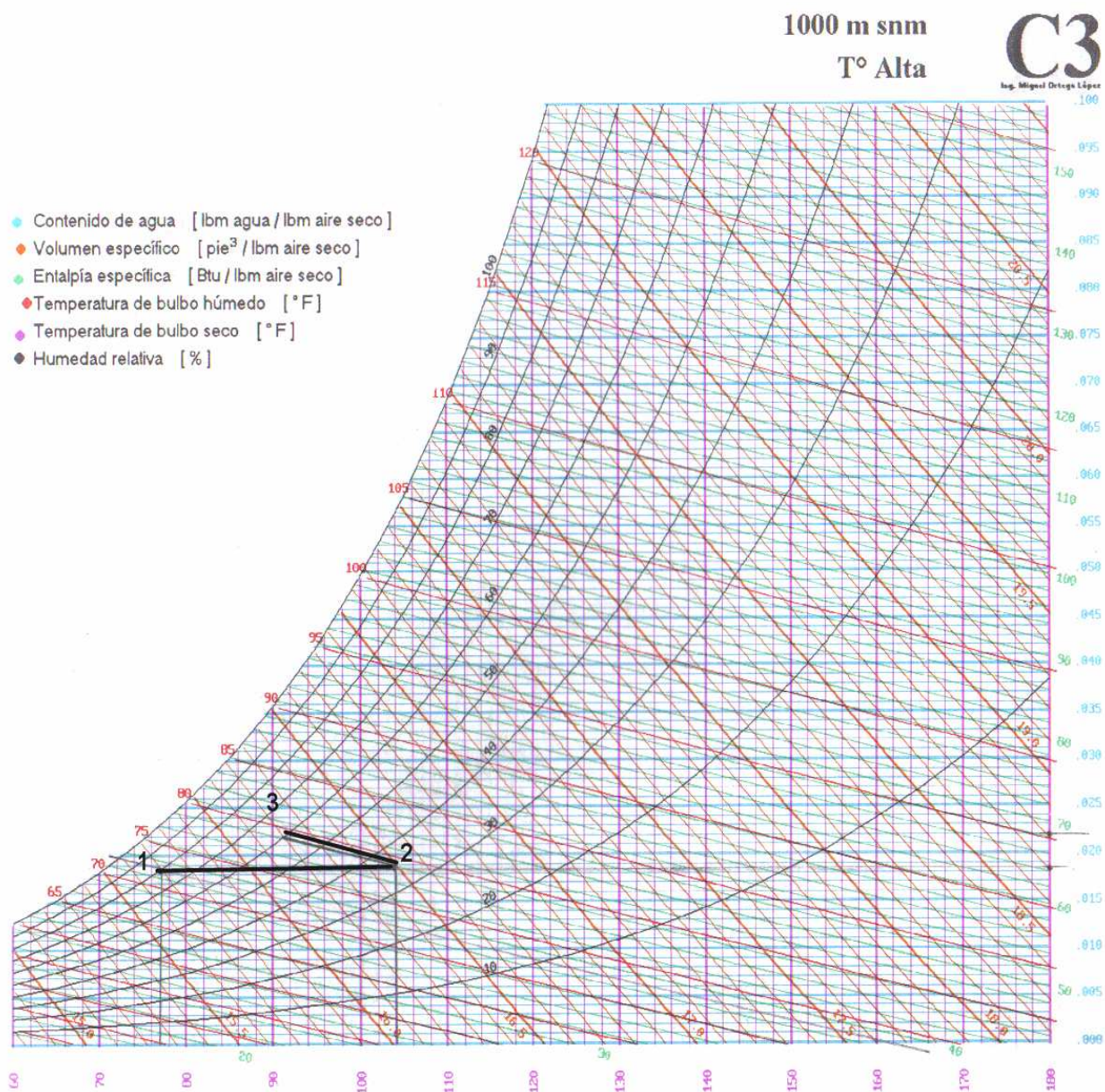
$$\left(\frac{L-d}{2} \right) = \frac{1}{8} d^2$$

$$0.85d = 0.5L$$

$$d = 0.58L \approx 0.6L$$

ANEXO 4
SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL AIRE

CUADRO 1: CARTA PSICROMÉTRICA A 1000 msnm.



CUADRO 2: CONTENIDO DE HUMEDA INICIAL DE LAS VAINAS DE MANÍ

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS
ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA



F 5.10-01-05 v1

INFORME DE RESULTADOS

PAG 1/2

ORDEN DE TRABAJO No.: 04760

CÓDIGO: 06-04760B-01

FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA (S): 21 febrero 2006

FECHA DE REALIZACION DEL ANALISIS: 21 febrero 2006

FECHA DE ENTREGA DEL INFORME: 22 febrero 2006

NUMERO DE HOJAS DEL INFORME: 2

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Sr. Fredy Aguirre

DIRECCION DEL SOLICITANTE: Puengasí Manzana 51

No. DE MUESTRAS: UNA

NOMBRE DE LA MUESTRA (S): MANI en vaina seca.

RESPONSABLE DEL ANALISIS: Dra. Rosario Barrera

LABORATORIO: Bromatología

RESULTADOS:

MUESTRA: MANI en vaina

Analito	Unidades	Resultados	Método
HUMEDAD	% (g/100 g)	18	Lámpara Infrarroja (1)

COMENTARIOS: Condiciones de Método

(1).- Equipo Utilizado: Balanza de Determinación de Humedad OHAUS.

Lámpara a 1 pulgada; Posición: 0.6. Tiempo de secado: 20 minutos.

Muestra: El Maní en vaina seca fue previamente cortado.

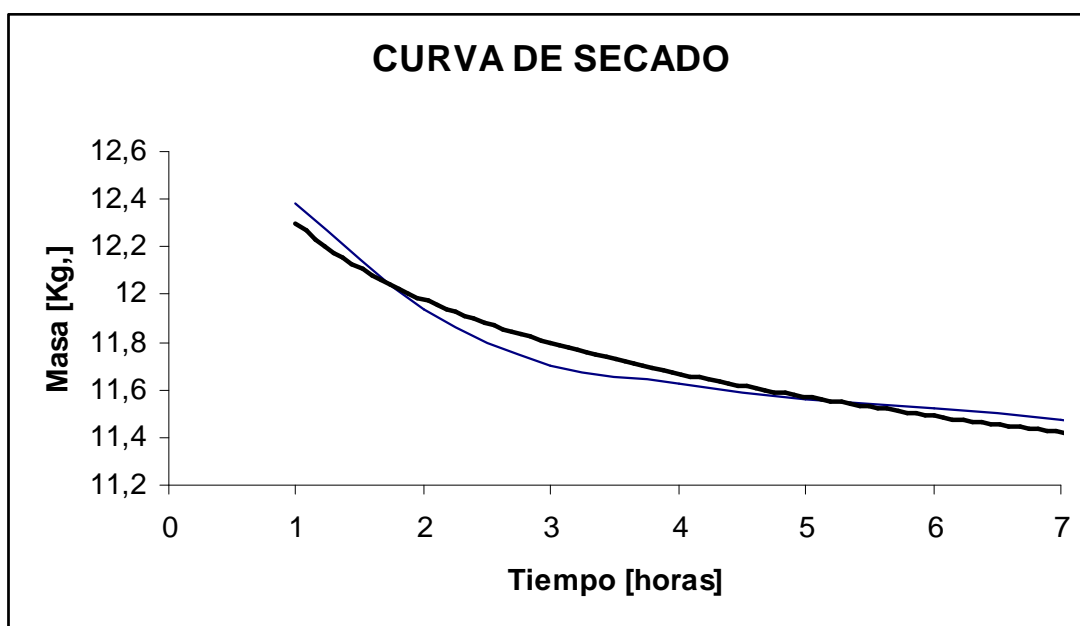
ANALISTA:

Dra. Rosario Barrera

CUADRO 3: CURVA DE SECADO DE LAS VAINAS DE MANÍ

	BANDEJA 1	BANDEJA 2	BANDEJA 3	BANDEJA 4	BANDEJA 5	TOTAL	PESO DE LA MUESTRA
TIEMPO [hr,]	PESO DE LAS BANDEJAS MÁS PRODUCTO [Kg,]					[Kg,]	[Kg,]
0	4,5	4,5	4,5	4,5	4	22	12,38
1	4,48	4,44	4,32	4,32	4	21,56	11,94
2	4,42	4,38	4,31	4,31	3,9	21,32	11,7
3	4,41	4,38	4,26	4,3	3,9	21,25	11,63
4	4,4	4,36	4,24	4,28	3,9	21,18	11,56
5	4,38	4,34	4,24	4,28	3,9	21,14	11,52
6	4,38	4,31	4,23	4,27	3,9	21,09	11,47
7	4,38	4,32	4,25	4,26	3,8	21,01	11,39

PESO PROPIO BANDEJAS [Kg,]				
1	2	3	4	5
1,9	1,9	1,94	1,94	1,94

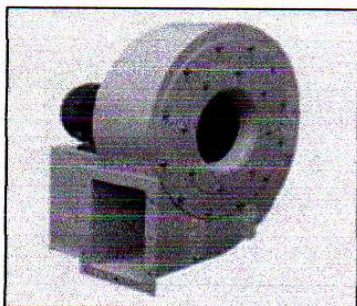


CUADRO 4: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL VENTILADOR SELECCIONADO PARA VENCER LA CAÍDA DE PRESIÓN DENTRO DE LA CÁMARA CILÍNDRICA DE SECADO

Centrifugal Fan HSB

VENTUR

+46 31-23 50 80, +46 8-534 101 90



Construction

Single inlet direct driven centrifugal fan with spiral formed strong casing of sheet steel, welded and painted with powder coat. Casing and impeller of stainless steel or galvanized steel can be supplied on request.

Motor

220-240/380-420V, 50Hz (380-420/660-690V over 3kW) three-phase or 220-240V, 50Hz single-phase asynchronous motor with squirrel cage rotor. Insulation class F, enclosure IP55. Special voltage or frequency, improved enclosure IP65, 2-speed motors and explosion proof motors can be supplied on request. Wiring diagram, see page 151.

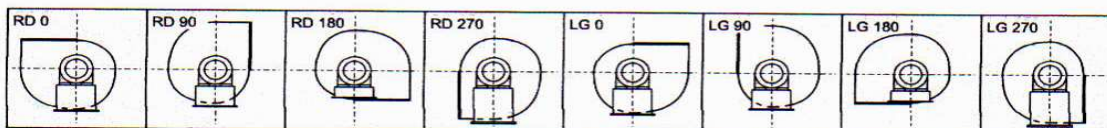
Accessories

Inlet and outlet fittings, wire guards, dampers, etc.

Technical specification

Type	Speed rpm	Motor power kW	Maximum current (400V) A	Maximum duty m ³ /h	Maximum pressure Pa	Sound level* dB(A)	Weight kg	Article number
HSB-2-355/53-110T	2900	1,1	2,5	1800	2100	79	57	113 365 355
HSB-2-400/67-220T	2900	2,2	4,6	4400	2700	84	67	113 365 400
HSB-2-450/75-400T	2900	4,0	7,8	5500	3400	86	75	113 365 450
HSB-2-500/85-750T	2900	7,5	14,0	8500	4200	88	125	113 365 500
HSB-2-560/95-1100T	2900	11,0	21,2	11000	5800	90	140	113 365 560
HSB-2-630/106-1850T	2900	18,5	32,0	8900	6800	95	297	113 365 630
HSB-2-710/85-2200T	2900	22,0	40,0	8500	9200	99	305	113 365 710

* - in the middle of the performance curve.

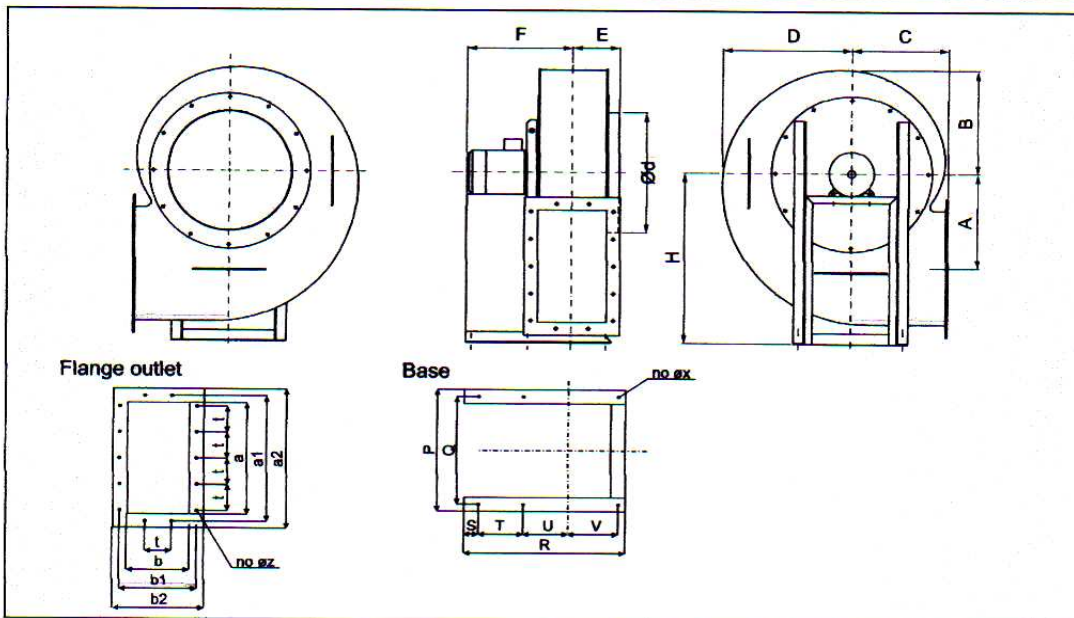


HSB fans are supplied as a standard in LG design.

