UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL ENVEJECIMIENTO DE ARROZ CON CAPACIDAD DE 40 KG/DIA

REALIZADO POR:

QUINGATUÑA GALLARDO, JAIME RENÉ y

SIGCHA CUNALATA, KLEBER RENATO

DIRECTOR:

ING. ALMEIDA MOLINA, PABLO MESÍAS

QUITO, FEBRERO DE 2013

DECLARACIÓN

Nosotros, Jaime René Quingatuña Gallardo y Kleber Renato SigchaCunalata, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado de calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Politécnica Salesiana, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Quito, Febrero del 2013

_____	_____
René Quingatuña Gallardo.	Kleber Sigcha Cunalata.

CERTIFICACIÓN

Certifico que bajo nuestra dirección, el presente proyecto de titulación fue realizado en su totalidad por los señores: JAIME RENE QUINGATUÑA GALLARDO Y KLEBER RENATO SIGCHA CUNALATA

_____

Ing. PABO ALMEIDA.

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

- Al Ing. Pablo Almeida, por su dirección en el proyecto, así como también por su apoyo y amistad brindada durante toda muestra carrera.

- A las secretarias de la Facultad de Ingeniería Mecánica quienes demostraron siempre su amistad y colaboración para con nosotros.

René y Kleber

DEDICATORIA

A mis padres Jorge Quingatuña y Gladys Gallardo, que con su esfuerzo, dedicación y confianza contribuyeron para que hoy cumpla con mis metas planteadas.

A mi familia, que con su apoyo hice realidad el sueño de ser un profesional.

René

A mis padres Jose Sigcha y Aida Cunalata, que con su apoyo y esfuerzo depositado en mí, hacen posible el cumplimiento de mis metas para llegar a ser un profesional.

A mis hermanos y familiares, quienes siempre estuvieron a mi lado, brindándome amor aliento y confianza para que no decaiga y salga adelante.

Kleber

INDICE GENERAL

RESUMEN…… XI

PRESENTACIÓN…… XIII

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA…….. XIV

OBJETIVOS…… XV

JUSTIFICASION…… XVI

ALCANCE…….. XVII

CAPITULO 1…… 1
FUNDAMENTOS…… 1
1.1. Estudio agronómico…… 1
1.1.1. Introducción, definición, origen, clases y tipos…….. 1
1.2. El arroz en el ecuador…… 3
1.3. Tipos de arroz en el ecuador…… 7
1.3.1. Producción…… 9
1.3.2 Recolección…… 10
1.4. Sistemas de secado…… 11
1.4.1 Método artificial de secado…… 11
1.4.1.1. Aire natural…… 11
1.4.1.2. Aire caliente…… 13
1.4.1.2.1 Secadores por carga…… 13
1.4.1.2.2 Secadores de movimiento continuó…… 13
1.5. Secuencia de elaboración y tratamiento del arroz…… 15
1.5.1 Envejecimiento…… 15

CAPITULO 2…… 18
ESTUDIO DE CAMPO…….. 18
2.1. Procesos de envejecimiento…… 18
2.1.1. Envejecimiento natural…… 18
2.1.2 Arroz envejecido artificialmente por horno eléctrico…… 19
2.1.3 Arroz envejecido con un intercambiador de calor…… 19
2.2. Variedad…… 20
2.3. Parámetros…… 21
2.4. Características funcionales…….. 21
2.5. Estudio de alternativas…… 22
2.5.1. Alternativa 1: envejecimiento por horno eléctrico…… 23
2.5.2. Alternativa 2: sistema de intercambiador de calor con gas propano. (G.L.P.)…….. 23

2.6 Selección de alternativa…….. 24

CAPITULO 3……... 27
DISEÑO DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO…… 27
3.1. Cálculo del calor requerido para el sistema de calentamiento…….. 28
3.1.1. Ecuación de Henderson modificada…….…….. 29
3.1.2. Cálculo de la energía necesaria para vaporización…… 29
3.1.3. Cálculo de la densidad del aire en el tubo para la transferencia de calor al arroz……..…… 31
3.1.4. Cálculo del área del tubo para la transferencia de calor…… 32
3.1.5. Cálculo del flujo de masa necesaria de aire para la transferencia de calor…..…..... 32
3.1.6. Cálculo de la temperatura de la parte interior del tubo de los anillos de conducción 33
3.1.7. Cálculo de la velocidad de transferencia de calor neta hacia afuera del volumen de control…….…….. 34
3.1.8. Cálculo del tiempo de evaporización de la humedad del arroz…….. 34
3.1.9. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor en el centro del tubo…….……...…… 35
3.1.10. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor…… 38
3.1.11. Cálculo del área total…….…… 39
3.2. Dimensionamiento de la cámara de envejecimiento…… 40
3.2.1. Cálculo del volumen que ocupa el arroz…….…… 40
3.2.2. Cálculo del radio del tubo de los anillos de conducción……..... 41
3.2.3. Cálculo para determinar el área de la cámara de envejecimiento…….. 42
3.2.4. Cálculo de la altura de la cámara de envejecimiento…… 45
3.2.5 Diseño del espesor de la plancha de la cámara de envejecimiento……. 45
3.2.5.1. Cálculo del radio hidráulico…….. 45
3.2.5.2. Cálculo del coeficiente de rozamiento contra la pared…… 46
3.2.5.3. Cálculo del coeficiente de rozamiento interno…… 46
3.2.5.4. Cálculo de la presión en la cámara……. 46
3.2.5.5. Cálculo de la presión lateral en la cámara…….. 47
3.2.5.6. Cálculo de la presión vertical en la cámara…… 47
3.2.5.7 Cálculo del espesor de la plancha…… 48
3.2.6. Cálculo para determinar el número de vueltas…….. 48
3.2.7 Cálculo para determinar la altura del tubo de los anillos de conducción…… 49
3.3. Cálculo del aislante térmico……. 50
3.3.1. Cálculo de la resistencia del acero inoxidable…… 51
3.4. Dimensionamiento de la tolva de alimentación…… 53
3.4.1. Cálculo de la altura del tronco……. 54
3.4.2. Cálculo del are del cono truncado…….. 55
3.4.3. Perímetro del tronco…….. 55
3.4.4. Perímetro del desarrollo…….. 55
3.4.5. Cálculo de la presión que ejerce sobre la tolva…….. 56
3.4.6. Cálculo del espesor de la tolva…… 56

3.5. Cálculo de la estructura…… 57
3.5.1. Cálculo de la capacidad de los pernos…… 58
3.5.2 Cálculo del área del ángulo para la estructura que se requiere…… 60
3.5.3 Factor de seguridad…….. 61
3.6. Cálculo de la compuerta de descarga…….. 62
3.6.1. Cálculo del área de la compuerta de descarga……. 62
3.6.2. Cálculo de la presión que ejerce el arroz sobre la compuerta de descarga…….. 63
3.6.3. Cálculo del espesor de la compuerta de descarga…….. 63
3.6.4. Cálculo de la capacidad perno-pivote……. 64

CAPÍTULO 4……. 66
CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO…… 66
4 Generalidades…… 66
4.1. Construcción de prototipo de envejecedor de arroz…….. 66
4.1.1. Requerimientos para la construcción…….. 66
4.1.1.1. Máquinas y equipos……. 66
4.1.1.2. Herramientas…….. 67
4.1.1.3. Instrumentos de medición y verificación…… 67
4.1.1.4 Resumen de materiales……. 67
4.1.1.5 Listado de elementos a construir……. 67

CAPÍTULO 5……. 69
COSTOS……. 69
5.1. Introducción……. 69
5.2. Análisis de costos directos……. 70
5.2.1. Costos de materiales…….. 70
5.2.2. Costos de materiales complementarios……. 71
5.2.3. Costos de accesorios…… 71
5.3. Costos de maquinado ……..... 72
5.3.1. Costo de montaje……. 72
5.3.2. Costo directo total…….. 73
5.4. Costos administrativos…… 73
5.4.1. Costos de ingeniería……. 73
5.5. Costo total indirecto…… 74
5.6. Costo total de la máquina…….. 74

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES…….. 76
Conclusiones……..... 76
Recomendaciones…….. 77

BIBLIOGRAFÍA…… 78
GLOSARIO DE TERMINOS…… 80

ANEXOS…….. 87
ANEXO I **SEMILLAS TECNIFICAS INIAP**.....
ANEXO II **CURVA DE ENVEJECIMIENTO**……
ANEXO III **TABLAS**…….……
ANEXO IV **PROTOCOLO DE PRUEBAS**……
ANEXO V **TABLAS DE MATERIALES Y PROPIEDADES DE LOS ACEROS INOXIDABLES DIN 17440**……..……
ANEXO VI **MANGUERAS, VÁLVULAS Y VENTILADORES CENTRÍFUGOS**…
ANEXO VII **MANUAL DE OPERACIÓN**……...…….……
ANEXO VII **PLANOS**……

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Superficie sembrada y producción de arroz……	9
Tabla 2.1.	Tipos de variedades de arroz en el Ecuador……..	20
Tabla 2.2.	Tipos de variedades que se cultivan en el Ecuador……..	20
Tabla 2.3.	Especificaciones técnicas del envejecedor por horno eléctrico……	22
Tabla 2.4.	Comparación de costos de alternativas……..	24
Tabla 2.5.	Costos de mantenimiento del horno eléctrico……..	25
Tabla 2.6.	Costos de mantenimiento del intercambiador de calor con gas (G.L.P).	25
Tabla 2.7.	Comparación de Alternativas por medio de Calificación y factor de ponderación……..	26
Tabla 3.1.	Parámetros de la ecuación de Henderson modificada, respecto de diversos productos……	29
Tabla 3.2.	Propiedades del aire a 1 atm……..	29
Tabla 3.3.	Propiedades del aire a 1 atm……..	31
Tabla 3.4.	Dimensiones de tubos comerciales……	32
Tabla A-15	Propiedades físicas del aire a 160°C…….	36
Tabla 7-1	Numero de Nussel……	37
Tabla 1-2	Coeficiente global de transferencia de calor…….	38
Tabla 3.5.	Equivalencia entre capacidad y peso…….	40
Tabla 3.6.	Ángulo de inclinación para el deslizamiento del arroz…….	44
Tabla 3.7.	Esfuerzo de ruptura por corte de los pernos……..	59
Tabla 3.8.	Esfuerzo admisible……..	61
Tabla 3.9.	Propiedades de los ángulos para diseñar…….	62
Tabla 3.10.	Tracción nominal de los pernos……	65
Tabla 5.1.	Costos de materiales directos…….	70
Tabla 5.2.	Costos de Materiales Complementarios……	71
Tabla 5.3.	Costos de Accesorios……	71
Tabla 5.4.	Costos de Maquinado…….	72
Tabla 5.5.	Costo Directo Total…….	73
Tabla 5.6.	Costos de ingeniería……..	74
Tabla 5.7.	Costo indirecto Total……	74
Tabla 5.8.	Costo de la máquina…….	75
Tabla A-I	Lista de precios departamento de semillas…….	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Planta de arroz (Guayas, El Boliche)……..	1
Figura 1.2	Distribución de zonas arroceras…….	3
Figura 1.3	Plantación de arroz en verano (Guayas, Boliche)…….	4
Figura 1.4	Plantación de arroz en mesetas (Los Ríos, Montalvo)……..	5
Figura 1.5	Plantación de arroz en zonas inundadas (Guayas, Jujan)…….	5
Figura 1.6	Plantación de arroz en pozas (Guayas, Daule)……	6
Figura 1.7	Grano de arroz largo……	7
Figura 1.8	Medida del grano de arroz largo…….	8
Figura 1.9	Medida del grano de arroz corto…….	8
Figura 1.10	Arroz listo para la cosecha (Los Ríos, Babahoyo)……	10
Figura 1.11	Depósito con dispositivo para secado de granos con aire a temperatura ambiental……..	12
Figura 1.12	Secado por carga……	13
Figura 1.13	Secador continúo de aire tipo cascada……	14
Figura 1.14	Grano de arroz…….	16
Figura 3.1	Esquema del sistema de calentamiento…….	27
Figura 3.2	Esquema de tiempo- temperatura de envejecimiento del arroz…….	31
Figura 3.3	Anillos de conducción……..	33
Figura 3.4	Distribución de temperaturas para el cálculo de la constante de convección	35
Figura 3.5	Esquema de los anillos de conducción…….	42
Figura 3.6	Cámara de envejecimiento……	43
Figura 3.7	Distribución de la presión en la cámara de envejecimiento…….	45
Figura 3.8	Esquema para el cálculo de lana de vidrio…….	51
Figura 3.9	Tolva…….	54
Figura 3.10	Estructura…….	57
Figura 3.11	Esquema de los pernos de sujeción…….	58
Figura A-I	Semillas certificadas……	87

RESUMEN

El presente proyecto de titulación abarca el diseño y construcción de un prototipo de envejecedor de arroz.