Centrifugal Fan HSB

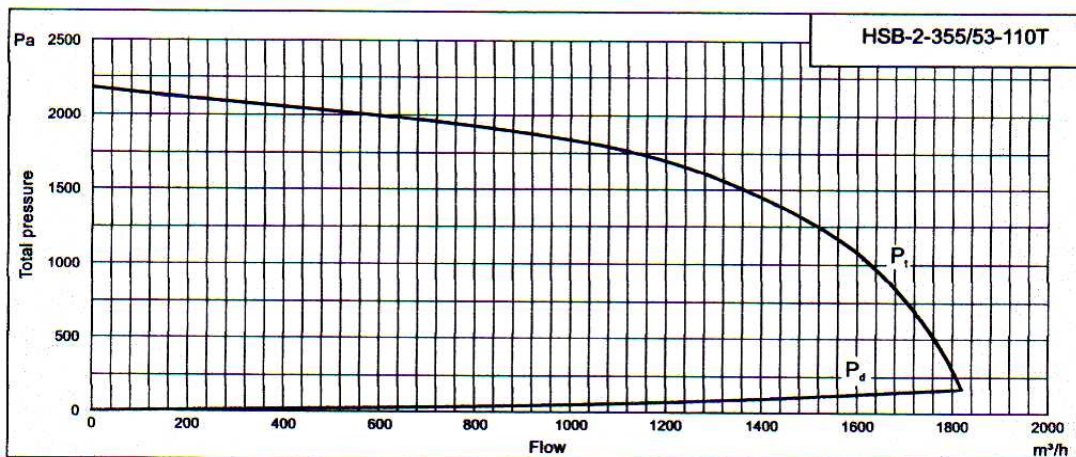


+46 31-23 50 80, +46 8-534 101 90



Dimensions in mm

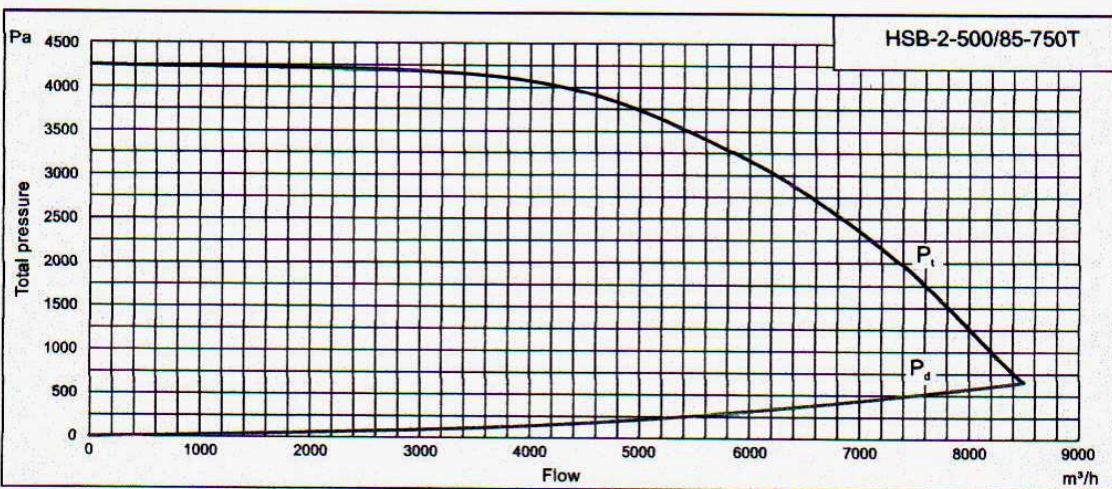
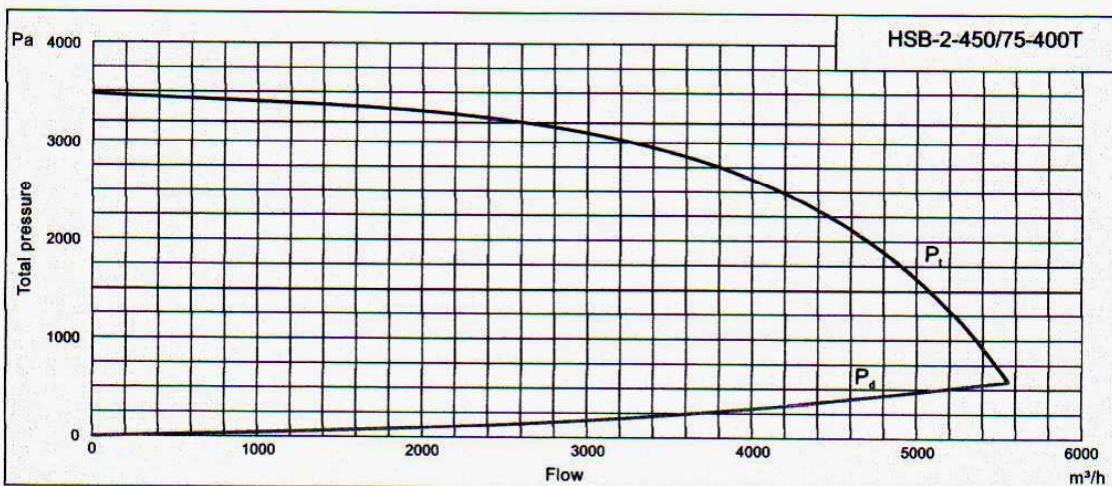
Type	A	B	C	D	E	F	H	P	Q	R	S	T	U	V	no	øx	a x b	a1 x b1	a2 x b2	no	øz	t	ød
355	225	256	230	298	123	300	400	257	230	413	38	150	110.5	99.5	6	12	243 x 133	278 x 168	313 x 203	6+4	10	112	200
400	273	304	265	364	135	361	500	276	240	436	31	190	140	50	6	12	328 x 158	368 x 198	408 x 238	6+4	10	125	250
450	284	322	300	375	142	437	500	316	280	517	27	235	175	60	6	15	308 x 170	348 x 210	388 x 250	6+4	10	125	315
500	341	377	335	453	151	532	610	396	360	600	25	200	306.5	43.5	6	15	408 x 189	448 x 229	488 x 269	8+4	10	125	315
560	323	380	360	428	164	510	560	386	350	605	25.5	280	203	77	6	15	323 x 211	363 x 251	403 x 291	6+4	10	125	355
630	429	474	425	589	174	629	780	505	480	750	25	250	354	96	6	18	513 x 234	573 x 294	633 x 354	10+4	10	125	400
710	417	490	445	580	182	682	805	536	491	862	36	400	245	155	6	18	538 x 210	592 x 270	652 x 330	10+4	12	125	500



Centrifugal Fan HSB



+46 31-23 50 80, +46 8-534 10190





CUADRO 5: PRESIÓN DE SATURACIÓN DEL AGUA

H₂O

Agua saturada-Tabla de temperaturas												
Temp., T °C	Pres. sat., P _{sat} kPa	Volumen específico, m ³ /kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía kJ/kg			Entropía kJ/kg · K		
		Líqu. sat., v _f	Vap. sat., v _g	Líqu. sat., u _f	Evap., u _{fg}	Vap. sat., u _g	Líqu. sat., h _f	Evap., h _{fg}	Vap. sat., h _g	Líqu. sat., s _f	Evap., s _{fg}	Vap. sat., s _g
0.01	0.6113	0.001000	206.14	0.0	2 375.3	2 375.3	0.01	2 501.3	2 501.4	0.000	9.1562	9.1562
5	0.8721	0.001000	147.12	20.97	2 361.3	2 382.3	20.98	2 489.6	2 510.6	0.0761	8.9496	9.0257
10	1.2276	0.001000	106.38	42.00	2 347.2	2 389.2	42.01	2 477.7	2 519.8	0.1510	8.7498	8.9008
15	1.7051	0.001001	77.93	62.99	2 333.1	2 396.1	62.99	2 465.9	2 528.9	0.2245	8.5569	8.7814
20	2.339	0.001002	57.79	83.95	2 319.0	2 402.9	83.96	2 454.1	2 538.1	0.2966	8.3706	8.6672
25	3.169	0.001003	43.36	104.88	2 304.9	2 409.8	104.89	2 442.3	2 547.2	0.3674	8.1905	8.5580
30	4.246	0.001004	32.89	125.78	2 290.8	2 416.6	125.79	2 430.5	2 556.3	0.4369	8.0164	8.4533
35	5.628	0.001006	25.22	146.67	2 276.7	2 423.4	146.68	2 418.6	2 565.3	0.5053	7.8478	8.3531
40	7.384	0.001008	19.52	167.56	2 262.6	2 430.1	167.57	2 406.7	2 574.3	0.5725	7.6845	8.2570
45	9.593	0.001010	15.26	188.44	2 248.4	2 436.8	188.45	2 394.8	2 583.2	0.6387	7.5261	8.1648
50	12.349	0.001012	12.03	209.32	2 234.2	2 443.5	209.33	2 382.7	2 592.1	0.7038	7.3725	8.0763
55	15.758	0.001015	9.568	230.21	2 219.9	2 450.1	230.23	2 370.7	2 600.9	0.7679	7.2234	7.9913
60	19.940	0.001017	7.671	251.11	2 205.5	2 456.6	251.13	2 358.5	2 609.6	0.8312	7.0784	7.9096
65	25.03	0.001020	6.197	272.02	2 191.1	2 463.1	272.06	2 346.2	2 618.3	0.8935	6.9375	7.8310
70	31.19	0.001023	5.042	292.95	2 176.6	2 469.6	292.98	2 333.8	2 626.8	0.9549	6.8004	7.7553
75	38.58	0.001026	4.131	313.90	2 162.0	2 475.9	313.93	2 321.4	2 635.3	1.0155	6.6669	7.6824
80	47.39	0.001029	3.407	334.86	2 147.4	2 482.2	334.91	2 308.8	2 643.7	1.0753	6.5369	7.6122
85	57.83	0.001033	2.828	355.84	2 132.6	2 488.4	355.90	2 296.0	2 651.9	1.1343	6.4102	7.5445
90	70.14	0.001036	2.361	376.85	2 117.7	2 494.5	376.92	2 283.2	2 660.1	1.1925	6.2866	7.4791
95	84.55	0.001040	1.982	397.88	2 102.7	2 500.6	397.96	2 270.2	2 668.1	1.2500	6.1659	7.4159
Presión sat., MPa												
100	0.10135	0.001044	1.6729	418.94	2 087.6	2 506.5	419.04	2 257.0	2 676.1	1.3069	6.0480	7.3549
105	0.12082	0.001048	1.4194	440.02	2 072.3	2 512.4	440.15	2 243.7	2 683.8	1.3630	5.9328	7.2958
110	0.14327	0.001052	1.2102	461.14	2 057.0	2 518.1	461.30	2 230.2	2 691.5	1.4185	5.8202	7.2387
115	0.16906	0.001056	1.0366	482.30	2 041.4	2 523.7	482.48	2 216.5	2 699.0	1.4734	5.7100	7.1833
120	0.19853	0.001060	0.8919	503.50	2 025.8	2 529.3	503.71	2 202.6	2 706.3	1.5276	5.6020	7.1296
125	0.2321	0.001065	0.7706	524.74	2 009.9	2 534.6	524.99	2 188.5	2 713.5	1.5813	5.4962	7.0775
130	0.2701	0.001070	0.6685	546.02	1 993.9	2 539.9	546.31	2 174.2	2 720.5	1.6344	5.3925	7.0269
135	0.3130	0.001075	0.5822	567.35	1 977.7	2 545.0	567.69	2 159.6	2 727.3	1.6870	5.2907	6.9777
140	0.3613	0.001080	0.5089	588.74	1 961.3	2 550.0	589.13	2 144.7	2 733.9	1.7391	5.1908	6.9299
145	0.4154	0.001085	0.4463	610.18	1 944.7	2 554.9	610.63	2 129.6	2 740.3	1.7907	5.0926	6.8833
150	0.4758	0.001091	0.3928	631.68	1 927.9	2 559.5	632.20	2 114.3	2 746.5	1.8418	4.9960	6.8379
155	0.5431	0.001096	0.3468	653.24	1 910.8	2 564.1	653.84	2 098.6	2 752.4	1.8925	4.9010	6.7935
160	0.6178	0.001102	0.3071	674.87	1 893.5	2 568.4	675.55	2 082.6	2 758.1	1.9427	4.8075	6.7502
165	0.7005	0.001108	0.2727	696.56	1 876.0	2 572.5	697.34	2 066.2	2 763.5	1.9925	4.7153	6.7078
170	0.7917	0.001114	0.2428	718.33	1 858.1	2 576.5	719.21	2 049.5	2 768.7	2.0419	4.6244	6.6663
175	0.8920	0.001121	0.2168	740.17	1 840.0	2 580.2	741.17	2 032.4	2 773.6	2.0909	4.5347	6.6256
180	1.0021	0.001127	0.19405	762.09	1 821.6	2 583.7	763.22	2 015.0	2 778.2	2.1396	4.4461	6.5857
185	1.1227	0.001134	0.17409	784.10	1 802.9	2 587.0	785.37	1 997.1	2 782.4	2.1879	4.3586	6.5465
190	1.2544	0.001141	0.15654	806.19	1 783.8	2 590.0	807.62	1 978.8	2 786.4	2.2359	4.2720	6.5079
195	1.3978	0.001149	0.14105	828.37	1 764.4	2 592.8	829.98	1 960.0	2 790.0	2.2835	4.1863	6.4698

CUADRO 6: ESPECIFICACIONES DEL QUEMADOR PARA EL CALENTAMIENTO DEL AIRE

 <p>A SCOTT FETZER COMPANY 801 GLASGOW AVE. FORT WAYNE, IN 46803 US PATENT NO. 4,388,064</p>	<p>Publication Date 3/19/01</p>  <p>MODELS HSG 200 HSG 400 GAS BURNERS</p> <p>PART NO. 62484-001A</p>
--	--

WARNING: If the information in these instructions is not followed exactly, a fire or explosion may result causing property damage, personal injury or death.

- Do not store or use gasoline or other flammable vapors and liquids in the vicinity of this or any other appliance.
- **WHAT TO DO IF YOU SMELL GAS**
 - Do not try to light the appliance.
 - Do not touch any electrical switch; do not use any phone in your building.
 - Immediately call your gas supplier from a neighbor's phone. Follow the gas supplier's instructions.
 - If you cannot reach your gas supplier, call the fire department.
- Installation and service must be performed by a qualified installer, service agency or the gas supplier. Warranty is voided if not installed by qualified service person.

NOTICE

THESE INSTRUCTIONS SHOULD BE AFFIXED TO THE BURNER OR ADJACENT TO THE HEATING APPLIANCE. FOR FURTHER INSTRUCTIONS AND WARNINGS, SEE BACK PAGE OF THIS MANUAL.

SPECIFICATIONS

[SEE PAGE #1]

**SPECIFICATIONS MODELS
HSG200, HSG400
NATURAL OR PROPANE GAS**

NOTE: Dimensions in () are informational only. English values take priority.

HSG200

Maximum Input Capacity - 200 MBH (211000 kJ)

Minimum Input Capacity - 60 MBH (63300 kJ)

HSG400

Maximum Input Capacity - 400 MBH (422000 kJ)

Minimum Input Capacity - 200 MBH (211000 kJ)

SUPPLY LINE PRESSURE REQUIRED: Natural or Propane 5.5 W.C. (1370 Pa) Minimum, 14.0 W.C. (3487 Pa) Maximum

AIR TUBE DIAMETER: 4 inches (101.6 mm)

AIR TUBE LENGTHS:	HSG200	6 inches	(152.4 mm)
(See Fig. 12C	HSG400	6.25 inches	(158.75 mm)
for Dimensions)	HSG200/400	9.00 inches	(228.6 mm)
	HSG200/400	12.00 inches	(304.8 mm)

MOUNTING: Adjustable flange standard (deduct 1 1/8 inch (28.575 mm) from above air tube lengths when using flange). Optional pedestal mounting.

STANDARD VOLTAGE: 120 VAC / 60 HZ/ 1 Phase
120 VAC / 50 HZ/ 1 Phase (Special motor installed with max capacity reduced 20%)

FLAME SAFETY: 24 VAC Electronic

IGNITION: 7300 VAC Direct Spark

GAS VALVE: 3/4 x 3/4 (19.05 mm x 19.05 mm) NPT 3 Function Redundant 24 VAC

*200 MBH (211000 kJ) (200,000 BTU [58.62 kW] / HR) or 400 MBH (422000 kJ) (400,000 BTU [117.24 kW] / HR) at sea level. Derate input for altitude over 2000 ft. (609.6 m) by 4% each 1000 ft. (304.8 m) above sea level. (one gallon (3.79 L) fuel oil = 140 MBH (14770 kJ)).

CONTENTS

	PAGE
SECTION I INSTALLATION	1
A. GENERAL	2
B. VENTILATION	2
C. HEATING APPLIANCE INSPECTION	2
D. CHIMNEY, FLUE PIPE AND DRAFT CONTROL	2-3
E. COMBUSTION CHAMBER	4
F. GAS PIPING	4
G. ELECTRICAL	5
H. MAIN BURNER ORIFICE SIZING AND INSTALLATION	5
I. COMBUSTION GAS VALVE	6
SECTION II INITIAL START UP	7-8
SECTION III OPERATION AND TROUBLESHOOTING	9-14
SECTION IV SERVICE	15-16
PARTS LISTS	17
TECHNICAL INFORMATION	18
WARRANTY	19
CONSUMER INSTRUCTIONS	20

SECTION I INSTALLATION

A. GENERAL

The Wayne HSG200 and HSG400 power gas conversion burners are adaptable to most types of central heating plants previously fired on fuel oil. Typical heating plants are gravity and forced air circulation furnaces, hot water, steam or vapor boilers. Power burner design makes the HSG200 and HSG400 well suited for "negative draft" fired appliances where an oil burner is being replaced.

Installation of these power gas conversion burner models must conform to local codes, or in their absence, the American National Standard for the Installation of Domestic Gas Conversion Burners, ANSIZ21.8 - 1984 and the National Flue Gas Code, ANSIZ223.1 or current standard year.

NOTICE: ANSI or local installation code compliance is the sole responsibility of the qualified installer.

B. VENTILATION

The HSG conversion burner models covered by this manual shall not be installed in an appliance located where normal air circulation or infiltration is limited in providing all the air necessary for proper combustion and draft hood dilution air.

In open basements of homes of normal construction (without basement storm windows or tight stair doors) infiltration of combustion air is usually sufficient to replace that drawn up the flue, so special provisions are seldom necessary.

When the heating appliance is installed in a tightly closed room without ventilation openings to outdoors, or other rooms, provisions shall be made for supplying air for combustion through special openings, one near the floor line and the other near the ceiling. Each is to be sized on the basis of one square inch (645.2mm²) or more of free area each 1,000 BTU (.29kW) input per hour.

When the house is of unusually tight construction, has a kitchen and/or bathroom ventilation fan which may be used for exhausting air to outdoors, or has a vented fireplace, it is recommended that combustion air be supplied to the furnace room through intakes extending to the outside of the building and terminating in down turned fittings, suitably arranged to prevent obstruction from snow or rain, and including a protecting screen not smaller than 1/4 inch (6.35mm) mesh.

C. HEATING APPLIANCE INSPECTION

Clean the appliance heat exchanger interior, combustion chamber and flue connections. Remove all adhering tars, scale, dirt and soot. Inspect the heat

exchanger for obvious and potential flue gas leaks. Cement all joints around the appliance base and access openings to prevent air and/or flue gas leakage into or out of the combustion chamber.

Warm Air Furnaces* - Make certain the electrical characteristics of the fan and limit switch correspond to those required by this burner and are in proper working order.

Hot Water Boilers* - Make certain water temperature and altitude gauges, pressure relief valves are in proper working order.

Steam Boilers* - Make certain the system is pressure tight, with pressure gage and pop off safety valve are in proper working order. Existing water sight glass permits clear observation of boiler water level.

*Where applicable, existing temperature of pressure limit switch or low water cut-off switch operation and electrical characteristics shall be checked to determine their compatibility to the gas control circuitry of this burner.

D. CHIMNEY, FLUE PIPE AND DRAFT CONTROL

The chimney should be inspected for unsafe conditions such as excessive soot accumulation, deteriorated masonry, blockage or potential blockage.

NOTICE: No manually adjustable flue pipe damper is permitted on any gas burner installation.

The chimney should be lined with a corrosion resistant material. If the chimney is unlined, consult your local gas utility for recommendations.

WARNING: Under no circumstances should the flue pipe be connected to the chimney of an open fireplace.

The flue pipe should be sized to carry of the flue gases per Figure 1.

INPUT BTU/HR (kW/HR)	DRAFTHOOD FLUE PIPE SIZE
UP to -120 MBH (35.172kW)	5 INCH (127mm) DIAMETER
120 MBH (35.172kW) - 180 MBH (52.758kW)	6 INCH (152.4mm) DIAMETER
180 MBH (52.758kW) - 250 MBH (73.275kW)	7 INCH (177.8mm) DIAMETER
250 MBH (73.275kW) - 320 MBH (93.792kW)	8 INCH (203.2mm) DIAMETER
320 MBH (93.792kW) - 410 MBH (120.171kW)	9 INCH (228.6mm) DIAMETER

Figure 1

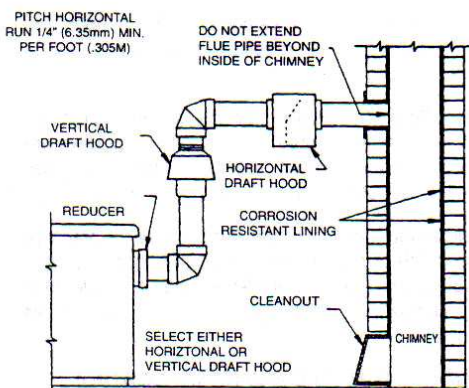
Strict compliance to appropriate codes should be made regarding flue pipe clearances from combustible materials.

Pitch the horizontal run of the flue pipe upward 1/4 inch (6.35mm) per foot (.305m) or more. Run directly to the chimney, fasten joints securely and support horizontal runs to prevent sagging.

If the flue pipe must be extra long, it's size should be increased. The horizontal length of the flue pipe should not exceed the height of the chimney above the flue connection.

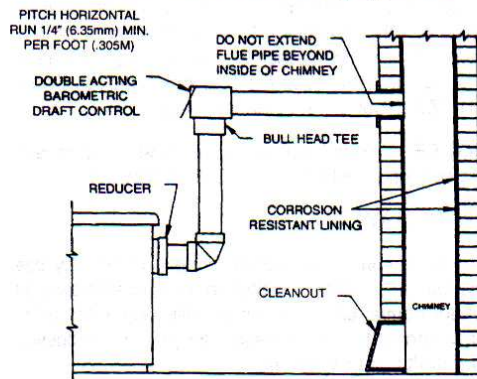
The draft control should be hood type per Figure 2 or, IF APPROVED BY LOCAL AUTHORITIES, a barometric damper suitable for gas firing per Figure 3. The draft control should be sized the same as the flue pipe per Figure 1, and should be located higher than the highest part on the appliance flue passage. Refer to the barometric draft regulator manufacturer's instructions for complete detail.

NOTICE: Should the flue pass through a partition, the draft control must be located in the same room as the heating appliance.



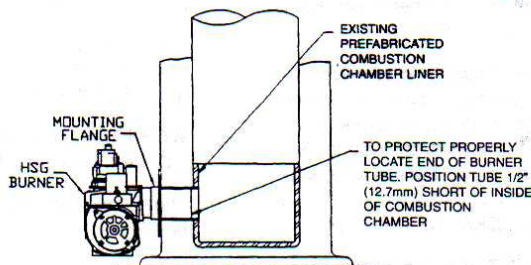
DRAFT HOOD POSITIONS

Figure 2



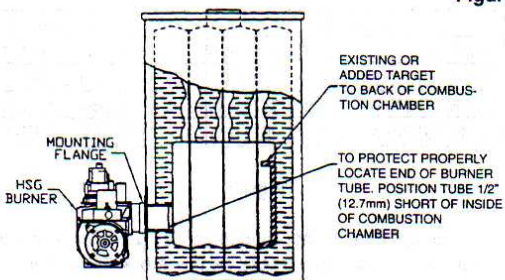
BAROMETRIC DRAFT CONTROL POSITION

Figure 3



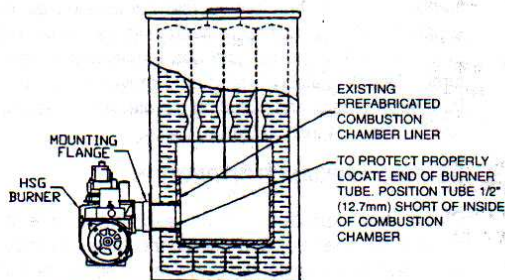
FORCED AIR FURNACE

Figure 4



HOT WATER OR STEAM BOILER WITH COMBUSTION CHAMBER TARGET

Figure 5



HOT WATER OR STEAM BOILER WITH COMBUSTION CHAMBER LINER

Figure 6

E. COMBUSTION CHAMBER

A combustion chamber is normally required to protect non-heat transfer surfaces, and to provide a radiant bed for rapid heat transfer to the primary surfaces of the heat exchanger. If in good condition, the existing combustion chamber can be used.

A full combustion chamber liner is recommended for warm air furnaces, see Figure 4, and a target wall or full combustion chamber liner is recommended for wet leg cast iron or steel boilers. See Figures 5 and 6. If a built up chamber is necessary, use 2300° F (1260°C) minimum insulating fire-brick or fiberfrax.

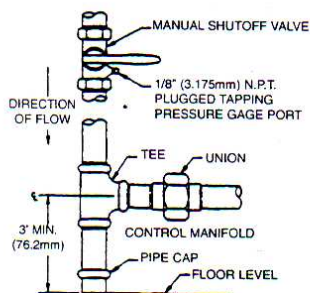
THE BURNER AIR TUBE MUST NOT BE ALLOWED TO EXTEND INTO THE CHAMBER PROPER; IT MUST BE SET 1/2 INCH (12.7mm) SHORT OF THE INSIDE SURFACE.

Before permanently securing the burner to the heating appliance with either the adjustable mounting flange or pedestal, cementing around the air tube in the combustion chamber opening, check that the burner head assembly is free of foreign materials and that the sensor and electrode probes have not been damaged or repositioned, see Figure 13.