El arroz recién cosechado, dado su elevado porcentaje de humedad, no posee las cualidades adecuadas para la alimentación y por ello se lo conoce como “arroz nuevo” y su precio es bajo. Este arroz debe ser secado bajo ciertas condiciones que al mismo tiempo que reduce su humedad, transforma sus cadenas moleculares que mejoran notablemente su gusto al ingerirse.

La diferencia sustancial del costo de venta de un arroz nuevo y un arroz viejo hace que en la actualidad, el pequeño y mediano agricultor arrocero recurra a grandes plantas envejecedoras de arroz, para mejorar la calidad de su producto y obtener un precio mayor en su venta, siendo que las industrias se llevan la mayor ganancia.

Con la construcción del prototipo envejecedor de arroz se beneficia al pequeño y mediano agricultor,su capacidad carga es mediana y el tiempo de envejecimiento del arroz se compara con las grandes industrias.

El presente trabajo se halla organizado de la siguiente manera:

En el Capítulo uno se resume los términos y conceptos utilizados en la agricultura, así como variedades, tipos de arroz y zonas arroceras existentes en el Ecuador.

En el Capítulo dos se realiza un estudio de campo, así como los parámetros que se han considerado para el presente diseño, las alternativas, sus análisis y la selección de las mismas.

En el Capítulo tres se desarrolla el diseño de los elementos mecánicos a ser construidos y la selección de los respectivos materiales.

El Capítulo cuartose detalla los procesos de construcción del prototipo, montaje y pruebas de campo.

En el quinto Capítulotratasobre los costos directos, indirectos y de ingeniería del diseño del prototipo de envejecedor de arroz.

PRESENTACIÓN

En el Ecuador, uno de los problemas para el sector arrocero es la falta de desarrollo tecnológico hacia su parte productiva, además de la falta de compromiso social y gubernamental. Debido a esto se plantea el diseño y construcción de una máquina para el envejecimiento del arroz.

La falta de compromiso hace imperioso que las universidades del Ecuador tomen la pauta para solucionar estos problemas, mediante el desarrollo técnico de maquinaria agrícola.

El presente proyecto permite aumentar la calidad del arroz, mediante un cambio de temperatura controlada que ayuda a disminuir el tiempo de envejecimiento. Esto se logra al diseñar y construir un prototipo envejecedor de arroz de fácil manejo y funcionamiento.

En la primera parte del proyecto se desarrolla un estudio agronómico básico del arroz, así como también de un estudio de los sistemas mecánicos que permiten que el prototipo envejecedor de arroz tenga un correcto y fácil funcionamiento, para ello se realiza un análisis de los posibles mecanismos que conforman el prototipo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Se habla del arroz, como un alimento que ha acompañado al hombre desde hace miles de años y que además hace parte de su dieta cotidiana. No solo por ser un cereal abundante sino también por su valor nutricional, su alto aporte calórico y sobre todo por su economía.

Actualmente las pequeñas microempresas ubicadas en la Región Costa del Ecuador, tienen varios inconvenientes debido a que el pequeño agricultor arrocero es explotado por las grandes industrias, quienes pagan un precio muy bajo por el saco de arroz, perdiendo el interés en la producción, porque el arroz recién cosechado no es de buena calidad, dado a su elevado porcentaje de humedad y no posee buenas cualidades para la alimentación, por ello se lo conoce como "arroz nuevo", y los consumidores finales prefieren un arroz de gran calidad (envejecido) "arroz viejo"; Con la construcción del prototipo de envejecedor de arroz, para pequeña capacidad y en el menor tiempo, se pretende resolver el problema del pequeño y mediano agricultor arrocero.

La falta de compromiso hace imperioso que las universidades del Ecuador tomen la pauta para solucionar estos inconvenientes, mediante el desarrollo técnico de maquinaria agrícola que ayude a los pequeños y medianos agricultores a lograr obtener una producción continua y de buena calidad.

Objetivo general

Diseño y construcción de un prototipo para el envejecimiento de arroz con capacidad 40 kg/día, mediante un cambio de temperatura controlada que permite disminuir el tiempo de envejecimiento eficaz y respetando las condiciones de calidad.

Objetivos Específicos

- Realizar el estudio e investigación del producto en la relación del procedimiento adecuado de operación en el secado, a través de un proceso más limpio, rápido y eficiente, que se obtiene mediante la tecnología de vacío; lográndose de esta forma un beneficio directo para el productor, mejorando las características del producto y permitir mejorar la competitividad en el mercado.

- Realizar los cálculos y el diseño de las diferentes partes de la máquina y la selección de los distintos elementos para la construcción de la misma, estableciendo procedimientos para el mantenimiento periódico y aumentar su vida útil.

- Construcción de un prototipo para el envejecimiento de arroz con capacidad 40 kg/día que permita aumentar la calidad del arroz, mediante un cambio de temperatura controlada que ayuda a disminuir el tiempo de envejecimiento, aumentando así la demanda de producción y por consecuente el aumento de ganancias de pequeños agricultores

- Realizar el análisis económico del presupuesto financiero del prototipo que se va a construir con respecto al equipo terminado.

Justificación

Al momento en las pequeñas microempresas agricultoras es una necesidad básica la implementación de una máquina para el envejecimiento de arroz, ya que es fundamental en el desarrollo de la producción.

Debido a esto se busca diseñar un sistema de envejecimiento de arroz de modo que genere una “OPTIMIZACION DE RECURSOS” mediante un sistema de productividad para evitar el excesivo uso de tiempos en el envejecimiento del arroz. La construcción de la máquina de envejecimiento de arroz se lo realiza por la falta de maquinaria y la utilización excesivo tiempo de producción.

Es por este motivo que se ha elaborado una alternativa para que los pequeños agricultores puedan comercializar directamente su producto, con una buena calidad y precio justo.

El costo que representa el diseño y la construcción del prototipo en lo referente a materiales y mano de obra locales, es aceptable, en relación al elevado costo de maquinarias de envejecimiento de arroz por horno eléctrico, en la actualidad existen varias empresas con capacidad técnica y administrativa que tienen este tipo de maquinaria, dedicados a la producción de arroz envejecido.

Alcance

Este proyecto muestra un estudio previo del tema en el cual se incluiye la elaboración de planos y finalizando con la construcción del envejecedor de arroz, tomando en cuenta para la construcción de esta máquina, una serie de opciones para así decidir por una que cumpla con todas las necesidades para mejorar la eficiencia y utilidad.

De esta manera para el envejecimiento del arroz se va a diseñar y construir el prototipo de un envejecedor de arroz que nos proporcione una producción de 40 Kg / día, mejorando el sistema de trabajo ya que la obtención del producto final será periódico y de buena calidad.

Entre los parámetros a tomar en consideración en la construcción del prototipo, está el diseño de un intercambiador de calor (evaporador), que permitirá analizar factores relacionados con la termodinámica y la transferencia de calor tales como el análisis de cada una de las respectivas ecuaciones para realizar el cálculo y el diseño.

Además dentro del diseño se realizará el análisis, para la selección de la fuente de energía más adecuada logrando un buen funcionamiento del prototipo, determinando las posibles opciones hasta llegar a conseguir la fuente de energía adecuada, respetando tanto las normas de seguridad e higiene y las normas ambientales existentes.

En el diseño y construcción también se incluyen la realización de una serie de planos y manuales tanto de mantenimiento como de operación para que así el prototipo se encuentre en perfecto estado y trabaje a su máxima capacidad.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A PROTOTYPE FOR

AGING CAPACITY 40 Kg/ day RICE

The present titillation project embraces the design and construction of a prototype of aging rice.

The recently harvested, given rice its high percentage of humidity, doesn't possess the appropriate qualities for the feeding and for it he/she knows it to him as "new rice" and its price is low. This rice should be dried under certain conditions that at the same time that it reduces its humidity, their molecular chains that improve its pleasure notably when being ingested transforms.

The substantial difference of the cost of sale of new rice and an old rice makes that at the present time, the small and medium rice farmer appeals to big you aging rice machine, to improve the quality of his product and to obtain a bigger price in his sale, being that the industries are taken the biggest gain.

With the construction of the prototype aging rice he benefits to the small and medium farmer, their capacity it loads it is medium and the time of aging of the rice is compared with the big industries.

The present work is organized in the following way:

In the Chapter one the terms and concepts used in the agriculture is summarized, as well as varieties, types of rice and existent rice areas in the Ecuador.

In the Chapter two are carried out a field study, as well as the parameters that have been considered for the present design, the alternatives, their analyses and the selection of the same ones.

In the Chapter three the design is developed from the mechanical elements to be built and the selection of the respective materials.

The quarter Chapter is detailed the processes of construction of the prototype, assembly and field tests.

In the fifth Chapter it tries on the direct, indirect costs and of engineering of the design of the prototype of aging rice.

.

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO PARA EL ENVEJECIMIENTO DE ARROZ CON CAPACIDAD 40 Kg/día

El presente proyecto de titulación abarca el diseño y construcción de un prototipo de envejecedor de arroz.

El arroz recién cosechado, dado su elevado porcentaje de humedad, no posee las cualidades adecuadas para la alimentación y por ello se lo conoce como "arroz nuevo" y su precio es bajo. Este arroz debe ser secado bajo ciertas condiciones que al mismo tiempo que reduce su humedad, transforma sus cadenas moleculares que mejoran notablemente su gusto al ingerirse.

La diferencia sustancial del costo de venta de un arroz nuevo y un arroz viejo hace que en la actualidad, el pequeño y mediano agricultor arrocero recurra a grandes plantas envejecedoras de arroz, para mejorar la calidad de su producto y obtener un precio mayor en su venta, siendo que las industrias se llevan la mayor ganancia.

Con la construcción del prototipo envejecedor de arroz se beneficia al pequeño y mediano agricultor, su capacidad carga es mediana y el tiempo de envejecimiento del arroz se compara con las grandes industrias.

El presente trabajo se halla organizado de la siguiente manera:

En el Capítulo uno se resume los términos y conceptos utilizados en la agricultura, así como variedades, tipos de arroz y zonas arroceras existentes en el Ecuador.

En el Capítulo dos se realiza un estudio de campo, así como los parámetros que se han considerado para el presente diseño, las alternativas, sus análisis y la selección de las mismas.

En el Capítulo tres se desarrolla el diseño de los elementos mecánicos a ser construidos y la selección de los respectivos materiales.

El Capítulo cuarto se detalla los procesos de construcción del prototipo, montaje y pruebas de campo.

En el quinto Capítulo trata sobre los costos directos, indirectos y de ingeniería del diseño del prototipo de envejecedor de arroz.

CAPITULO 1.

FUNDAMENTOS

1.1. ESTUDIO AGRONÓMICO

1.1.1. INTRODUCCIÓN, DEFINICIÓN, ORIGEN, CLASES Y TIPOS.

Introducción: Se habla del arroz, como un alimento que ha acompañado al hombre desde hace miles de años y que además es parte de su dieta cotidiana. No solo por ser un cereal abundante sino también por su valor nutricional, su alto aporte calórico y sobre todo por su economía.

Definición de Arroz: El arroz es el fruto en grano de la planta (Oryza sativa) (Figura 1.1), herbácea de la familia de las gramíneas. Se cultiva ampliamente en los cinco continentes, en regiones pantanosas de clima templado o cálido y húmedo. El origen del nombre tal y como se lo conoce actualmente proviene de la palabra árabe "ar-rozz".

Figura 1.1 Planta de arroz (Guayas, El Boliche)

Origen: El cultivo del arroz comenzó hace 10.000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. El desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas.

Existen varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo.

Su introducción en América Latina la hacen los portugueses en el Brasil en el año de 1685.

El cultivo de arroz en términos de explotación es una actividad agrícola muy importante y conocida a nivel mundial; sin embargo, por ser un cultivo semiacuático tiene una particularidad en los sistemas de manejo que depende básicamente de la estación climática, disponibilidad de infraestructura de riego, tipo y clase de suelo niveles de explotación y grados de tecnificación.

Tipos de Arroz: Existen tres grandes categorías: Grano largo, grano medio y grano cortó. De acuerdo al proceso industrial al que son sometidos, surgen al mercado y según su grado de elaboración surgen al mercado las siguientes variedades: Integral, Blanco, Parboiled, entre otros, Las variedades más usadas son:

- ✓ **Arborio.-** Grano italiano de elevada calidad. El arroz cocinado mantiene su contextura firme y cremosa.

- ✓ **Integral.-** Con su cáscara, de color oscuro, rico en fibras y vitaminas, requiere un cocimiento a fuego lento y por un tiempo prolongado.

- ✓ **Japonés.-** De gran capacidad aglutinante es muy usado en la preparación de sus platos típicos.

- ✓ **Parbolizado o vaporizado.-** También conocido como precocido y de color ligeramente amarillento. Es sometido a un tratamiento previo que lo hace más nutritivo y fácil de preparar (no se pasa).

- ✓ **Indica Tropical.-** Gramínea acuática que crece a orillas de los grandes lagos o en zonas inundadas de color oscuro. Tras su cocción se mantiene entero y suelto.

1.2. EL ARROZ EN EL ECUADOR

En el Ecuador el cultivo del arroz se realiza tanto en el invierno o período lluvioso (denominado de secano) como en el verano (período seco) dependiendo exclusivamente del agua de riego.

El área cultivada de arroz en el Ecuador es de 324.875 hectáreas, el 53,6% en la provincia del Guayas, el 38% en la provincia de Los Ríos, el 3.6% de la superficie se cultiva en los valles cálidos de la Sierra y Amazonía, el 8,4% en otras provincias de la Costa. La producción de arroz está concentrada en un 96.4% en las provincias de Guayas y Los Ríos.

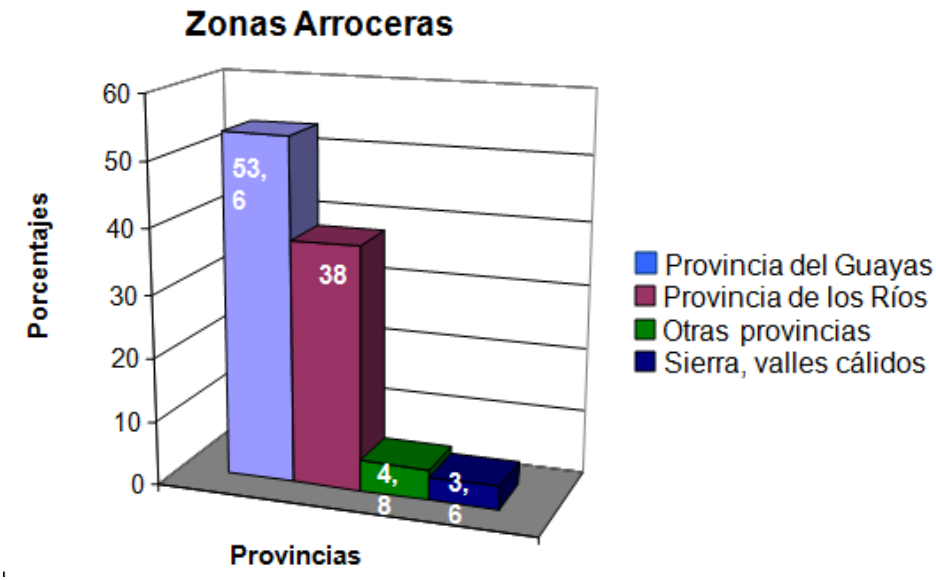


Figura 1.2 Distribución de zonas arroceras.

Fuente: Los autores

El 63% de la producción anual se recoge entre los meses de abril y junio, correspondiente a la siembra de invierno, mientras que la producción restante sale a partir de septiembre hasta fines de año (siembra de verano).

Los agricultores cultivan esta planta tomando en cuenta las siguientes condiciones:

- ✓ **Secano sin lámina de agua;** se cultiva en Los Ríos el 80 %, dependiendo del éxito o fracaso de la cantidad y la distribución de las lluvias de enero a abril de cada año, los campos arroceros se encuentran como indica la figura 1.3

Figura 1.3 Plantación de arroz en verano (Guayas, Boliche)

Fuente: INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador)

- ✓ **El cultivo de arroz de secano estricto (de montaña o de meseta).-** La tierra se prepara y se siembra en seco como se indica en la figura 1.4. Las cosechas sufren a menudo de la falta de humedad y de tierras generalmente poco fértiles, por lo que, dependen de los sistemas riego. Como consecuencia los rendimientos son a menudo bajos.

Figura 1.4 Plantación de arroz en mesetas (Los Ríos, Montalvo)

Fuente: INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador)

- ✓ **El cultivo del arroz inundado en aguas profundas.-** La profundidad del agua se sitúa aproximadamente hasta 1,5 metros. El agua proviene de los ríos, lagos y de mareas en las desembocaduras (Figura 1.5). El arroz se siembra al voleo en un terreno no muy trabajado en los campos rara vez rodeados por pequeños diques, en las regiones donde el nivel del agua sube rápidamente.

Figura 1.5 Plantación de arroz en zonas inundadas (Guayas, Jujan).

Fuente: INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador)

- ✓ **Cultivo de arroz en pozas veraneras-.** La principal zona arrocera está bajo la cota de 10m sobre el nivel del mar con suelos arcillosos, profundos y fértiles, donde se realizan cultivos tecnificados y semitecnificados con riego intermitentes. Las cosechas en el año tienen rendimientos de 5 a 7.5 TM/ha.

En este tipo de cultivo el terreno se llena de agua fresca durante los meses de lluvia (enero-abril). En las provincias del Guayas y Los Ríos se siembran alrededor de 40.000 has.

La producción en pozas veraneras es efectuada por pequeños agricultores utilizando una tecnología natural, lo que significa la adaptación del campesino arrocero a las condiciones naturales del terreno. Realizando la siembra de semilleros y trasplante en franjas conforme descienden los niveles de agua (Figura 1.6.)

En este grupo es mínimo el uso de insumos y agroquímicos (semilla certificada y equipos agrícolas) y bajo estas condiciones se obtienen rendimientos de alrededor de 2.7 TM/ha.

Figura 1.6 Plantación de arroz en pozas (Guayas, Daule)

Fuente: INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador)

Con todas estas ventajas y desventajas, el pequeño arrocero tiene que luchar cada año para realizar sus siembras ya que la mayoría de estos cultivos depende de los factores climáticos y de cómo la naturaleza se comporte, para que la cosecha sea exitosa.

1.3. TIPOS DE ARROZ EN EL ECUADOR

Los tipos de arroz cultivados en el Ecuador son:

- ✓ **Blanco de grano largo:** Es el tipo de arroz que se produce en el Ecuador (Figura 1.7) y es reconocido en el mercado internacional por su altísima calidad.

Figura 1.7 Grano de arroz largo

- ✓ Es un grano largo, delgado y de al menos 3 veces más largo que ancho. Supera los 6 milímetros de longitud (Figura 1.8.) la cáscara y el germen se eliminan durante el pilado. Después del cocinado los granos tienden a permanecer separados debido a su grado de envejecimiento.

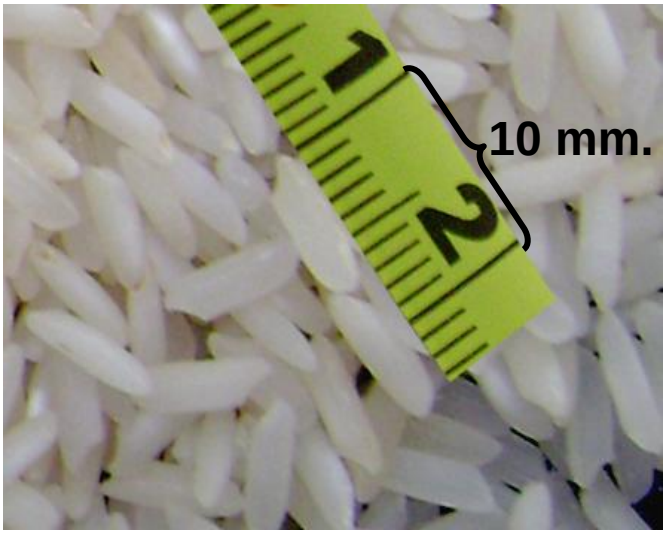


Figura 1.8 Medida del grano de arroz largo

- ✓ **Blanco de grano medio:** Es la variedad más consumida en el país por ser un grano completo de arroz que tiene entre 5,0 y 5,9 mm de longitud (Figura 1.9), tiene una textura suave y tierna al ser cocido. Es de forma ligeramente redondeado y tiende a empastarse cuando se someten a una cocción demasiado prolongada.

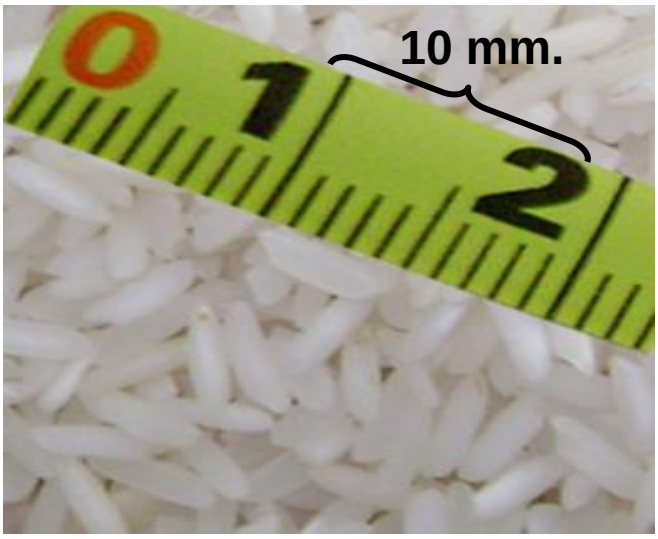


Figura 1.9 Medida del grano de arroz corto

El más característico es el arroz bomba. Una vez sobrepasado el tiempo de cocción no se rompe como el resto, sino que se abomba y se arruga un poco. Esta peculiaridad le permite guardar el almidón con lo que siempre sale suelto.