INPUT BTU/HR kW/Hr	PREFERRED	
	WIDTH"(mm) X LENGTH"(mm)	DIAM." (mm)
50 MBH (14.655kW)	7 (177.8) X 7 (177.8)	8 (203.2)
75 MBH (219.825kW)	7 1/2 (190.5) X 7 1/2 (190.5)	9 (228.6)
100 MBH (293.1kW)	12 (304.8) X 12 (304.8)	13 (330.2)
150 MBH (439.65kW)	12 (304.8) X 15 (381)	14 (355.6)
200 MBH (586.2kW)	13 (330.2) X 17 (431.8)	15 (381)
250 MBH (732.75kW)	13 (330.2) X 18 (457.2)	16 (406.4)
300 MBH (879.3kW)	13 (330.2) X 20 (508)	18 (457.2)
350 MBH (1025.85kW)	14 (355.6) X 21 (533.4)	20 (508)
400 MBH (1172.4kW)	15 (381) X 22 (558.8)	21 (533.4)

RECOMMENDED COMBUSTION CHAMBER SIZES

Figure 7



SUPPLY LINE CONNECTION TO BURNER

Figure 8

F. GAS PIPING

NOTICE: All piping must comply with local codes. The available gas supply pressure should be within minimum and maximum pressures shown in the burner specifications. If the gas supply pressure exceeds the 14" W.C. (3487.4Pa) maximum, an intermediate main gas regulator must be installed ahead of the main gas manual shut off valve shown in Figure 8.

WARNING: Failure to install the intermediate gas regulator will result in gas leakage from burner gas valve.

A drip leg or sediment trap must be installed in the supply line to the burner. See Figure 8.

A pipe union shall be installed in the gas line adjacent to and upstream from the main gas manual shutoff valve. See Figure 8.

The gas supply piping to the burner should branch off from the main gas supply line as close to the gas meter as possible. Do not connect to the bottom of a horizontal section. See Figure 9 for gas supply pipe sizes.

Use new black iron pipe and malleable fittings free of burrs and defects. Use pipe joint compound resistant to liquefied petroleum gases.

A 1/8" (3.175mm) NPT plugged tapping accessible for test gauge connection shall be immediately upstream of the gas supply connection for determining gas supply pressure to the burner.

Test new supply piping for leaks. **CAUTION: DURING PRESSURE TEST FOR LEAKS IN GAS SUPPLY PIPING, THE BURNER MUST BE DISCONNECTED TO PREVENT EXPOSING THE COMBINATION GAS VALVE TO PRESSURES OVER 1/2" (3447 PaG) PSIG. POSSIBLY DAMAGING THE VALVE AND VOIDING THE BURNER WARRANTY.**

PIPE SIZE	TYPE OF GAS	CAPACITY - MBH (kJ)			
		LENGTH OF PIPE			
		15 (381mm)	30 (762mm)	45 (1143mm)	90 (2286mm)
3/4 (19.05mm)	Propane	400 (422000kJ)	250 (263750kJ)	200 (211000kJ)	
	Natural	400 (422000kJ)	250 (263750kJ)	200 (211000kJ)	
1 (25.4mm)	Propane	400 (422000kJ)	350 (369250kJ)	250 (263750kJ)	
	Natural	400 (422000kJ)	400 (422000kJ)	300 (316500kJ)	
1 1/4 (31.75mm)	Propane	400 (422000kJ)	400 (422000kJ)	400 (422000kJ)	
	Natural	400 (422000kJ)	400 (422000kJ)	400 (422000kJ)	
1 1/2 (38.1mm)	Propane			400 (422000kJ)	
	Natural			400 (422000kJ)	

CAPACITIES SHOWN ARE FOR A TOTAL PRESSURE DROP OF 0.3" W.C. (74.73Pa) FOR 0.5" W.C. (124.55Pa) PRESSURE DROP, MULTIPLY CAPACITY SHOWN BY 1.3. FOR HIGHER PERMISSIBLE PRESSURE DROPS, CONSULT YOUR UTILITY.

SUPPLY PIPE CAPACITIES IN MBH (kW)

Figure 9

G. ELECTRICAL

The installation must be wired and GROUNDED in accordance with local codes or in their absence, with the National Electric Code ANSI/NFPA No. 70-1987 or latest edition.

For the 120 VAC wiring to the burner, use solid copper conductor wire not lighter than #14 AWG. If a fused disconnect is used, it should be fused for a minimum of 15 amps.

CAUTION: Each installation must include suitable limit controls. Existing oil burner combination limit and operating controls are normally not suitable for gas burner use.

CAUTION: The burner is equipped with its own 24 VAC transformer. Do not add any 24 VAC power consuming device in the 24 VAC control circuit of the burner, as it could overload the transformer.

Set the room thermostat "heat anticipator" for the total current draw of the 24 VAC burner operation circuit. (HSG200 0.55 amps, HSG400 0.7 amps)

CAUTION: Label all wires prior to disconnection when servicing controls. Wiring errors can cause improper and dangerous operation.

Verify proper operation after servicing.

NOTE: If any of the original burner wiring must be replaced, it must be replaced with #18 AWG 105 degrees C wire or equivalent.

Section 3- Operation and Troubleshooting for applicable burner wiring diagrams.

H. MAIN BURNER ORIFICE SIZING AND INSTALLATION

The HSG200 and HSG400 power gas conversion burners are approved for use with natural and propane gas only.

The HSG200 and HSG400 burner models are shipped labeled and orificed for natural gas. To convert to propane gas and/or increase BTU/HR (kcal/Hr) input on natural or propane gas, an orifice kit is supplied with each burner with the orifices shown in Figure 10.

When selecting a desired BTU/HR (kcal/Hr) input, figure 140,000 BTU's per gallon of oil input. For example: furnace or boiler rating of .75gph at 100 psig. The 0.75 x 140,000 = 105,000 BTU's input rate. It may be possible to reduce the firing rate on natural or propane gas 15% to 20%, as most older appliances are oversized for the heating load.
(2.83875L x 9356 kcal = 26559.35 kcal)

To remove or interchange main orifice discs refer to the exploded parts view drawing in this manual.

1. Remove slotted orifice cap, Item #40, making sure orifice cap gasket, #39, stays attached to orifice cap and is not damaged.
2. Remove orifice spring, Item #38, to access and remove orifice disc, Item #42.
3. Install desired orifice from Figure 10, making sure it is seated flat in the orifice holder, Item #37.
4. Replace orifice spring and securely tighten orifice cap and orifice cap gasket into orifice holder.

ORIFICE SIZE & DRILL	MANIFOLD PRESSURE		
	2.0" (498.2Pa)	3.0" (747.3Pa)	4.0" (996.4Pa)
HSG200 NATURAL GAS			
#29 - .136 (3.4544mm)	50,000 BTU (52750kJ)	64,000 BTU (67520kJ)	76,500 BTU (80707.5kJ)
#8 - .199 (5.0546mm)	74,000 BTU (78070kJ)	95,000 BTU (100225kJ)	116,000 BTU (122380kJ)
J - .277 (7.0358mm)	112,000 BTU (118160kJ)	138,000 BTU (145590kJ)	164,000 BTU (173020kJ)
Q - .332 (8.4328mm)	160,000 BTU (168800kJ)	206,000 BTU (217330kJ)	
HSG200 L.P. GAS			
#30 - .128 (3.2512mm)	49,000 BTU (51695kJ)	58,500 BTU (61717.5kJ)	68,200 BTU (71951kJ)
#27 - .144 (3.6576mm)	66,000 BTU (69630kJ)	78,000 BTU (82290kJ)	92,000 BTU (97060kJ)
#15 - .180 (4.572mm)	82,000 BTU (86510kJ)	112,500 BTU (118687.5kJ)	136,000 BTU (143480kJ)
D - .246 (6.2484mm)	131,000 BTU (138205kJ)	187,500 BTU (197812.5kJ)	243,000 BTU (256365kJ)
HSG400 NATURAL GAS			
T - .358 (9.0932mm)	200,000 BTU (211000kJ)	248,000 BTU (261640kJ)	285000 BTU (300675kJ)
15/32 - .468 (11.8872mm)	265,000 BTU (279575kJ)	343,000 BTU (361865kJ)	400,000 BTU (422000kJ)
HSG400 L.P. GAS			
K - .281 (7.1374mm)	190,000 BTU (200450kJ)	242,500 BTU (255837.5kJ)	295,000 BTU (311225kJ)
Q - .332 (8.4328mm)	242,500 BTU (255837kJ)	332,500 BTU (350787.5kJ)	400,000 BTU (422000kJ)

NOTE: For 50 cycle application derate input by 15%

HSG SERIES POWERGAS CONVERSION BURNERS
ORIFICE CHART

Figure 10

I. COMBINATION GAS VALVE

The 24 VAC combination gas valve serves three (3) functions: (1) manual gas shut-off, (2) main gas flame pressure regulator, (3) automatic electric redundant (double seated) gas shut off. (See Figure 11)

The correct operating manifold orifice pressure range for both natural and propane gas is 2.0" W.C. (498.2Pa) minimum to 4.0" W.C. (996.4Pa) maximum. By adjusting the pressure regulator between 2.0" W.C. (498.2Pa) and 4.0" W.C. (996.4Pa) on either natural or propane gas, a wide input range can be achieved with a single orifice size. If the desired input rating cannot be obtained within the above manifold orifice pressure adjustment range, the next size larger or smaller orifice should be used. (Refer to orifice chart Fig. 10.)

approximately 2.0" W.C. (498.2Pa) to 4.0" W.C. (996.4Pa) is factory set at 3.5" W.C (871.85Pa). When pressure adjustment is required for setting input capacity with a selected orifice from Figure 10, remove the regulator cap for access to the slotted adjustment screw. Turning the screw counter clockwise reduces manifold orifice pressure, clockwise increases the pressure.

NOTE: MANIFOLD PRESSURE ADJUSTMENTS CAN ONLY BE MADE WITH THE BURNER RUNNING AND THE GAS ON.

The 1/8" (3.175mm) NPT pressure tap for orifice manifold pressure measurement is located on the outlet side of the combination gas valve. Use a "u" tube manometer or dial type pressure gauge, scaled from "0" zero to 15.0" W.C. (3736.5Pa) to read pressure (See Figure 11).

J. PRESSURE REGULATOR ADJUSTMENT

The combination gas valve pressure regulator, which has an outlet pressure setting range of

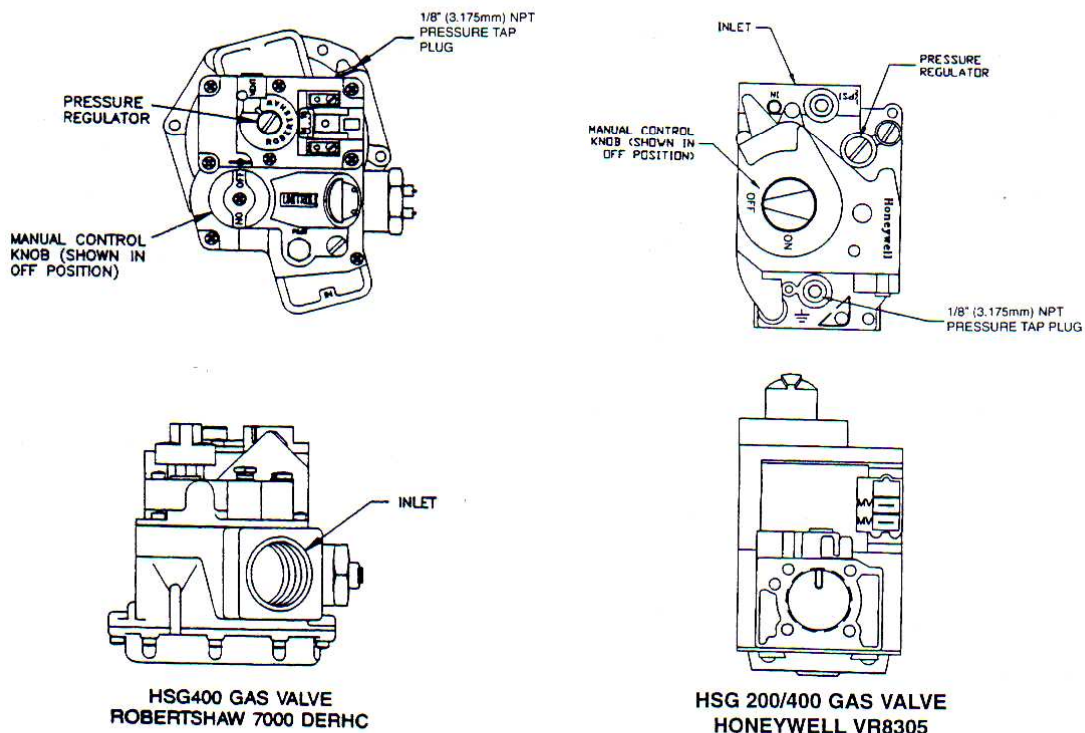


Figure 11

SECTION II INITIAL START UP

1. **NOTE:** Read the applicable sequence of burner/primary gas control operation in Section 3 Operation and Troubleshooting before proceeding.
2. Depress the combination gas valve manual control knob and turn to "OFF" position.
3. Adjust the primary air and off-cycle damper to the start up settings shown in Figure 12A and 12B.
4. On new gas line installations, air may be trapped in the line, the burner may experience several lockouts until all the air is purged from the lines.
5. Turn on the main electrical power and set the thermostat or operation control to call for heat. Allow the burner to run a MINIMUM of 5 minutes to purge combustion chamber and appliance heat exchanger.
6. Set the thermostat or operating control below room temperature, shutting the burner "OFF" 1 minute to RESET the primary control.
7. Depress the combination gas valve manual control now and turn to "ON" position.
8. Set the thermostat or operating control to call for heat. The burner will start and go through the applicable sequence of burner/primary gas control operation, refer to step 1.
9. Once burner is running adjust the orifice manifold pressure regulator as described in paragraph J - Pressure Regulator Adjustment.
10. A more accurate BTU (kW) input can be determined by using the NATURAL gas service meter with the burner only on (all other gas appliances should be off). The hand on the gas meter dial with the lowest cubic feet valve (fastest revolving dial), should be clocked for one complete revolution and use the following formula.

$$\frac{3600 \times \text{cubic ft. (m}^3\text{) per revolution} \times \text{btu (kW) valve/cubic ft (m}^3\text{)}}{\text{seconds per revolution}} = \text{BTU/HR (kW/HR)}$$

EXAMPLE: $\frac{3600 \times 1 \times 1000 (.2931\text{kW})}{12} = 300,000 \text{ BTU/HR (87.93 kW/HR)}$
11. After the desired input has been obtained, re-adjust the primary air damper open or closed to visually obtain a blue flame with well defined orange or yellow tips for natural gas, or well defined yellow tips for propane gas.
12. After the burner has been in operation for at least 10 minutes, assuring combustion chamber and heat exchanger are fully warmed, take combustion analysis flue gas samples just ahead of the draft control in the flue pipe.