1.3.1. PRODUCCIÓN

La Producción en el Ecuador está representada en el tabla 1.1. Y hace referencia a la producción desde el año 1998 al 2006

Tabla 1.1. Superficie sembrada y producción de arroz

ECUADOR: SUPERFICIE SEMBRADA Y PRODUCCIÓN DE ARROZ CÁSCARA 1998 - 2006			
Año	Superficie (Has.)	Producción Tm	Rend. (Tm/Ha)
1998	291.356	1'048.881	3,6
1999	324.476	1'168.113	3.60
2000	305.978	1'162.716	3,8
2001	310.288	1'179.094	3,8
2002	311.865	1'185.087	3,8
2003	316.948	1'204.402	3,8
2004	314.423	1'194.807	3,8
2005	358.094	1'360.757	3,8
2006	324.875	1'104.575	3,4

Fuente: INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador)

1.3.2. RECOLECCIÓN

- ✓ **Recolección:** El momento óptimo de recolección es cuando la panícula alcanza su madurez fisiológica (cuando el 95% de los granos tengan el color paja y el resto estén amarillentos como se ve en la figura 1.10) y la humedad del grano del 20 al 27%. Se recomienda la recolección mecanizada empleando una cosechadora provista de orugas.

Figura 1.10 Arroz listo para la Cosecha (Los Ríos, Babahoyo)

Fuente: INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador)

Cabe recalcar que cada una de las diferentes variedades de arroz tiene su diferente tipo de maduración, es decir cada una tiene un diferente tratamiento de recolección.

Cuando la humedad del arroz en cáscara es mayor del 30%, la recolección tiene que realizarse con las debidas precauciones, para evitar que el arroz se quiebre.

En el precio del arroz tiene especial interés el porcentaje de granos enteros sobre el total de los granos pilados. Después del trillado el arroz presenta una humedad del 25 al 30%, por lo que debe secarse hasta alcanzar un grado de humedad inferior al 14%.

1.4. SISTEMAS DE SECADO

Los secadores de granos se pueden clasificar acuerdo con diversos criterios, tales como el flujo del producto en el secador y la temperatura de secado. La elección de uno de estos criterios depende del enfoque que se quiera dar al asunto. En el caso presente, los secadores se clasifican según el flujo del producto, como sigue:

1.4.1. Método artificial de secado

Por este método el grano es colocado en secaderos y sometidos a una corriente forzada y controlada de aire.

1.4.1.1. Aire Natural

En algunos casos, la extracción de la humedad del grano es efectuada mediante la circulación forzada de aire a temperatura natural con la intervención de ventiladores.
Las construcciones y el equipo más sencillo para este tipo de secado consisten en un depósito que puede ser un galpón, silo, etc., un ventilador (eléctrico o combustible) y un sistema de conductos, para distribuir el aire. Ver figura 1.11

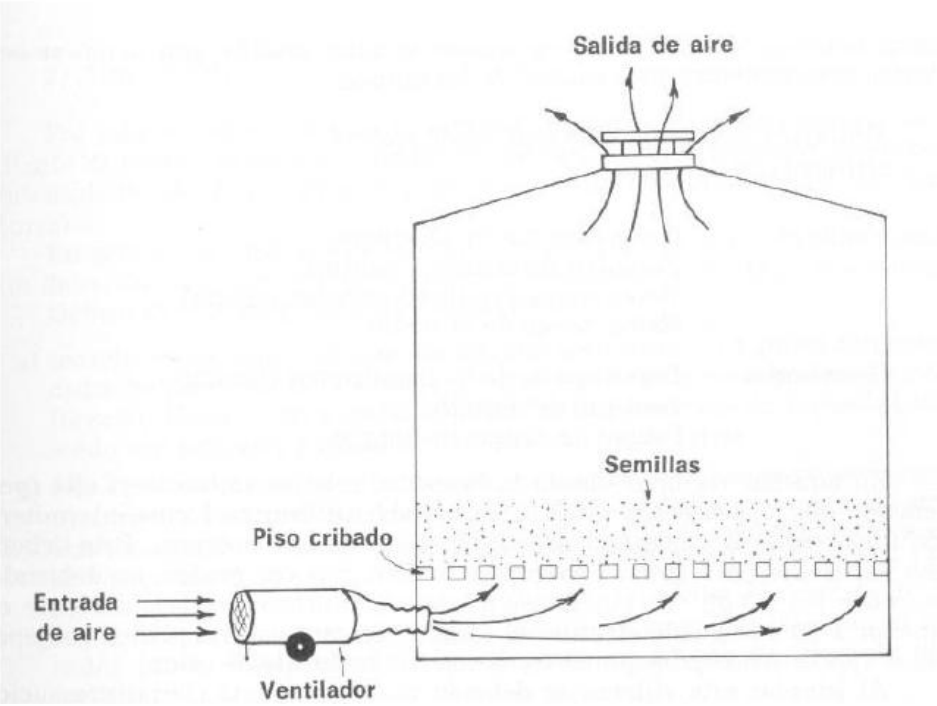


Figura 1.11 Depósito con dispositivo para secado de granos con aire a temperatura ambiental

El depósito debe soportar la presión de los granos almacenados y sin aberturas que permitan la penetración de humedad.

Se debe tener muy en cuenta que el tiempo de secado tiene un límite por sobre el cual existen peligro de desarrollo de microorganismos indeseables.

Desventajas:

- ✓ Dependencia de las condiciones climáticas.
- ✓ Lentitud del secado
- ✓ Peligro de ataque de hongos

En aquellas regiones donde la humedad relativa ambiente es alta (por encima de 70%) algunas veces es aconsejable utilizar en forma intermitente un sistema de calentamiento del aire sin mucha potencia. Esta deberá ser suficiente para elevar la temperatura unos pocos grados, no debiendo exceder los 30-32 °C. Por consiguiente cuando la humedad ambiente

es menor al 70% se puede efectuar el secado con aire natural pero, si se sobrepasa el 75% es aconsejable poner en marcha dicha fuente de calor.

1.4.1.2. Aire caliente

Por este método el grano es expuesto a corrientes de aire caliente mediante distintos sistemas que permiten regular en forma eficiente diferentes intensidades de flujo del aire y de temperaturas (ventiladores y calefactores). Dentro de este método se puede disponer de:

1.4.1.2.1. Secadores por carga.

Los granos son colocados en un depósito o cámara y expuestos a la acción del aire caliente forzado. Cuando los granos alcanzaron el porcentaje de humedad deseado son retirados y reemplazados por una nueva tanda. Ver figura 1.12

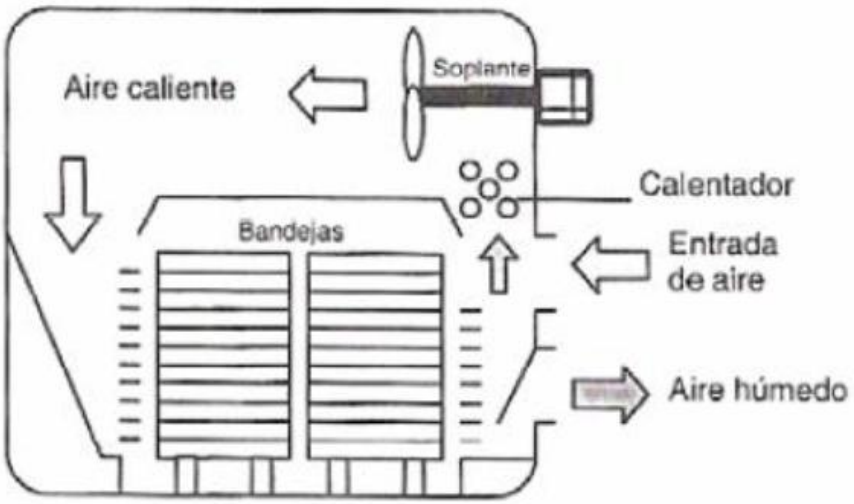


Figura 1.12 Secado por carga

1.4.1.2.2. Secadores de movimiento continuo.

Los granos se mueven continuamente en dirección vertical, horizontal o inclinada, pero en sentido contrario al del aire caliente. Es decir que las semillas más secas se

enfrentan al aire más caliente y más seco, mientras que los granos más húmedos se enfrentan al aire más tibio y más cargado de humedad. Ver figura 1.13

Cuando se seca el grano con aire caliente se debe tener en cuenta que su sistema de enzimas es muy sensible a las altas temperaturas cuando esta posee porcentajes altos de humedad. A medida que el grano pierde agua, las enzimas se presentan cada vez más estables y en consecuencia menos expuestas a ser dañadas por el calor.

Desventajas:

- ✓ Costo inicial elevado
- ✓ Supervisión controlada.
- ✓ Mayor riesgo de incendio
- ✓ Mayor posibilidad de secado excesivo

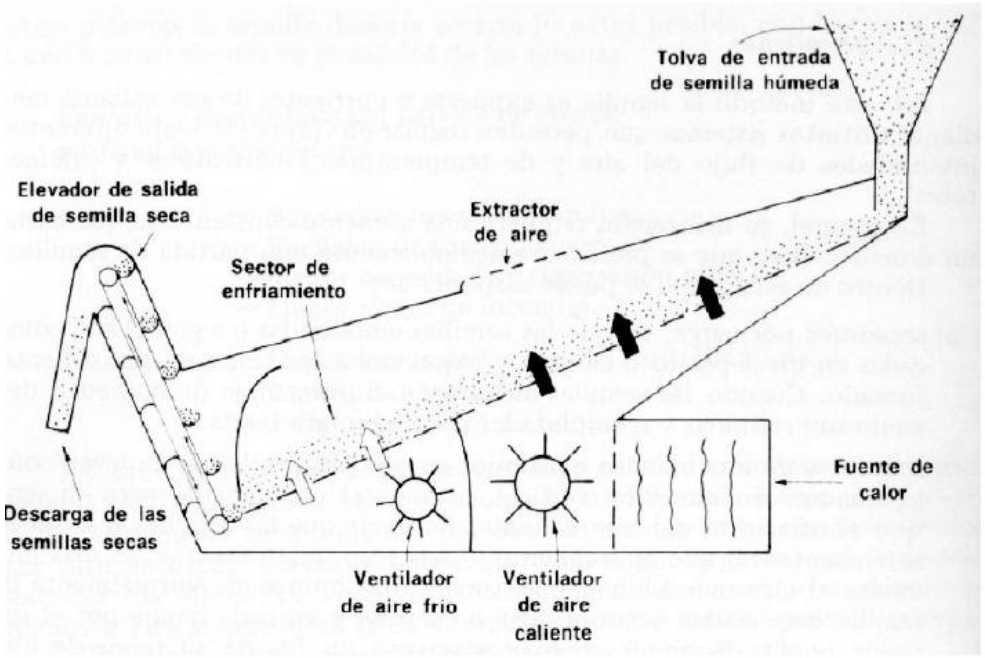


Figura 1.13 Secador continúo de aire tipo cascada**.**

1.5. SECUENCIA DE ELABORACIÓN Y TRATAMIENTO DEL ARROZ.

La elaboración del arroz es una de las variables más importantes que influyen en la calidad. Su finalidad consiste en quitar la cáscara más externa y el germen, con el mínimo de roturas, dejando el grano, en la mayor medida posible, con su forma original. El grado o intensidad de elaboración debe ser la adecuada para obtener un producto de buen aspecto.

Con una elaboración profunda se obtiene un arroz blanco, brillante y poco harinoso, frecuentemente preferido por el consumidor. Sin embargo, al eliminar casi completamente las capas celulares que envuelven el endocarpio, reduce las características cualitativas del arroz en la cocción que son mejores cuando la elaboración es menos intensa, hay que tener en cuenta también la pérdida de valor nutritivo que se origina después de la eliminación de las capas externas, que son las que contienen abundantemente los mejores elementos, desde el punto de vista del valor alimenticio.

Uno de los paso finales para obtener un arroz de calidad es el envejecimiento el cual ayuda a un mejor rendimiento del mismo.

1.5.1. ENVEJECIMIENTO

Durante el reposo del almacenamiento se verifica una lentísima respiración del producto, mediante la cual se consume una pequeña cantidad de azúcares con producción de anhídrido carbónico y agua. Las enzimas alfa y beta amilasa actúan sobre el almidón del grano y lo transforman parcialmente en dextrina y maltosa.

El envejecimiento disminuye la solubilidad, en el agua, del almidón y las proteínas; el tiempo necesario para la cocción aumenta, paralelamente con el incremento de volumen, la absorción de agua y la resistencia a la disgregación. Se producen variaciones hidrolíticas y oxidativas de los lípidos del arroz en relación con los cambios de las proteínas y del almidón.

Las capas externas del pericarpio se oscurecen ligeramente; el rendimiento de la elaboración aumenta al disminuir el porcentaje de roturas. Disminuye la susceptibilidad de los diversos compuestos del grano a la actividad enzimática.

Como Producto final se obtiene un arroz de alto rendimiento, buena cocción siendo este el preferido por los consumidores. Cabe recalcar que este producto terminado tiene un valor mayor que el tradicional o envejecido natural.

Como se puede apreciar en la figura 1.14, el grano de arroz presenta diferentes capas de protección como lo son la cascarilla o cáscara la cual mantiene al grano en una condición de impermeabilidad y termo estabilidad, además de poco contacto con el que pueda provocar la degradación de los componentes internos.

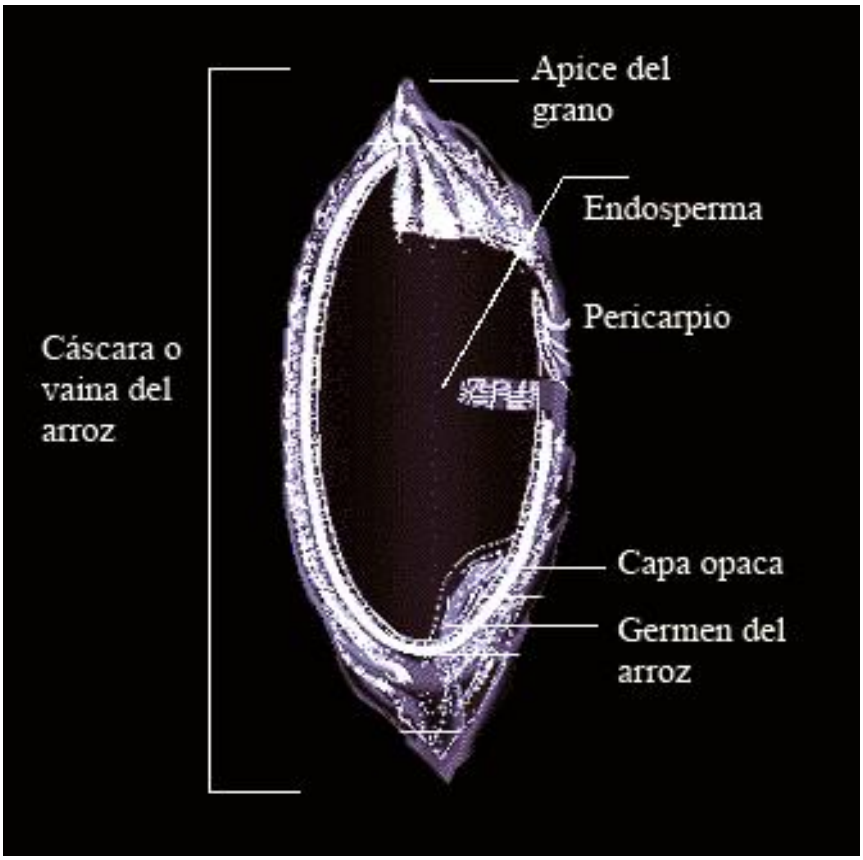


Figura 1.14 Grano de Arroz

Fuente: MARQUES PEREIRA, José y MARCAL DE QUEIROZ, Daniel. Principios de secado de granos psicrometría higroscopía. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe

Seguido de esta cascarilla se encuentran varias capas entre las cuales se puede ver el pericarpio, una cubierta de semilla. Dichas capas y la parte del embrión o germen, constituyen lo que se conoce como salvado de arroz.

Examinando con detalle la figura 1.14, el 72% del grano está representado por el endospermo, el 20% es cascarilla y el restante 8% es el pericarpio o salvado de arroz.

CAPITULO 2

ESTUDIO DE CAMPO.

Para realizar el presente diseño del prototipo es necesario primero establecer un estudio en el proceso de envejecimiento, variedad de arroz, y así definir los parámetros de diseño.

2.1. PROCESOS DE ENVEJECIMIENTO

2.1.1. ENVEJECIMIENTO NATURAL

Según las entrevistas realizadas a pequeños productores de arroz en la Provincia de Los Ríos, Cantón Ventanas, Recinto Santo Domingo de los Amarillos, comentan que el arroz recién cosechado y luego de ser pilado, es depositado en silos, allí la cosecha se conserva durante un año.

Dependiendo de las condiciones climáticas de la zona, este período de envejecimiento puede variar.

Según otra de las entrevistas, la mayoría de los agricultores venden su producto a grandes empresas arroceras a precios bajos, los pequeños agricultores tienen la oportunidad de un servicio de envejecimiento que brindan estas empresas, pero a un costo adicional en el transporte.

Un pequeño agricultor obtiene entre 40 y 60 sacos por hectáreas (entiéndase que una saco es aproximadamente 95 Kg. (200 libras)).

2.1.2. ARROZ ENVEJECIDO ARTIFICIALMENTE POR HORNO ELECTRICO.

El arroz envejecido artificialmente tiene similares características que el arroz envejecido natural o guardado; ya que mediante su proceso de producción que consiste en disminuir la humedad o secar los granos de arroces frescos.

Con el proceso de envejecimiento artificial de arroz que consiste en someter al arroz a calor mediante hornos, se logra deshidratar el grano.

El proceso artificial se lo realiza en arroz pilado fresco, logrando disminuir su porcentaje de humedad a menos de un trece por ciento, utilizando hornos de calor, y luego enfriándolo mediante el reposo de la gramínea.

Como el proceso se lo realiza sobre arroz pilado, la calidad final del producto (granos partidos e impurezas) dependerá del tipo y calidad de arroz que se utilice en el proceso, ya que el único cambio que sufre el arroz se refleja en la humedad del grano y en su color crema ó amarillo que toma, pero estas características se presentan en los dos tipos de arroces envejecidos.

2.1.3. ARROZ ENVEJECIDO CON UN INTERCAMBIADOR DE CALOR.

Mediante ambos procesos de envejecimiento artificial se logra transformar la amilasa que es el almidón que tiene el grano del arroz y que determina la gelatinización del arroz cocinado, en amilo pectina que son los carbohidratos pero modificados de tal manera que permita absorber mayor cantidad de agua y por ende mayor rendimiento de arroz cocido.

El envejecimiento de arroz por intercambiador de calor tiene una fuente de energía, que consiste en generar calor a través de una llama producida por gas, la cual calienta el aire que es impulsado por medio de un venterol a una cámara de calentamiento.

Para obtener un correcto envejecimiento se debe tener un control exacto de la temperatura, tanto para el calentamiento como para su enfriamiento.

2.2. VARIEDAD

Para poder determinar la variedad de arroz en el Ecuador, se realizó un estudio de campo en las zonas arroceras tales como: Guayas, Los Ríos, El Oro, ciertas zonas de Pastaza y Napo, siendo éstas las provincias de mayor producción de arroz. Ver tabla 2.1

Tabla 2.1 Tipos de variedades de arroz en el Ecuador

Variedad	**Calidad**
Conejo	Grano Largo
INIAP 12	Grano Largo
Arroz 1001	Grano Largo
Arroz 415	Grano Corto
INIAP 14	Grano Corto
INIAP 11	Grano Corto

Fuente: INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador)

En el país la variedad más desarrollada es la Indica Tropical de la cual el INIAP a desarrollo variedades tecnificadas mostradas en la tabla 2.2

Tabla 2.2 Tipos de variedades que se cultivan en el Ecuador

Variedades en el Ecuador			
Variedad	%		
	No tecnificada	INIAP 12	INIAP 14
Guayas	10	15	75
Los Ríos	12	28	60

Fuente: INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador)

Estas variedades tecnificadas presentan grandes atributos al momento de la cocción, es decir, presenta un mejor sabor y no se pegan entre ellos (aglutinan), con características

similares al Arborico Italiano, además estas semillas son mucho más resistentes a plagas propias del grano.

En el **Anexo I** se presenta información sobre la producción de semillas tecnificadas que produce el INIAP.

2.3. PARAMETROS

Para determinar el estudio de alternativas, se parte del requerimiento del pequeño productor de arroz, el mismo que desea envejecer una cantidad de 10 quintales de arroz por semana, listo para su comercialización, es por este motivo que el envejecedor de arroz tiene una capacidad de 40 Kg. por cada 18 Horas (9 quintales semanales).

El tiempo de envejecimiento varía entre 18 y 20 horas, este es un dato muy importante ya que la humedad del producto varía, ésta es una variable que se debe tomar en consideración para el diseño.

2.4. CARACTERISTICAS FUNCIONALES.

El diseño adecuado debe satisfacer las funciones requeridas, es decir, el envejecedor debe cumplir con las funciones para las cuales fue diseñado. Entre los principales requerimientos funcionales se tiene:

- ✓ El material que está en contacto con el arroz debe cumplir con las normas establecidas para alimentos.
- ✓ El envejecedor debe ser de fácil mantenimiento, operación, montaje y desmontaje.
- ✓ El prototipo debe tener un correcto aislamiento para evitar pérdidas de calor y causar daños al operador.
- ✓ La entrada y salida del producto debe ser rápida.

- ✓ El ingreso de aire debe ser controlado.

2.5. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.5.1. ALTERNATIVA 1: ENVEJECIMIENTO POR HORNO ELÉCTRICO.

El envejecimiento por horno eléctrico es una de los procesos más tecnificados y proporciona un producto de gran calidad, el tiempo de obtención del producto es de 12-18 horas, el costo del equipo es elevado.

Este proceso consiste en depositar el producto en una cámara el arroz es calentado por medio de lámparas infrarrojas, que aceleran el proceso de envejecimiento, haciendo que los almidones y amilo pectinas formen cadenas y se desarrollen mejor y de esta manera tener un producto de buena calidad. Ver tabla 2.3

Tabla 2.3 Especificaciones técnicas del horno eléctrico

Especificaciones	Datos técnicos
Capacidad	15 quintales
Tiempo de proceso	12-18 horas
Instalación eléctrica	55KW
longitud	1,5 m
Altura	1,1m
Ancho	2,1m

Fuente: www.induhorst.com/productos/item/root/envejecedora-de-arroz.html I

VENTAJAS:

- ✓ Producto de gran calidad.
- ✓ Tiempo de envejecimiento cortó.
- ✓ Control de la temperatura automático.

DESVENTAJAS:

- ✓ Alto consumo de energía.
- ✓ Alto costo de operación.
- ✓ Costo elevado del equipo.
- ✓ Alto costo de mantenimiento

2.5.2. ALTERNATIVA 2: SISTEMA DE INTERCAMBIADOR DE CALOR CON GAS PROPANO. (L. P. G.)

El envejecimiento a través de un sistema de intercambiador de calor con gas propano (G.L.P.) se obtiene un producto de calidad, el tiempo de envejecimiento es de 18-20 horas, su costo es bajo.