NOTE: ALWAYS USE RELIABLE COMBUSTION TEST INSTRUMENTS. BEING PROFICIENT IN THE USE OF THESE INSTRUMENTS AND INTERPRETING THEIR DATA IS NECESSARY FOR SAFE, RELIABLE AND EFFICIENT BURNER OPERATION.
13. Perform the following combustion analysis. All adjustments below must be made with the following instruments: draft gauge, O₂ or CO₂ analyze and CO tester.
 - A. Adjust the primary air damper to provide about 25% excess combustion air. Confirm this by checking the flue gas for its FREE OXYGEN (O₂) or CARBON DIOXIDE (CO₂) PERCENTAGES with a test instrument. Free oxygen should be about 4.5%, or carbon dioxide should be about 9.5% for natural gas, 12.1% for propane gas.
 - B. CARBON MONOXIDE - Should be checked for its presence in the flue gas. This percentage should not exceed .04% (or 400 PPM).
 - C. **NOTE:** Check overfire draft and adjust to NEGATIVE -.01 (2.491Pa) to -.02 (4.982Pa) inches w/c during burner operation.

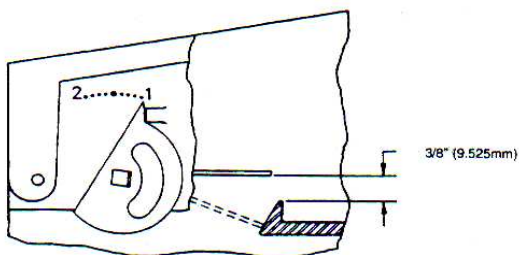
D. The flue gas temperature should be between 325°F (162.78°C) and 550°F (287.78°C) for domestic gas conversion burners. Higher flue gas temperatures indicate overfiring or excessive draft through the appliance. Lower flue gas temperatures may cause excessive condensation and indicate underfiring. Consult your local utility or the appliance manufacturer for acceptable flue gas temperatures.

CAUTION: IF THE BURNER BTU/HR (kW/Hr) INPUT IS CHANGED, REPEAT STEP 13

14. FILL OUT THE INSTALLATION COMBUSTION DATA TAG AND AFFIX IT TO THE BURNER OR CONVERTED APPLIANCE.

SUGGESTION: All new installations should be reinspected for proper combustion and burner operation after one or two weeks of normal operation.

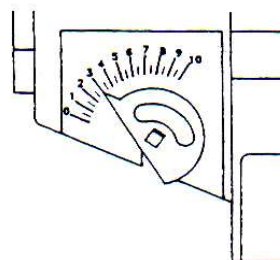
For subsequent normal starting and shut off procedure, refer to the "Consumer Instructions" in the back of this manual or the instruction plate attached to the burner.



HSG200 SET AT NO. 1
HSG400 SET AT NO. 2

OFF CYCLE DAMPER SETTING

Figure 12A



HSG200 SET AT NO. 2
HSG400 SET AT NO. 4

PRIMARY AIR SETTING

Figure 12B

IMPORTANT
THESE SETTINGS ARE FOR INITIAL STARTUP ONLY, AND MUST BE READJUSTED FOR COMBUSTION EFFICIENCY.

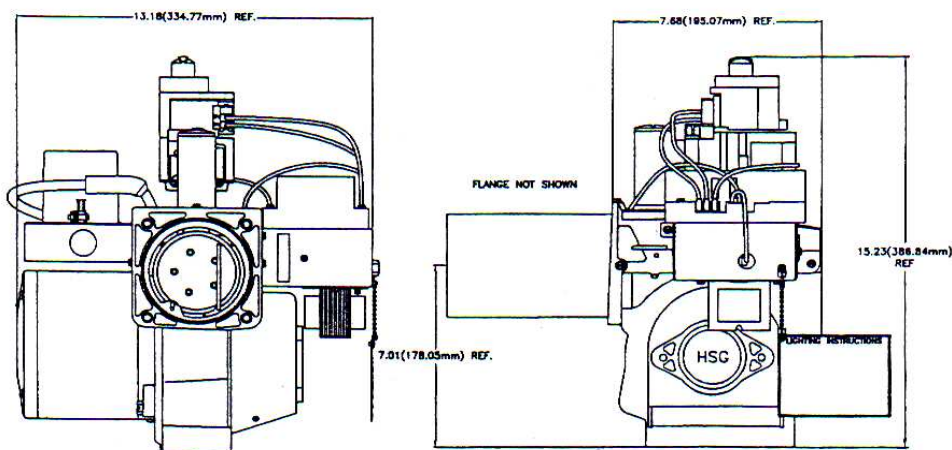


Figure 12C

**SECTION III
OPERATION AND TROUBLESHOOTING**

**SEQUENCE OF OPERATION - HSG SERIES POWER GAS
CONVERSION BURNER UTILIZING HONEYWELL S89F
GAS PRIMARY P/N 62759-002 W/BUILT IN 30 SECOND PREPURGE**

On a call for heat, voltage (24V) is applied to motor start relay and air switch. Once the fan motor reaches operating rpm combustion air pressure is sensed by the air proving switch and closes the switch contacts energizing the S89F gas primary control.

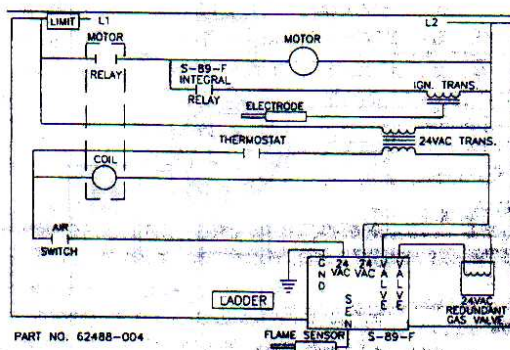
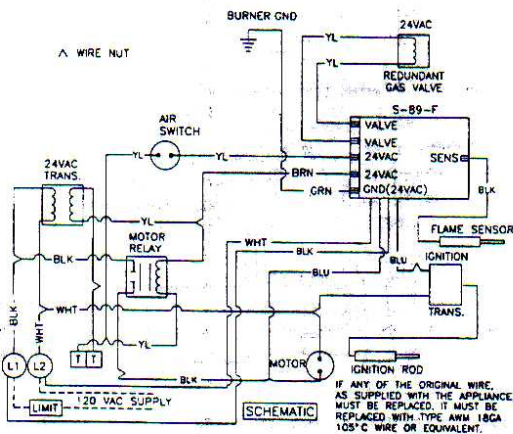
THE S89F gas primary control has an internal 30 second prepurge timer. After the initial 30 second prepurge, an internal 8 second safe start check of the S89F will commence. Once this is successfully completed, the S89F simultaneously energizes the gas valve and ignition transformer. Gas flows and the transformer produces an approximate 7300 volt spark end point grounded at the burner head establishing main burner flame.

At the start of each heat cycle, there is a trial for ignition period of four (4) seconds duration. Normally, burner flame will be established before the end of this period. Once the flame is established, sparking will cease and

the flame rod will provide flame monitoring to the S89F gas control primary for the remainder of the heat cycle. If the flame should be extinguished during the heat cycle, the S89F gas control primary will go into the 30 second prepurge and 8 second safe start check, then re-energize the gas valve and ignition transformer in an attempt to establish the main burner flame. If this does not occur within the 4 second trial for ignition period, the S89F gas primary control will go into lockout de-energizing the gas valve and ignition transformer.

To restart the system, the main power or thermostat must be de-energized momentarily, then re-energized. If at any time during the heat cycle, there is an insufficient supply of combustion air to the burner, the air switch will open, putting the system into lockout closing the gas valve.

**HSG POWER GAS BURNER
WITH HONEYWELL S-89-F GAS PRIMARY**



**SEQUENCE OF OPERATION - HSG SERIES
POWER GAS CONVERSION BURNER UTILIZING
HONEYWELL S89E GAS PRIMARY P/N 62758-002 W/ EXTERNAL
30 SECOND PREPURGE TIMER P/N 62388-001 AND RESISTOR P/N 62530-001**

On a call for heat, voltage (24V) is applied to the motor start relay and air switch. The motor relay pulls in the motor. After the motor reaches speed, the combustion air blower closes the air proving switch contacts, energizing the external 30 second prepurge timer. After the 30 second prepurge timing, the S89E is energized.

The S89E gas primary control has an internal 8 second safe start check. After the initial 30 second prepurge provided by the external timer, the S89E gas primary control is energized, the 8 second safe start check will commence. Once this is accomplished, the S89E activates the gas valve allowing gas to flow to the burner head. Simultaneously, the S89E control energizes the ignition transformer, producing an approximate 7300 volt spark end point grounded at the burner head, establishing main burner flame.

At the start of each heat cycle, there is a trial for ignition period of four (4) seconds duration. Normally, burner flame will be established before the end of this period. Once the flame is established, sparking will cease and the flame rod will provide flame monitoring to the S89E gas primary control for the remainder of the heat cycle.

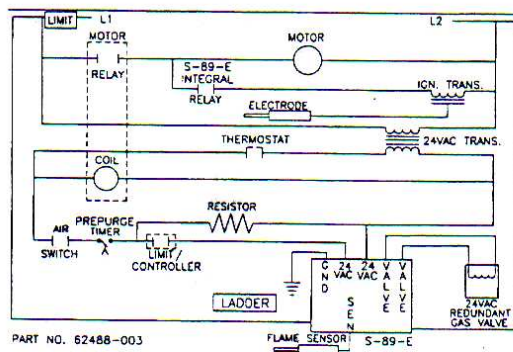
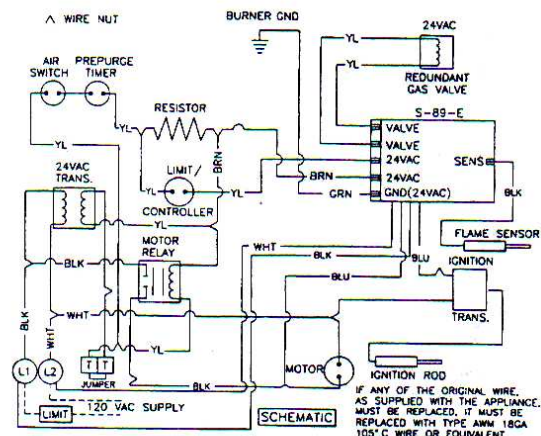
When utilizing the S89E gas primary control with the external 30 second prepurge timer, a 10K ohm resistor is wired in parallel between the output terminal of the 30

second prepurge timer and the input terminal to the S89E gas primary control. The function of this resistor is to keep a load on the output terminal of the external 30 second prepurge timer, after the initial call for heat and 30 second start prepurge and 8 second safe start check.

This promotes simultaneous re-ignition of the main burner flame after the S89E's 8 second safe start check, overriding the 30 second prepurge. This is desirable in oven or similar applications where temperatures cannot vary drastically.

Should the flame be extinguished during the heat cycle, the S89E primary ignition control will go into the 8 second safe start check after which time it will re-energize the gas valve and ignition transformer in an attempt to re-establish the main burner flame. If this does not occur within the 4 second trial for ignition period, the S89E gas primary control will go into lockout de-energizing the gas valve and ignition transformer. To restart the system, the main power or thermostat must be de-energized momentarily, then re-energized. If at any time during the heat cycle, there is insufficient supply of combustion air to the burner, the air switch contacts will open, putting the system into lockout closing the gas valve.

**HSG POWER GAS BURNER
WITH HONEYWELL S-89-E GAS PRIMARY**



FLAME SENSING

The Honeywell S89 series primary ignition controls utilize the flame current rectification principal for main burner flame sensing.