Este proceso consiste en generar calor a través de una llama producida por gas, la cual calienta el aire que es impulsado por medio de un venterol a una cámara de calentamiento.

El producto es depositado en recipientes de acero inoxidable con una capacidad de 40 Kg., los cuales son almacenados en el interior de la cámara. La cámara se calienta con el aire impulsado por el venterol al interior de la misma. Para obtener un correcto envejecimiento se debe tener un control exacto de la temperatura, tanto para el calentamiento como para su enfriamiento

VENTAJAS:

- ✓ Bajo costo de operación y mantenimiento.
- ✓ Producción de gran calidad similar al de Horno Eléctrico.
- ✓ Tiempo de envejecimiento cortó.
- ✓ Proceso semiautomático.
- ✓ Costo del equipo bajo.

- ✓ Fácil transportación.

DESVENTAJAS:

- ✓ Almacenamiento de los recipientes de combustible.
- ✓ Alto riesgo con el manejo del combustible.
- ✓ Distribución de la temperatura no homogénea en la cámara.

2.6. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.

Para seleccionar la alternativa adecuada se analizan varios criterios de comparación, tomando en cuenta su importancia se valoran en los siguientes parámetros:

- ✓ **Costo del equipo**

Tabla 2.4 Comparación de costos de la diferentes alternativas

	ENVEJECEDOR DE ARROZ		
POR HORNO ELCTRICO		INTERCAMBIADOR (L.G.P)	
FABRICANTE	INDUHORST	FABRICANTE	PROPIO
MODELO	QG-1	MODELO	A
COSTO	15200 $	COSTO	1993,12 $

FUENTE: INDUHORST[1]

- ✓ **Costo de operación**
  - El costo de operación es alto ya que el envejecedor por horno eléctrico necesita de un operador que tenga un nivel de instrucción superior y conocimientos de programación, el intercambiador de calor con gas (L.P.G) es de fácil operación, ya que tiene un proceso manual, por lo que se requiere de un operador con un nivel de instrucción media.

[1] www.induhorst.com/productos/item/root/envejecedora-de-arroz.html

- ✓ **Costo de mantenimiento.**
  - En el mantenimiento del horno eléctrico tienen que realizar una persona calificada y su costo es elevado por sus componentes electrónicos. Ver tabla 2.5

Tabla 2.5 Costos de mantenimiento del horno eléctrico

Componentes electrónicos	**costo**
Funcionamiento del blower.	30 $
Funcionamiento quemador	40 $
circuito eléctrico de alimentación y sus protecciones	40 $
Inspección de accesorios: termocuplas, sensores, relés.	60 $
TOTAL	**170** $

FUENTE: INDUHORST[2]

- Para el mantenimiento del intercambiador de calor con gas (L.P.G) su costo es bajo, ya que este equipo tiene solo componentes mecánicos. Ver tabla 2.6

Tabla 2.6 Costos de mantenimiento del intercambiador de calor con gas (G.L.P)

Componentes mecánicos	**costo**
Funcionamiento de la cámara de envejecimiento	20 $
Funcionamiento de la carcasa y estructura	30 $
Funcionamiento de la cámara de calentamiento	30 $
Inspección de accesorios: válvula, manguera,	10 $
TOTAL	**90 $**

FUENTE: Mecánica Industrial G. Llumipanta

Según las alternativas planteadas, se puede determinar que la mejor opción es el envejecimiento con un intercambiador de calor con gas licuado de petróleo. Ver tabla 2.7

[2] www.induhorst.com/productos/item/root/envejecedora-de-arroz.html

Tabla 2.7 Comparación de Alternativas por medio de Calificación y factor de ponderación

DETALLE	HORNO ELÉCTRICO	COSTOS	Calf.	INTERCAM. DE CALOR CON GAS (L.P.G.)	COSTOS	Calf.
Tiempo de Envejecimiento	(12 a 18 Horas)	-	10	(18 horas)	-	8
Capacidad	15 quintales	-	10	40 kg	-	5
Calidad de Producto	Buena	-	10	Buena	-	10
Costo de Construcción	Elevado costo de construcción	15200 $	5	Bajo costo de construcción	1993,12 $	10
Costo de Operación	Elevado costo de operación	Personal calificado 400-600 $	5	Bajo costo de operación	Operador 318,00 $	10
Costo de Mantenimiento Eq.	Elevado costo de mantenimiento	170 $	5	El costo de mantenimiento es medio	90 $	10
Movilidad de la máquina	Difícil transporte		5	Fácil transporte		10
Control de Temperatura	Bueno		10	Medio		8
TOTAL			**60**			**71**

Factor de ponderación: Calificación Baja 5
Calificación Media 8
Calificación Alta 10

CAPITULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO

La figura 3.1 indica como ingresa el aire y es calentado por medio de la combustión del gas licuado de petróleo, para de esta manera calentar la cámara de envejecimiento, por medio de unos anillos de conducción.

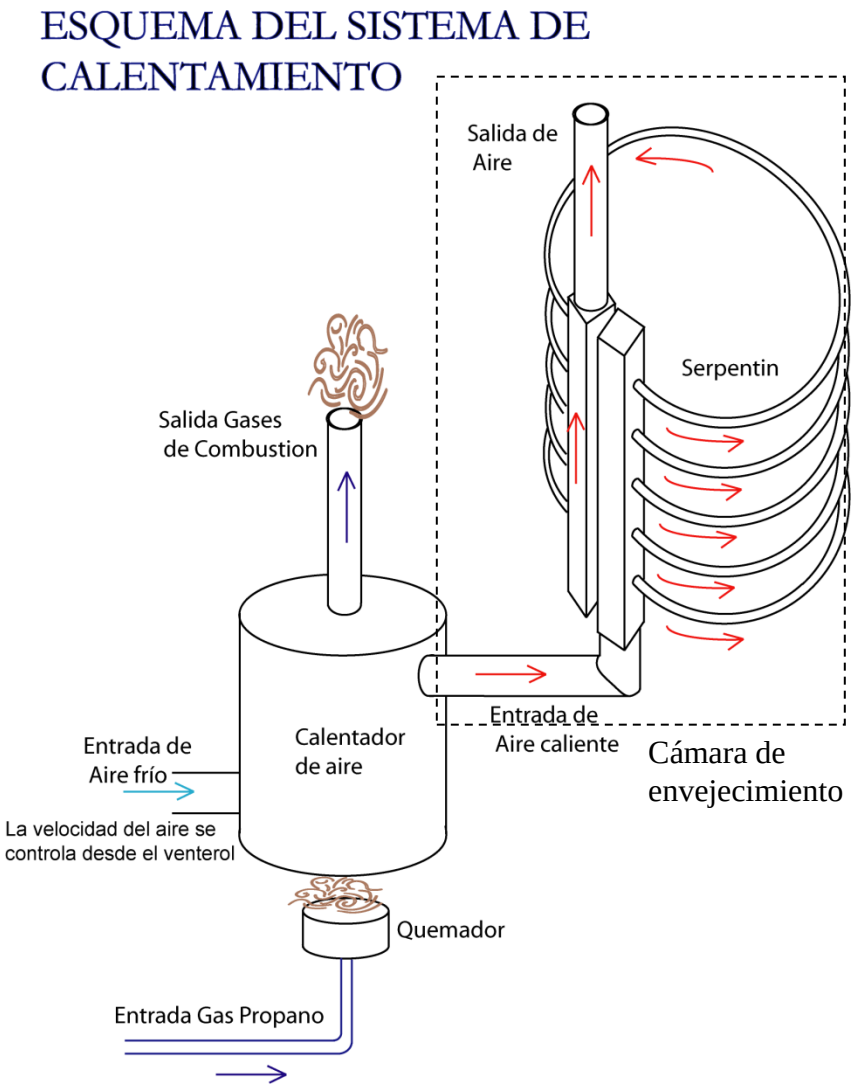


Figura 3.1 Esquema del sistema de calentamiento

3.1. CÁLCULO DEL CALOR REQUERIDO PARA EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO

Con la ecuación de Henderson modificada se calcula el nivel seguro de humedad de almacenamiento del arroz se encuentra entre el 10 y el 13%, base húmeda, para las principales especies, dadas las condiciones medias de temperatura ambiente promedio ($T_{Amb\ .Prm}$ = 26ºC) y humedad relativa en el Portoviejo (= 76%). Ver anexo III (Tabla 1)

3.1.1 Ecuación de Henderson modificada

$$He = \frac{1}{100}\left[\frac{In(1-\phi)}{-c_1(T+c_2)}\right]^{\frac{1}{c_3}} \quad [3]$$

$$He = \frac{1}{100}\left[\frac{In(1-0.7)}{-1.9187(26+51.161)}\right]^{\frac{1}{2.4451}}$$

He= 0.12

Donde:

He = Ecuación de Henderson Modificada (Ecuación de humedad de equilibrio para diversos productos)

ϕ = Humedad relativa del aire

c_1, c_2, c_3 = Constantes de la ecuación de Henderson modificada (ver Tabla 3.1)

T= Temperatura (ºC)

[3] MARQUES PEREIRA, José y MARCAL DE QUEIROZ, Daniel. Principios de secado de granos psicrometría higroscopía. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe

Tabla 3.1 Parámetros de la ecuación de Henderson modificada, respecto de diversos productos

PRODUCTO	c_1	c_2	c3
Cebada	2,2919 x 10^{-5}	195,267	2,0123
Fréjol comestible	2,0899	254,23	1,8812
Maíz	8,6541	49,810	1,8634
Maní con cáscara	6,6587	23,318	2,5362
Arroz con cáscara	1,9187	51,161	2,4451
Sorgo	0,8532	113,725	2,4757
Soja	30,5327	134,136	1,2164
Trigo (durum)	2,5738	70,318	2,2110
Trigo (duro)	2,3007	55,815	2,2857
Trigo (blando)	1,2299	64,346	2,5558
Yuca	0,2892	64,3551	1,7267
Cacao	4,1942	0,0	2,7296

Fuente: MARQUES PEREIRA, José y MARCAL DE QUEIROZ, Daniel. Principios de secado de granos psicrometría higroscopía. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

Con este resultado se concluye que está dentro del rango especificado el porcentaje final de humedad del agua del arroz para condiciones finales.

3.1.2. Cálculo de la energía necesaria para vaporización

Se calcula la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura para la vaporización de la humedad. Ver tabla 3.2

Calor requerido para evaporación del agua del grano (por la masa total del producto m_arroz = 40 kg).

Tabla 3.2 Propiedades del aire a 1 atm.

Presión en el recipiente	Temp. de saturación	Temp. Ambiente
101.325 KPa	99 °C = 372°K	26°C = 299°K

Fuente: CENGEL Yunus, Termodinámica, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición, Estados Unidos, México, 1995, Pág. 860, Tabla A-15

$$Q = m * Cp_A * (T_2 - T_1) \quad [4]$$

$$Q = 40Kg\left(\frac{4{,}6kJ}{Kg}°K\right)(372 - 299)°K$$

$$Q = 40Kg\left(\frac{4{,}6kJ}{Kg}°K\right)(372 - 299)°C$$

$$Q = 40Kg\left(\frac{4{,}6kJ}{Kg}°K\right)(73)°K$$

$$Q = 13432\ KJ$$

Donde:

Q = Calor de transferido al arroz (KJ)

Cp_A = Calor especifico del arroz en (KJ/Kg °K)

m = masa de arroz en (Kg.)

T_1 = Temperatura del ambiente.promedio (°K)

T_2 = Temperatura de saturación. (°K)

Para el diseño del sistema de calentamiento se considera que las anillos de conducción debe tener un diámetro de 25.4mm de diámetro nominal y un espesor de 2 mm, para que la velocidad de transferencia de calor neta sea la más eficiente y en un menor tiempo. Debemos tener en cuenta que los tubos existan en el mercado. Ver tabla 3.4

Estos anillos de conducción son conectados a dos tubos cuadrados de 50 x 50 mm. Que sirve para distribuir a mayor velocidad el aire que circula por los anillos. Además éste tendrá que estar centrado en la cámara de envejecimiento para que cada tubo pueda cubrir la misma área. Ver figura 3.2

[4] YANUS, Cengel, Transferencia de calor y masa, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición , Estados Unidos, México, 1995, Pág. 12-13

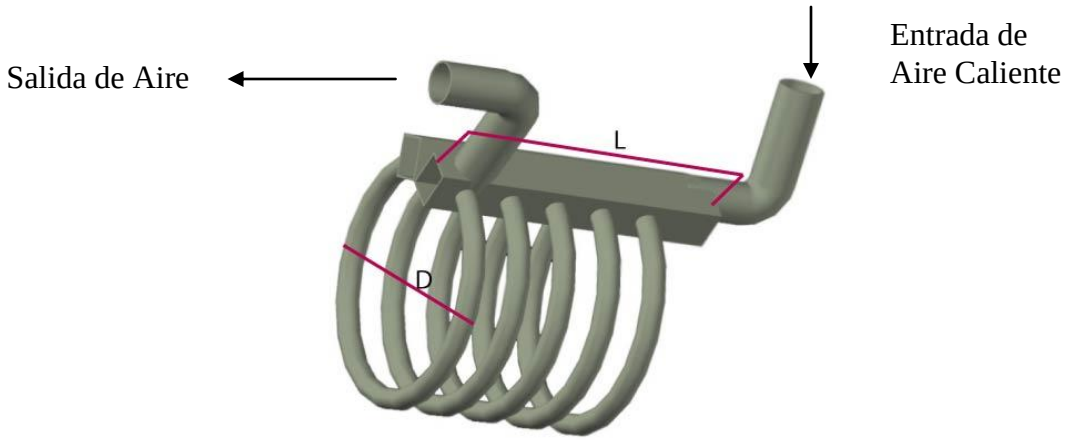


Figura 3.2 Anillos de conducción

De donde:

D = Diámetro de los anillos de conducción

L = Altura de los anillos de conducción

Tabla 3.3 Propiedades del aire a 1 atm

presión	Constante del aire	Temp. dentro del tubo
101,325 (KPa)	0,2870 (KPa*m^3/°k)	200 °C = 473°K

Fuente: CENGEL Yunus, Termodinámica, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición, Estados Unidos, México, 1995, Pág. 842, Tabla A-1

3.1.3. Calcular la densidad del aire en el tubo para la transferencia de calor al arroz

$$\rho = \frac{P}{R * T} \quad [5]$$

$$\rho = \frac{101.325\ KPa}{0{,}287 KPa * \frac{m^3}{°K} * (200 + 273)°K}$$

$$\rho = 0{,}7464\ Kg/m^3$$

[5] CENGEL Yunus, Termodinámica, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición, Estados Unidos, México, 1995, Pág. 12-13.

Donde:

$\rho =$ Densidad del aire dentro del tubo

$P =$ Presión dentro del tubo

R = Constante universal de los gases

T= Temperatura absoluta

Tabla 3.4 Dimensiones de tubos comerciales						
Diámetro nominal	**Diámetro externo**		**Diámetro interno**		**espesor**	
	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.
1”	1.000”	25.40	0.842”	21.40	0.078”	2.00

Fuente: HOLMAN, transferencia de calor, Editorial Continental S.A, Decima Edición, México 1999, Pág. 603 Tabla A-II

3.1.4. Cálculo del área del tubo para la transferencia de calor

$$A_{Cir\ inte} = \pi * \mathrm{r_i}^2 \quad [6]$$

$$A_{Cir\ inte} = \pi * (0{,}0107m)^2$$

$$A_{Cir\ inte.} = 3{,}59 \times 10^{-4} m^2$$

Donde:

$A_{Cir\ inte.} =$ Área del tubo de los anillos de conducción.

$r_i =$ Radio interior del tubo de los anillos de conducción.

3.1.5. Calcular el flujo de masa necesaria de aire para la transferencia de calor

$$\dot{m} = \rho * \mathcal{V} * A_{Cir.\ inte.} \quad [7]$$

$$\dot{m} = 0{,}7464 \frac{Kg}{m^3} * 10\ m/s * 3{,}59 \times 10^{-4} m^2$$

[6] Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos

[7] YANUS, Cengel, Transferencia de calor y masa, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición, Estados Unidos, México, 1995, Pág. 421

$$\dot{m} = 0{,}0026 \frac{Kg}{s}$$

Donde:

$\dot{m} =$ Flujo másico del aire

$\rho =$ Densidad del aire

$A_{Cir.\ inte.} =$ Área interior total

$\mathcal{V} =$ Velocidad media

3.1.6. Cálculo de la temperatura de la parte interior del tubo de los anillos de conducción.

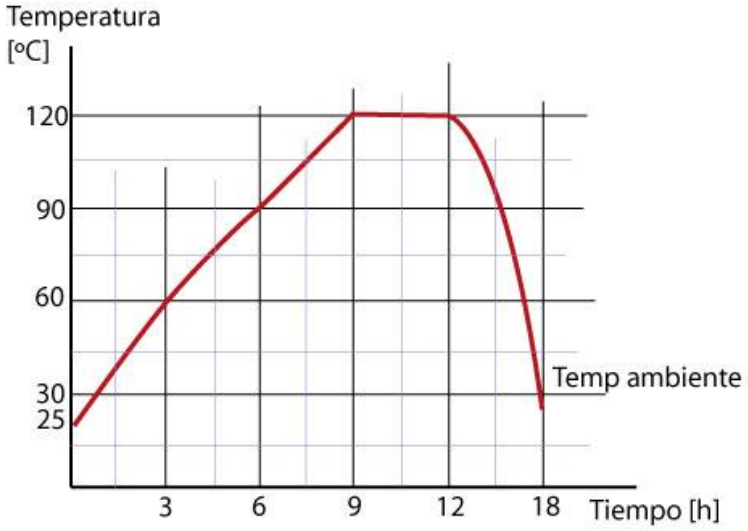


Figura 3.3 Diagrama de tiempo- temperatura de envejecimiento del arroz

Fuente: MARQUES PEREIRA, José y MARCAL DE QUEIROZ, Daniel. Principios de secado de granos psicrometría higroscopía. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe

$$T_0 = T_s + \frac{T_s}{In(\frac{r_2}{r_1})} In\left(\frac{r_1}{r_2}\right) = 120°C + \frac{120°C}{In\,(\frac{0.0127}{0.0107})} In\left(\frac{0.0107}{0.0127}\right) \quad [8]$$

$$T_0 = (12 + 79{,}66)°C$$

$$T_0 = 199{,}56 = 200°C$$

[8] MYER, KUTS, Enciclopedia de la mecánica, Océano grupo editorial volumen 6, Barcelona (España), Cap.56, Pág.1476

Donde:

$T_0 =$ Temperatura en el centro del tubo de los anillos de conducción.

$T_s =$ Temperatura en la superficie externa del tubo de los anillos de conducción.

$r_1 =$ Radio interno del tubo de los anillos de conducción.

$r_2 =$ Radio externo del tubo de los anillos de conducción.

3.1.7. Calcular la velocidad de la transferencia de calor neta hacia afuera del volumen de control

$$\dot{q} = \dot{m} * Cp_{Aire} * (T_0 - T_s) \quad [9]$$

$$\dot{q} = \left(0{,}0026 \frac{Kg}{s}\right)\left(\frac{1{,}016KJ}{Kg}°C\right)(200 - 120)°C$$

$$\dot{q} = 0{,}21\ KJ/s$$

Donde:

Cp_{Aire} = Calor especifico del aire en (KJ/Kg °K)

$\dot{m}$ = flujo másico del aire (Kg/s.)

T_0 = Temperatura en el centro del tubo. (°C)

T_s = Temperatura exterior del tubo. (°C)

3.1.8. Cálculo del tiempo de evaporización de la humedad del arroz

$$t = \frac{Q}{\dot{q}} \quad [10]$$

$$t = \frac{13432\ KJ}{0{,}21 \frac{KJ}{s}}$$

$$t = 63961{,}90\ s\ = 17{,}96 \approx 18\ H$$

[9] YANUS, Cengel, Transferencia de calor y masa, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición , Estados Unidos, México, 1995, Pág. 46

[10] YANUS, Cengel, Transferencia de calor y masa, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición , Estados Unidos, México, 1995, Pág. 50

Donde:

t = Tiempo de evaporización (H)

Q = Calor de transferido al arroz (KJ)

$\dot{q}$ = Velocidad de transferencia de energía (KJ/s)

3.1.9. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor en el centro del tubo.

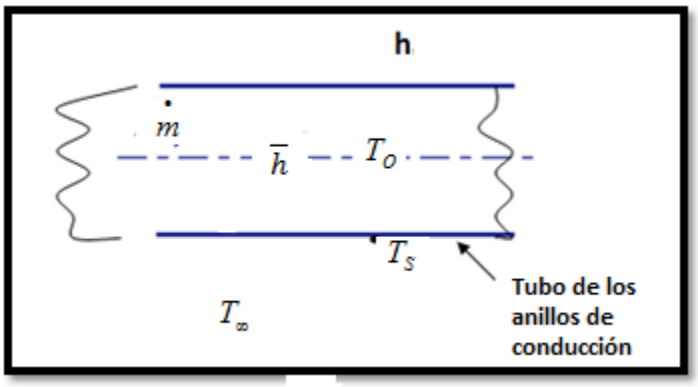


Figura 3.4 Distribución de temperaturas para el cálculo de la constante de convección

Donde:

$\dot{m}$ = Flujo másico de aire.

T_O = Temperatura en el centro del tubo de los anillos de conducción.

T_S = Temperatura en la superficie externa del tubo de los anillos de conducción.

T_∞ = Temperatura de los alrededores.

$\overline{h}$ = Coeficiente de transferencia de calor en el interior del tubo de los anillos de conducción.

h = Coeficiente de transferencia de calor en el exterior del tubo de los anillos de conducción.

$$\bar{T} = \frac{Ts + To}{2} \quad [11]$$

[11] YANUS, Cengel, Transferencia de calor y masa, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición, Estados Unidos, México, 1995, Pág. 546

$$\bar{T} = \frac{200°C + 120°C}{2} = 160°C = 433°K$$

Propiedades físicas del aire a 160°C. Ver tabla A-15

TABLA A-15

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., T, °C	Densidad, ρ, kg/m³	Calor específico, c_p, J/kg · K	Conductividad térmica, k, W/m · K	Difusividad térmica, α, m²/s	Viscosidad dinámica, μ, kg/m · s	Viscosidad cinemática, ν, m²/s	Número de Prandtl, Pr
160	0.8148	1 016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014

Fuente: YANUS, Cengel, Transferencia de calor y masa, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición, Estados Unidos, México, 1995, Pág. 846

Como fue el caso en la convección forzada que comprende una sola fase, la transferencia de calor en la condensación también depende de si el flujo del condensado es *laminar* o *turbulento.* Una vez más, el número de Reynolds proporciona el criterio para el régimen de flujo el cual se define como

$$\overline{R_{eD}} = \frac{4\dot{m}}{\pi * D_i * u} \quad [12]$$

$$\overline{R_{eD}} = \frac{4(0{,}0026\ Kg/s)}{(3.1416)(0.0214m)(2.420 * 10^{-5}\frac{Ns}{m^2})}$$

$$\overline{R_{eD}} = 6392{,}25$$

Donde

D_i = Diámetro interno del tubo de los anillos de conducción.

u = viscosidad del líquido (kg/m. s)

$\dot{m}$ = gasto del flujo másico (kg/s)

$\overline{R_{eD}}$ = Numero de Reynolds

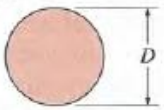
[12], YANUS, Cengel, Transferencia de calor y masa, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición , Estados Unidos, México, 1995,Pág. 388

El número de Reynolds en el cual el flujo se vuelve turbulento se llama número crítico de Reynolds. El valor de este número crítico es diferente para configuraciones geométricas diferentes. El valor aceptado en general del número crítico de Reynolds es $\overline{R_{eD}}$ = $(5x10^3)$,[13] donde ocurre la transición de flujo laminar a turbulento.