The flame rectification phenomenon occurs as follows. The ignited gas flame causes the immediate atmosphere around the flame to become ionized (gas atoms become electrically charged). The ionization causes the atmosphere around the flame to become electrically conductive. An AC voltage output from the control sensing circuit is routed through the flame sensor probe. When the sensor probe and the burner head are both in contact with a properly adjusted flame, the burner head with its larger surface attracts more free electrons, thus becoming negatively charged. The sensor probe with its small surface area gives up free electrons, thus becoming positively charged. The free electrons from the AC voltage in the sensor probe flow

through the ionized gas flame to the grounded burner head. As the AC current passes through the gas flame, it is rectified into a DC current flowing back to the grounded side of the sensing circuit. The flame in actuality is a switch. When the flame is present, the switch is closed allowing current to flow through the sensing circuit of the control. When no flame is present, the switch is open with no current flowing through the sensing circuit of the control.

The DC current flow is measured in units called DC microamperers. A steady DC microamp current of .8 minimum (and steady) or higher through the sensing circuit of the primary ignition control is sufficient to keep the burner running without a safety lockout. See Figure 13 for sensor probe and electrode dimensional settings, Figure 14 for flame current measurement.

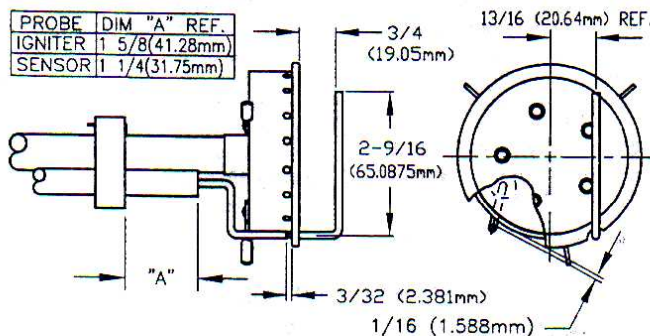
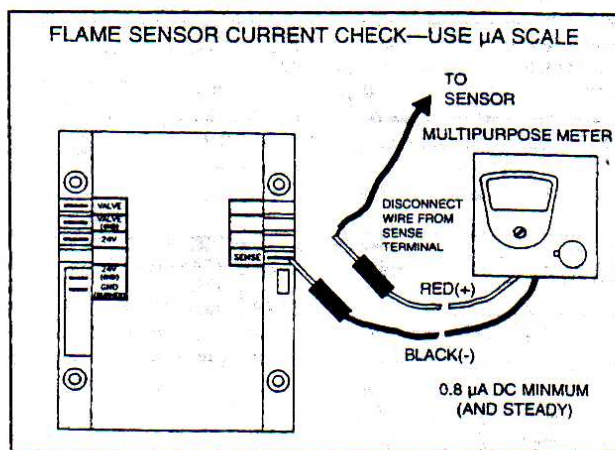


Figure 13

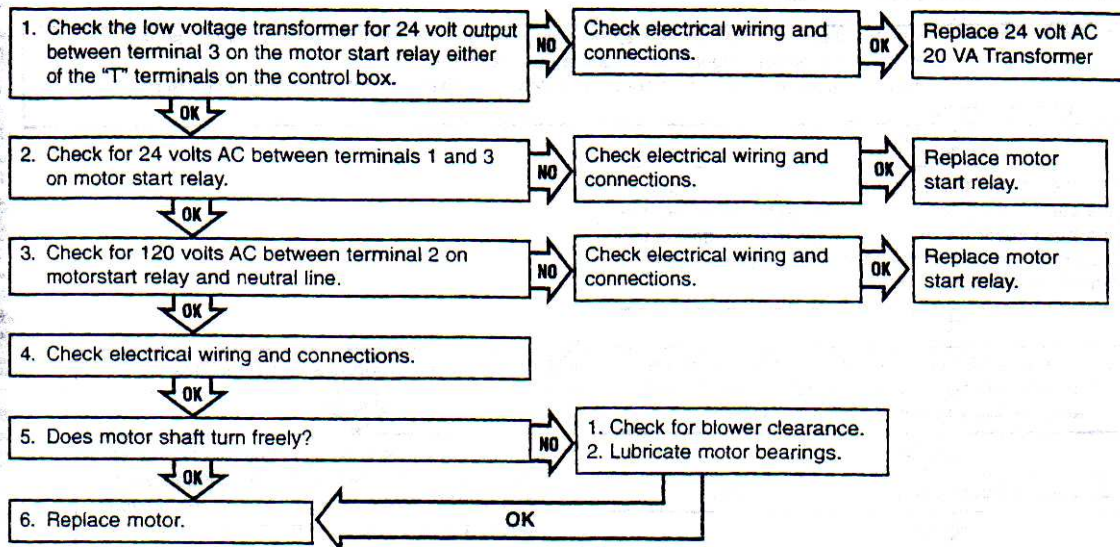


S89 FLAME CURRENT MEASUREMENT

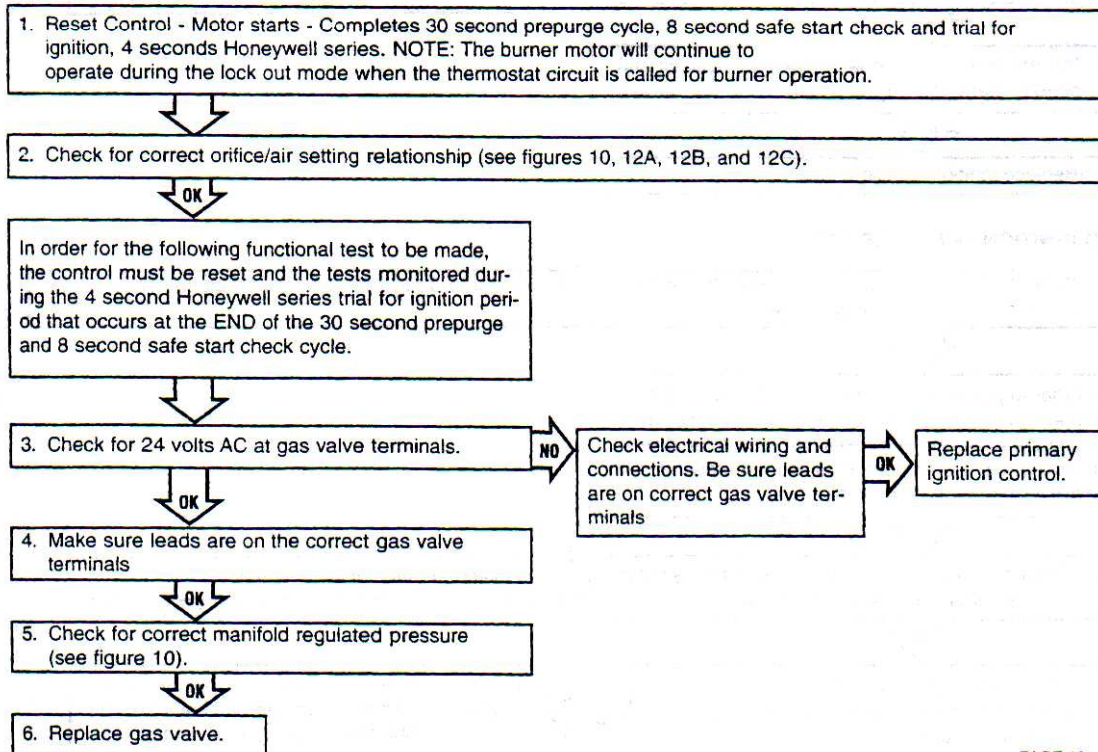
Figure 14

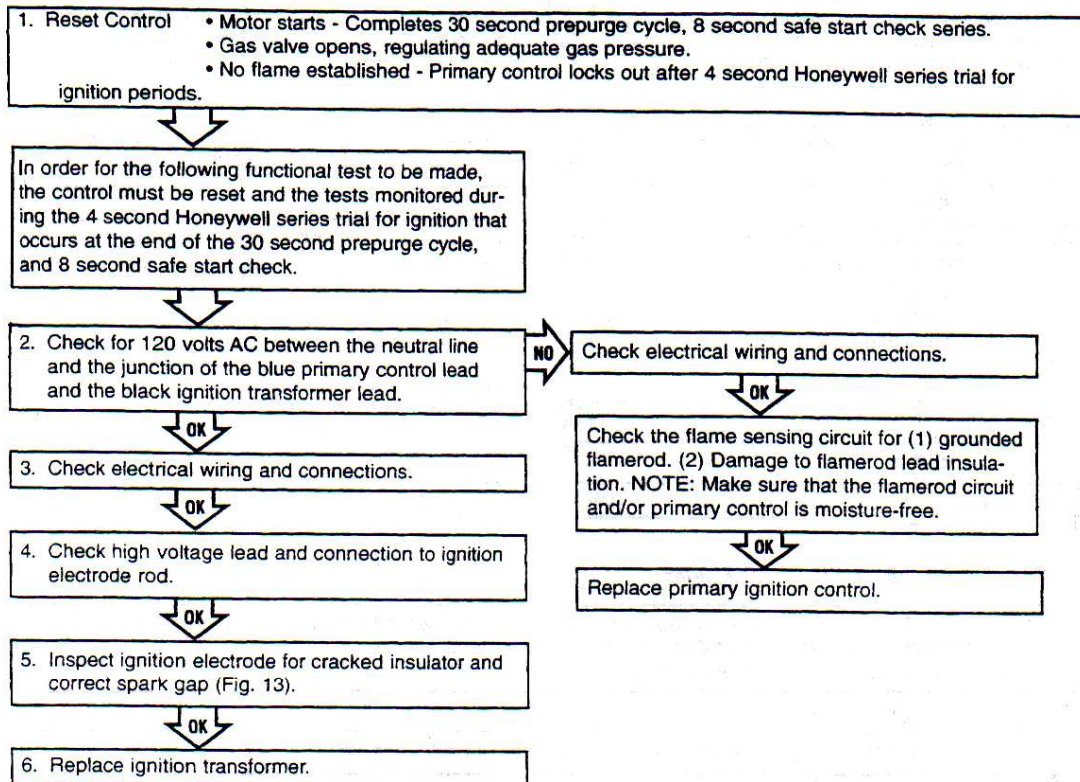
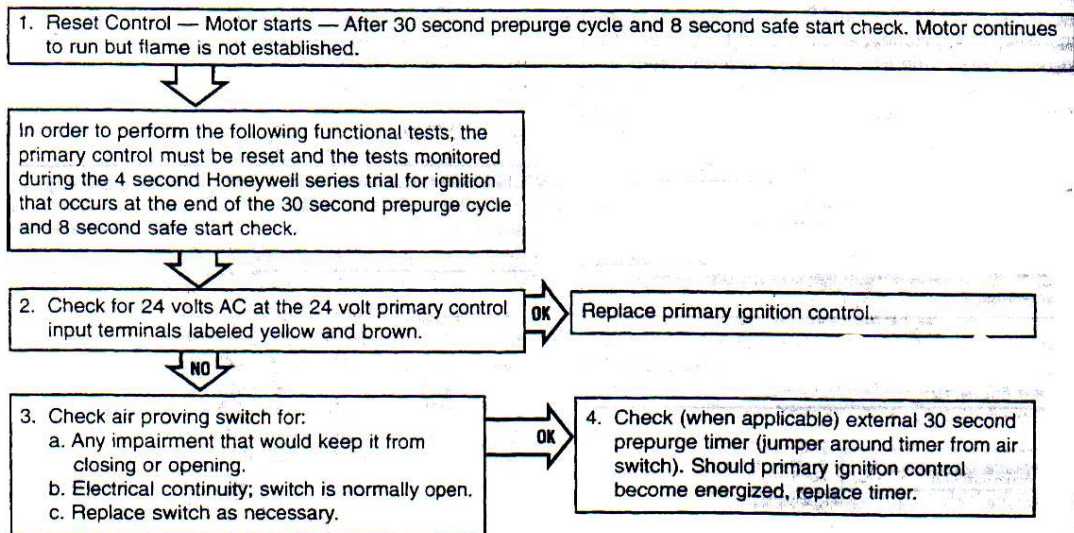
HSG SERIES WITH A HONEYWELL S89E, S89F PRIMARY IGNITION CONTROLS
TROUBLE SHOOTING GUIDE

MOTOR DOES NOT START

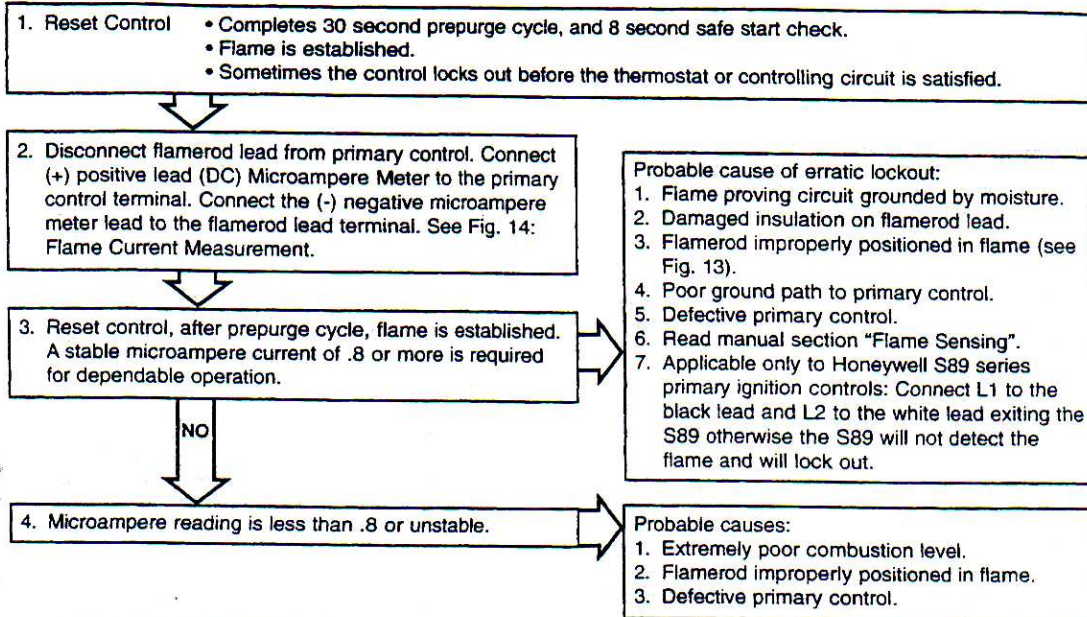


IGNITION ARC ESTABLISHED — NO FLAME

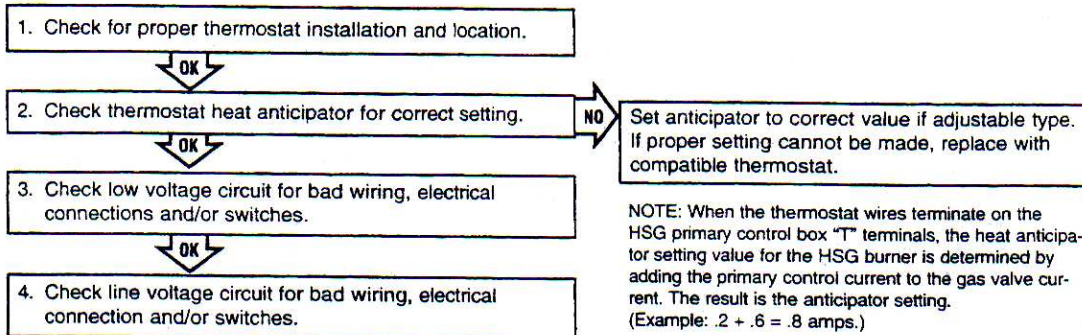


NO IGNITION ARC ESTABLISHED**NO IGNITION — NO GAS VALVE**

LOSES FLAME DURING CYCLE — CONTROL LOCKS OUT ON SAFETY



BURNER CYCLES ERRATICALLY



NOTE: When the thermostat wires terminate on the HSG primary control box "T" terminals, the heat anticipator setting value for the HSG burner is determined by adding the primary control current to the gas valve current. The result is the anticipator setting. (Example: .2 + .6 = .8 amps.)

If the thermostat wires ARE NOT terminated on the burner control box "T" terminals, and these terminals are JUMPED, you must then determine what the correct anticipator setting is by inspecting the controlling device at the point where the thermostat wires terminate. Typically, this information can be found on the body or cover of the controlling device.

When determining the current draw of the dual head gas valve, be sure to consider the separate ampere values for each valve. These usually are stenciled on the valve body, and must be added together to obtain the correct sum. (Example: .4 + .2 = .6 amps).

When the current draw cannot be determined accurately by the above method, measure the current with an ampere meter using the 1 AMP scale. Connect the meter leads in series with one of the thermostat leads for the accurate reading.

SECTION IV SERVICE

Caution: Make sure that the main manual and combination valves and main power switch are turned off before opening burner or removing any parts for service.

A. BURNER HEAD AND ELECTRODE/SENSOR ASSEMBLY

The burner head, electrodes, combination valve, orifice holder and housing cover are part of the gas train assembly which can be removed as one unit. (See Figure 15)

1. Disconnect gas line from combustion gas valve inlet, flame sensor lead wire from gas primary, gas valve lead wires from gas valve operator and (orange) ignition lead wire from ignition transformer (braided/sheathed) ignition lead wire.
2. Remove the two 1/4" (6.35mm) hex slotted screws on the top front of the housing cover and the two 5/16" (7.9375mm) hex slotted screws on the left and right side back of the housing cover.
3. To remove gas train assembly, gently lift up rear of housing cover pulling backward slightly on the drawer assembly gradually positioning the rear of the drawer assembly upward 90 degrees (1.57RAD). Gently extract burner head and electrode/sensor assembly out opening in housing top taking extreme care as to not dislocate or damage electrode or sensor probe.
4. When servicing clean burner head ports, electrodes and sensor probe. Inspect the sensor probe and electrode wires and porcelain insulators carefully for hairline cracks which might provide an electrical leak path that could short out the ignition spark, or flame signal.
5. Examine the electrode and sensor probe for any serious corrosion or deterioration of metal at the tips. Check for proper dimensional settings of the sensor probe and electrode (see Figure 13). Adjust and/or replace these assemblies as necessary. Make sure that the ignition and sensor probe wires go to the correct electrodes and the ignition wire boot is in place over the electrode porcelain.
6. Make sure that the burner tube end is properly positioned in the combustion chamber entry. It must be set 1/2" (12.7mm) short of the inside face of the combustion chamber as shown in figures 4, 5 or 6.

B. AIR APPROVING SWITCH

The air providing switch has a black plastic top and bottom with a blue middle and is mounted to the black blower housing cover, both (2) 4-40 screws, just behind the gas valve. A clear plastic tube is connected to the barbed fitting on the pressure

switch while the other end is connected to a brass barbed fitting in the blower housing. The plastic tube allows pressurized air from the blower housing to travel up to the pressure switch causing the diaphragm contacts to close thus completing the circuit.

The function of the air proving switch is to ensure that sufficient combustion air is being developed by the blower motor and blower wheel. Should the blower motor fail or the blower wheel malfunction, the burner gas valve will shut off.

1. The Air Proving switch should never require maintenance. However, should nuisance lockouts occur, the pressure switch can be checked. This is done by disconnecting the yellow and white leads from the Air Proving switch and jumpering the lead together. If the burner functions correctly then the switch was the problem.

WARNING: If a jumper is used to check the switch it must be removed or an unsafe condition can occur resulting in death or property damage.

2. As mentioned above, the switch should never require maintenance. However a pinched tube will shut off the flow of pressurized air to the diaphragm creating a failure made similar to bad Air Proving switch. Always check to ensure that the clear tubing is not pinched.

C. COMBUSTION AIR BLOWER AND MOTOR

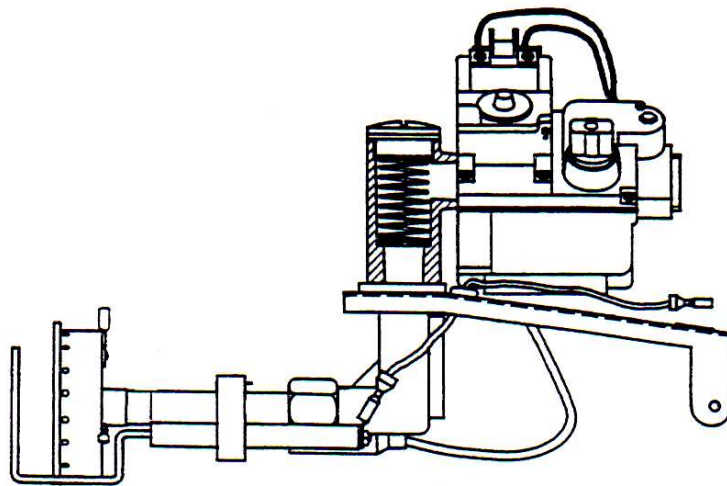
1. Cleaning of the combustion air blower is indicated if the blades show an accumulation of dust and lint, or if the character of the flame indicates a deficiency of combustion air.
2. The side plate, motor and blower wheel are removed as one assembly. Disconnect the motor wire inside the junction box beneath the ignition transformer. Remove the four (4) 5/16" (7.9375mm) hex slotted screws securing sideplate to fan housing.

CAUTION: Do not remove blower wheel from motor shaft during periodic cleaning.

3. Should removal of the blower wheel be necessary for cleaning or replacement of it or the motor, the blower wheel must be positioned correctly on the motor shaft. (Figure 16)

HSG200 blower wheel p/n 21664 is positioned: 2 1/16" (52.3875mm) measured from the blower wheel inlet ring face to the side plate face.

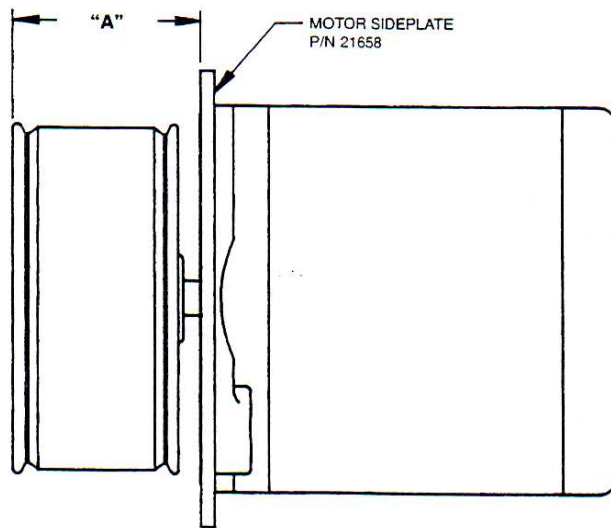
HSG400 blower wheel p/n 21642 is positioned: 2 3/16" (55.5625mm) measured from the blower wheel inlet ring face to the side plate face.



DRAWER ASSEMBLY

Figure 15

PART NUMBER	DIM "A"
21664 HSG200 5 1/4 O.D. (133.35mm)	2 1/16" (52.3875mm)
21642 HSG400 5 1/2 O.D. (139.7mm)	2 3/16" (55.5625mm)



MOTOR/BLOWER ASSEMBLY

Figure 16

PARTS LIST – MODEL HSG 200/400

Item	Part No.	Description
1.	100934-001	Burner Housing
2.	62576-003	Air Tube - HSG200 6" (152.4mm)
	63270-004	Air Tube - HSG400 6 1/4" (158.75 mm)
	62576-015	Air Tube - HSG200 9" (228.6mm)
	63270-015	Air Tube - HSG400 9" (228.6mm)
	62576-027	Air Tube - HSG200 12" (304.8mm)
	63270-027	Air Tube - HSG400 12" (304.8mm)
	63270-028	Air Tube - HSG400 15" (381 mm)
3.	62393-001	Air Cone - (HSG200 only)
4.	21724-011	Adjustable Flange Assembly (includes gasket)
5.	100428-002	Flange Gasket
6.	21664	Blower Wheel HSG200 5 1/4" OD (133.35mm)
	21642	Blower Wheel HSG400 5 1/2" OD (139.7mm)
7.	21658	Side Plate (Used with 20627 Motor Only)
8.	20627	Motor, Split Phase 1/7 (.107kW) or 1/8 (.093kW) HP 3450 RPM 115V/60
9.	100373-002	Combustion Air Inlet Damper
10.	62408-001	Control Box (S89E & S89F)
11.	62388-001	30 Sec. Prepurge Timer
	62530-001	Resistor Wire Assy.
12.	60186-004	24 Volt Transformer
	100450-001	Bushing
13.	62406-002	Motor Relay
14.	62759-002	Primary Safety Control H'Well S89F w/30 Sec Prepurge
	62758-002	Primary Safety Control H'Well S89E w/o 30 Sec Prepurge (Special Limit Applications Only)
15.	100377-002	Damper Indicator Pointer
16.	100429	Damper Decal
17.	63263-001	Pressure Switch
	63272-004	Pressure Switch Conversion Kit
18.	60178	Thermostat Terminal Strip
	60178-002	Thermostat Terminal Strip
19.	100372	Adjustment Arm Off-Cycle Damper
20.	100371	Off-Cycle Damper Plate
21.	100378	Mounting Bracket Off-Cycle Damper
22.	21319	Junction Box (under Ignition Transformer)
23.	61843	Lighting Plate
24.	62407-001	Ignition Transformer 7500V
25.	60380-002	Connector Ring
26.	62391-002	Electrode Assembly
27.	62390-002	Sensor Probe Assembly
28.	62387-001	Insulator Bushing
29.	62575-002	Chamber/Manifold - HSG200 6" (152.4mm)
	62575-001	Chamber/Manifold - HSG400 6 1/4" (158.75 mm)
	62575-014	Chamber/Manifold - HSG200 9" (228.6mm)
	62575-012	Chamber/Manifold - HSG400 9" (228.6mm)
	62575-026	Chamber/Manifold - HSG200 12" (304.8mm)
	62575-024	Chamber/Manifold - HSG400 12" (304.8mm)
	62575-031	Chamber/Manifold - HSG400 15" (381 mm)
30.	62419-001	Clip, Electrode Bracket
31.	62471-001	Electrode Bracket Support
32.	62411-028	11" (279.4mm) Sensor Wire - 6" (152.4mm), 6 1/4" (158.75mm) Burner
	62411-030	14" (355.6mm), Sensor Wire - 9" (228.6mm), 12" (304.8mm) Burner
	62411-068	17" (431.8mm), Sensor Wire - 15" (228.6mm)
33.	62909-001	8" (203.2mm) Ignition Wire - 6" (152.4mm), 6 1/4" (158.75mm) Burner
	62909-003	14" (355.6mm) Ignition Wire - 9" (228.6mm), 12" (304.8mm) Burner
34.	62426-001	Baffle Plate (not used on HSG 6" (152.4mm) and 6 1/4" (158.75mm)
35.	62404-002	Top Plate/Housing Cover
36.	62304	Strain Relief Bushing/Ignition Wire
37.	62402-001	Orifice Housing
38.	62410-001	Orifice Spring
39.	62401-001	Orifice Gasket
40.	62385-001	Orifice Cap
41.	62374-004	Gas Valve Honeywell VR8305M 4801
42.	62459-001	Orifice Package - HSG200
	62459-002	Orifice Package - HSG400
43.	21760-001	Optional Pedestal Mounting (not shown)

Used with Primary safety
Control P/N 62758-002
Honeywell S89E 62910-001
Fenwal 05-319000-051 (Special
Limit applications only)

TECHNICAL INFORMATION
"Troubleshooting Guide"

NUISANCE LOCKOUTS/FLAME SENSING PROBLEMS - HSG200 & HSG400 GAS BURNERS

Wayne's HSG series direct spark ignition (DSI) gas burners prove flame through the process of flame rectification. Flame rectification is achieved by placing a small voltage on the flame sensing probe. When the probe is surrounded by flame, the voltage on the probe "leaks" to ground through the flame, resulting in an electrical current. This current is interpreted by the ignition control as the presence of flame.

One of the most common problems with gas appliances utilizing this type of electronic flame sensing system is the "nuisance lockout". Lockouts are not generally due to the burner failing to ignite, but rather simply the failure of the system to sense the establishment of flame. Should this situation exist for a period of time longer than the ignition control's state lockout timing, the control will shut down or go into permanent lockout. The only way to get the burner to recycle is to break, and then reinstate power to the burner.

The following situations can lead to flame sensing problems and can be checked without disassembling the burner:

- The burner is not properly grounded to "earth ground" on the line voltage.
- The ignition control is not properly grounded to the burner itself. Using an ohmmeter, check the wire attached to both parts for good contact and continuity.
- The burner ignition control is polarity sensitive. The polarity of the incoming line voltage may be reversed. Verify that black and white wires are hot and neutral respectively, and that they are connected to the corresponding black and white wires on the burner.

The remaining checks and/or adjustments require removal of the gas train:

- The connections from the "SENSE" terminal of the ignition control to the end of the flamerod may be broken at some point. Check all quick connect terminations and connections. Check the continuity with an ohmmeter while flexing wires to assure no hidden conductor breakage exists. If replaced, wiring must be of equal, or heavier gauge and equal, or better temperature rating.
- The flamerod probe may be grounded out. Assure that the flamerod probe is not touching the burner head. The probe should be positioned in the center of the clearance groove on the outer edge of the

burner head with approximately 1/16" (1.5875mm) clearance from the head. The probe must not be positioned too far away from the head as this may result in grounding out of the probe against the inside surface of the air tube.

- The flamerod probe should be free of soot and creosote. Deposits may insulate the probe, leading it not to pass the electrical charge to the flame. The probe can be cleaned with steel wool, emery paper or fine sandpaper. NOTE: This is the leading cause of nuisance lockouts in dual-fuel wood/gas fired appliances.
- The flamerod probe may be burned away. Check it against dimensions on the ELECTRODE AND FLAMEROD PROBE SETTINGS drawing.
- The dimensional location of the flamerod probe may be incorrect, or the probe may be bent out of shape. Check it against dimensions on the ELECTRODE AND FLAMEROD PROBE SETTINGS drawing and adjust if necessary.
- The spark electrode gap may be incorrect, resulting in no spark or an inadequate spark that will not ignite the gas properly. Check the electrode gap against the ELECTRODE AND FLAMEROD PROBE SETTINGS drawing and adjust if required.
- The high tension lead conductor from the ignition transformer to the tip of the spark electrode may be broken, preventing the high voltage current from getting to the electrode tip. Check all connections thoroughly and/or check to continuity of the lead wire assembly with an ohmmeter.

Once all of the items listed previously have been carefully checked and corrected if necessary, reinsert the gas train assembly into the burner. **NOTE:** Be careful not to bend the air proving switch sail arm (if so equipped) or accidentally reposition either the flamerod probe or electrode during reinstallation of the gas train assembly.

If, after all of the above listed items have been carefully checked, the burner still fails to work, it is due to one or more of the following problems:

1. Unit sparks and fires but will not stay lit. Ignition control module is malfunctioning and must be replaced.
2. Unit does not spark. Ignition transformer is bad and must be replaced.



LIMITED WARRANTIES FOR OIL AND GAS BURNERS, MADE BY WAYNE AND USED IN RESIDENTIAL INSTALLATIONS

WAYNE COMBUSTION SYSTEMS ("WAYNE") warrants to those who purchase its **Oil Burner Models** for resale or for incorporation into a product of resale, that its burner is free from defects in material and workmanship under normal use and service for thirty-six (36) months from the date of manufacture. **ALL GAS BURNERS** manufactured by "WAYNE" will be similarly warranted for eighteen(18) months from date of manufacture except where original manufacture offers a greater warranty. (Reference #6 below) **THESE LIMITED WARRANTIES DO NOT APPLY UNLESS THE BURNER COVERED BY IT IS PROPERLY INSTALLED BY A QUALIFIED, COMPETENT TECHNICIAN, WHO IS LICENSED WHERE STATE AND/OR LOCAL CODES PREVAIL, AND WHO IS EXPERIENCED IN MAKING SUCH INSTALLATIONS, IN ACCORDANCE WITH NFPA #31 OF THE NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION AND IN ACCORDANCE WITH ALL LOCAL, STATE AND NATIONAL CODES.**

Any **IN-WARRANTY** burner component which is defective in material or workmanship will be either repaired or replaced as follows:

1. Fuel units, motors, transformers, gas valves, and controls should be returned to an authorized service station or distributor of WAYNE for determination of applicability of this LIMITED WARRANTY as to either repair or replacement, where said service station or distributor is reasonably available in the customer's locality. The manufacturers of burner components regularly publish and distribute listings showing the locations of their network of service stations. Where such local service is NOT available for the burner components described above or other burner parts are involved, these items should be returned, freight prepaid, to WAYNE Service Department, 801 Glasgow Ave, Fort Wayne, Indiana 46803.
2. Burners and/or component(s) determined to be covered under this LIMITED WARRANTY by WAYNE shall be repaired or replaced at WAYNE's sole option.
3. WAYNE is not responsible for any labor cost for the removal and replacement of said burner or burner components and equipment associated therewith.

4. A burner so repaired will then carry the LIMITED WARRANTY equal to the unexpired portion of the original burner LIMITED WARRANTY.
5. If inspection by WAYNE does **NOT** disclose any defect covered by this LIMITED WARRANTY, the burner or burner component(s) will be either repaired or replaced at the expense of the customer and WAYNE's regular charges will apply.
6. If the original manufacturer of a burner component offers a warranty greater than either of our LIMITED WARRANTIES described above, then this portion will be added to our LIMITED WARRANTY.

This LIMITED WARRANTY does **NOT** cover products which have been damaged as the result of accident, abuse, misuse, neglect, improper installations, improper maintenance or failure to operate in accordance with WAYNE's written instructions.

These LIMITED WARRANTIES do not extend to anyone except the first purchaser at retail and only when the burner is in the original installation site.

IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE SHALL BE LIMITED TO THE DURATION OF THE LIMITED EXPRESS WARRANTIES CONTAINED HEREIN. WAYNE EXPRESSLY DISCLAIMS AND EXCLUDES ANY LIABILITY FOR CONSEQUENTIAL OR INCIDENTAL DAMAGES OF ANY NATURE FOR BREACH OF ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY.

Some states do not allow limitation on how long an implied warranty lasts, so the above limitation may not apply to you. Also, some states do not allow the exclusion or limitation of incidental or consequential damages, so the above limitation or exclusion may not apply to you. WAYNE neither assumes or authorizes any person to assume for WAYNE any other liability or obligation in connection with the sale of these products. This warranty gives you specific legal rights, and you may also have other rights which vary from state to state.

CONSUMER INSTRUCTIONS

MAINTENANCE:

□ Keep the area around the burner clear and free of combustible materials, gasoline or other flammable liquids or vapors. Do not obstruct burner air openings or ventilation grilles for combustion air.

□ The HSG-200 and HSG-400 gas burners are equipped with either a 1/8 H.P. (.093kW) 120V 60HZ 3450RPM split phase blower motor which requires annual bearing lubrication (2-3) drops SAE 10 oil each bearing, or a 1/10 H.P. (.075kW) 120V 60HZ 3200RPM shaded pole motor requiring no routine oiling.

CAUTION: Check the burner flame periodically. A proper NATURAL gas flame will appear blue at the burner face with orange and yellow tips. A proper PROPANE gas flame will appear blue at the burner face with yellow tips. If the flame is too rich, it will appear billowy and yellow with hazy tips, if too lean, it will appear short and all blue. Burner cleaning and/or readjustment is indicated by flames that are too rich or too lean.

WARNING: If any flame is observed when the burner is on standby, or if the ignition spark or valve operator is heard to come on before the motor reaches operating speed, immediately turn off the manual gas control and main power. A dangerous condition has developed and must be corrected. CONTACT A QUALIFIED SERVICE TECHNICIAN FOR CLEANING, READJUSTMENT OR REPAIR.

LIGHTING INSTRUCTIONS:

See Section II Initial Start Up

1. TURN (DEPRESS) VALVE DIAL TO ON.
2. TURN MAIN POWER ON.
3. SET THERMOSTAT OR OPERATING CONTROL TO CALL FOR HEAT.
4. WAIT 30 SECONDS. IF BURNER HAS FAILED TO LIGHT, OR IF BURNER LIGHTS THEN GOES OUT, TURN BURNER OFF FOR 30 SECONDS AND THEN BACK ON FOR RESTART.

TO SHUT OFF:

1. TURN (DEPRESS) VALVE DIAL TO OFF.
2. TURN MAIN POWER OFF.

WARNING

EXPLOSION HAZARD

If PROPANE gas is used and the burner is located in a basement, crawlspace or confined space, contact your gas supplier about installing a "gas leak" warning device. PROPANE gas is heavier than air and can settle in low areas or confined spaces. This would create a DANGER OF EXPLOSION OR FIRE. If you suspect a gas leak, follow instructions on front cover of this manual.



WARNING

CARBON MONOXIDE POISONING HAZARD

CARBON MONOXIDE IS A COLORLESS, ODORLESS GAS THAT CAN KILL. FOLLOW THESE RULES TO CONTROL CARBON MONOXIDE.

- ▲ Do not use this burner if in an unvented, enclosed area. Carbon monoxide may accumulate.
- ▲ Do not adjust the pressure regulator. High pressures produce carbon monoxide.
- ▲ Check flue gases for carbon monoxide. This check requires specialized equipment.
- ▲ Allow only qualified burner service persons to adjust the burner. Special instruments and training are required.
- ▲ Read the owner's manual before using.



WARNING

ELECTRIC SHOCK HAZARD

HIGH VOLTAGES ARE PRESENT IN THIS EQUIPMENT FOLLOW THESE RULES TO AVOID ELECTRICAL SHOCK.

- ▲ Use only a properly grounded circuit. A ground fault interrupter is recommended
- ▲ Do not spray water directly on burner.
- ▲ Turn off power before servicing.
- ▲ Read the owner's manual before using.



WARNING

OVERHEATING HAZARD

SHOULD OVERHEATING OCCUR:

- Shut off the manual gas control to the appliance
- Do not shut off the control switch to the pump or blower.

ANEXO 5
PRECIO DEL SECADOR ROTATIVO

CUADRO 1: PRECIO EN EL MERCADO DEL SECADOR ROTATIVO DE VAINAS DE MANÍ

ACEROS INOXIDABLES "PERALTA" Cía. Ltda.

AV. P.V. MALDONADO No.10600
P.O. BOX 17-19-97
QUITO - ECUADOR

TELEFOS. : FÁBRICA Y OFICINA
2 679 - 273 / 2 679 - 320
FAX: 2 675 - 025



Quito, 17 de Mayo del 2005.

Señores:

VALLE DE LOS MANDURIACOS

Att: Sr. Freddy Aguirre

Teléfono: 2606120

Presente

De nuestra consideración:

Conforme a lo solicitado por Ud. nos es grato hacerle llegar nuestra cotización para la construcción de un Secador Fabricado en lámina de acero inoxidable tipo 304

Espesor del cilindro 4mm

Espesor de los Baffles Interiores 3mm

ACCESORIOS:

- Moto Reductor de 5HP de 35RPM
- Cadena paso ochenta
- Chumaceras Guías de 3" de diámetro
- Catalina para Moto Reductor
- Ruedas Guías
- UPN para montar los eslabones para la rotación
- Dos Guías para la rotación
- Ocho baffles longitudinales que van soldados en el interior del Cilindro Secador
- Cilindro secador de cinco metros de longitud por 1200mm de diámetro
- Dos tapas soldadas en los extremos del cilindro provistos de Ingreso para aire caliente

PRECIO:

El precio de este secador es de **\$18.500,00**; en el cual no esta incluido el IVA.

Un Intercambiador de Calor Fabricado con tubos de acero inoxidable tipo 304

- Ventilador
- Bomba para aceite térmico
- Acoples y
- Soportes

PRECIO:

El precio de este Intercambiador esta alrededor de los \$11.000,00 en el cual no esta incluido el IVA.

FORMA DE PAGO:

El 70% a la firma del contrato, el saldo y el IVA., a la entrega de la obra.

PLAZO DE ENTREGA:

45 días Laborables

LUGAR DE ENTREGA:

El trabajo se entregará en la Planta de Aceros Inoxidables Peralta Cia. Ltda.

En espera de vuestra grata orden, saludamos a Uds.

Atentamente,

ACEROS INOXIDABLES PERALTA CIA. LTDA.

GERENTE

Luis Vicente Peralta.
GERENTE GENERAL.

ANEXO 6

PLANOS