Constantes para $\overline{R_{eD}}$ está entre 4000-40000 donde se obtiene las constantes. Ver tabla 7-1

TABLA 7-1

Correlaciones empíricas para el número de Nusselt promedio, para convección forzada sobre cilindros circulares y no circulares en flujo cruzado (tomado de Zukauskas, Ref. 14, y Jakob, 1949)

Sección transversal del cilindro	Fluido	Rango de Re	Número de Nusselt
Círculo 	Gas o líquido	0.4-4 4-40 40-4 000 4 000-40 000 40 000-400 000	$Nu = 0.989Re^{0.330}\ Pr^{1/3}$ $Nu = 0.911Re^{0.385}\ Pr^{1/3}$ $Nu = 0.683Re^{0.466}\ Pr^{1/3}$ $Nu = 0.193Re^{0.618}\ Pr^{1/3}$ $Nu = 0.027Re^{0.805}\ Pr^{1/3}$

Fuente: YANUS, Cengel, Transferencia de calor y masa, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición, Estados Unidos, México, 1995, Pág. 414

C =0.193

m =0.618

$$\overline{Nu_D} = C * \overline{R_{eD}}^{m} Pr^{1/3} \quad [14]$$

$$\overline{Nu_D} = 0.193 * 6392{,}25^{0.618} * 0{,}7014^{1/3}$$

$$\overline{Nu_D} = 38{,}18$$

Donde:

$\overline{Nu_D}$ = Numero de Nusselt medio

$\overline{R_{eD}}$ = Numero de Reynolds medio

Pr = Numero de Prant

[13] YANUS, Cengel, Transferencia de calor y masa, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición , Estados Unidos, México, 1995,Pág. 366-367

[14] YANUS, Cengel, Transferencia de calor y masa, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición , Estados Unidos, México, 1995,Pág. 388

$$\overline{Nu_D} = \frac{D_i * \overline{h}}{k} \quad [15]$$

$$\overline{h} = \frac{(38{,}18)(35.11 * 10^{-3}\frac{W}{m}°K)}{0.0214m}$$

$$\overline{h} = 62{,}65\frac{W}{m^2}°K$$

Donde:

$\overline{h}$ = Coeficiente de transferencia de calor en el interior del tubo de los anillos de conducción.

D_i = Diámetro del tubo de los anillos de conducción. .

k = Conductividad térmica.

3.1.10. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor.

Utilizamos la tabla 1-2 para obtener el coeficiente de calor en la parte exterior del tubo de los anillos de conducción.

Tabla I-2 Valores aproximados de los coeficientes de transferencia de calor por convección

	h	
Modo	W/m² °C	Btu/h · pie² · °F
Aire a 1 atm soplando en tubo de 2.5 cm de diámetro a 12 m/s	65	11.4

Fuente: HOLMAN, transferencia de calor, Editorial Continental S.A, Decima Edición, México 1999, Pág. 30

$$U = \frac{1}{1/\overline{h} * \left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{r_1 In\,(\frac{r_2}{r_1})}{K} + \frac{1}{h}} \quad [16]$$

[15] YANUS, Cengel, Transferencia de calor y masa, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición , Estados Unidos, México, 1995,Pág. 414

$$U = \frac{1}{\frac{1}{62{,}65\frac{W}{m^2}°K}\left(\frac{0.0127}{0.0107}\right) + \frac{0.0127m * In\,(0.0127/0.0107)}{\frac{14.9W}{m}°K} + \frac{1}{\frac{65W}{m^2}°K}}$$

$$U = 36{,}83\frac{W}{m^2}°K$$

Donde

U = Coeficiente global de transferencia de calor

r_2 = radio externo del tubo de los anillos de conducción (m).

r_1 = radio interno del tubo de los anillos de conducción (m).

$\overline{h}$ = Coeficiente de transferencia de calor en el interior del tubo de los anillos de conducción.

h = Coeficiente de transferencia de calor en la parte exterior del tubo de los anillos de conducción.

K = Coeficiente de conductividad

3.1.11. Cálculo del área total

$$A_t = \frac{\dot{q}}{U(T_o - T\infty)} \quad [17]$$

$$A_t = \frac{210{,}4\ \text{W}}{\frac{30{,}30\ W}{m^2}°K\{(473 - 372)\}°K}$$

$$A_t = 0.06413\ m^2$$

Donde:

$\dot{q}$ = Velocidad de transferencia de calor neta

A_t = Área total de transferencia de calor

[16] MYER, KUTS, Enciclopedia de la mecánica, Océano grupo editorial volumen 6, Barcelona (España), Cap.56, Pág.1462

[17] MYER, KUTS, Enciclopedia de la mecánica, Océano grupo editorial volumen 6, Barcelona (España), Cap.56, Pág.1463

$T\infty$ = Temperatura de los alrededores

T_o = Temperatura en el centro del tubo de los anillos de conducción.

3.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE ENVEJECIMIENTO.

3.2.1. Cálculo del volumen que ocupa el arroz.

Se inicia el cálculo del volumen de la cámara de envejecimiento, partiendo de un análisis previo entre la equivalencia del peso y el volumen que ocupa el arroz, para lo cual se coloca el arroz en un recipiente de 1000 cc. y luego se pesa, obteniendo los siguientes resultados expuestos en la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Equivalencia entre Capacidad y Peso

No. Pruebas	Recipiente (lt)	Peso Kg.
1	1	0.892
2	1	0.890
3	1	0.887
4	1	0,893
Promedio		**0.890**

Fuente: Los Autores

En el tabla 3.1 se presenta la equivalencia de 1000 cm3 de arroz nuevo, que pesa 0,890 Kg. en promedio de las cuatro pruebas. Para calcular el volumen de la cámara de envejecimiento se parte de este valor.

$$Va = \frac{40\ Kg * 1000 cm^3}{0{,}890\ Kg} \quad [18]$$

$$Va = 44943{,}82\ cm^3$$

[18] MARQUES PEREIRA, José y MARCAL DE QUEIROZ, Daniel. Principios de secado de granos psicrometría higroscopia. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe

Donde:

$Va =$ Volumen del arroz

3.2.2. Cálculo para determinar el radio, que deberá tener cada aro de los anillos de conducción

$$A_t = \pi * r^2{}_{anillos\ \ de\ conducc\ .} \quad [19]$$

$$\frac{0.06413\ m^2}{\pi} = r^2{}_{anillos\ \ de\ conducc}$$

$$r_{anillos\ \ de\ conducc} = 0{,}142\ m$$

Donde:

A_t = Área Total

$r_{anillos\ \ de\ conducc}$ = radio interno de los anillos de conducción.

Partiendo de este radio se calcula el radio para la cámara de los anillos de conducción, tomando en consideración que para la cámara se debe sumar el diámetro del tubo.

$$r_c = \emptyset_{tubo} + r_{anillos\ \ de\ conducc} + r_{holgadura} \quad [20]$$

$$r_c = 0.0254 + 0.142 + 0.0206$$

$$r_c = 0.188\ m$$

$$\emptyset_c = 0{,}376\ m$$

Donde:

$\emptyset_{tubo}$ = Diámetro del tubo de los anillos de conducción.

$r_{holgadura}$ = Radio de holgadura

[19] Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos

[20] KERN, Donald, Procesos de Transferencia de calor, Editorial McGraw-Hill, Trigésima Edición , Estados Unidos, México, 1999,Pág. 818-821

r_{camara} = Radio de la cámara

$r_{anillos\ de\ conducc}$ = Radio interno de los anillos de conducción.

3.2.3. Cálculo para determinar el área de la cámara de envejecimiento

$$A_c = \pi * r_{camara}^{\ 2} \qquad [21]$$

$$A_c = \pi * (0{,}188m)^2$$

$$A_c = 0{,}1110m^2$$

Donde:

A_c = Área de la cámara de envejecimiento

Se considera las medidas del tubo cuadrado (50x50) mm. Así como de cinco anillos de 25 mm y un radio de 142 mm con estos datos se obtienen volumen de los anillos de conducción. Ver en la figura 3.5.

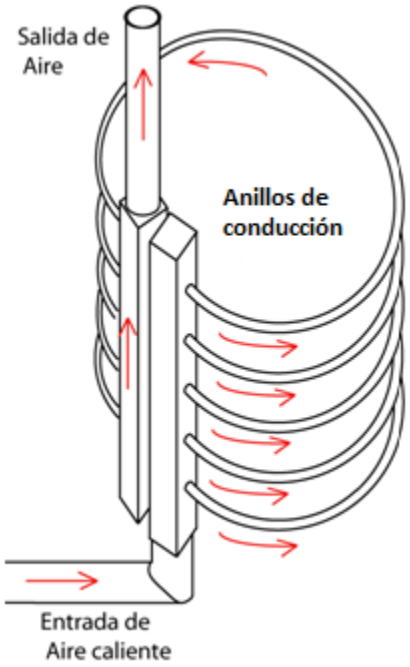


Figura 3.5 Esquema de los anillos de conducción.

[21] Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos

$$Vs = Vtc + Vta \quad [22]$$

$$Vs = 2(l_{tubo\ cua} * A_{tubo\ cua}) + 5(\pi * r^2 * l)$$

$$Vs = 2(5cm * 5\ cm * 40cm) + 5(\pi * (14cm)^2 * 0.898cm)$$

$$Vs = 4764{,}72\ cm^3$$

Donde:

Vs = Volumen de los anillos de conducción.

Vtc = Volumen de tubo de entrada y salida de gas caliente

Vta = Volumen de los 5 anillos

l = longitud de cada anillo = al perímetro del anillo = 898 mm

$A_{tubo\ cua}$ = Área del tubo cuadrado de los anillos de conducción.

$r_{anillos\ de\ conducc}$ = radio interno de los anillos de conducción.

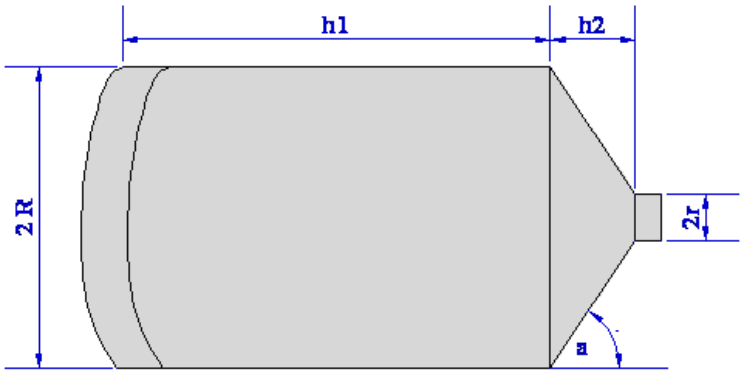


Figura 3.6 Cámara de envejecimiento

Se debe considerar que este volumen es la suma del cono de descarga más la cámara cilíndrica según se muestra en la figura 3.6

El ángulo α se determinará experimentalmente colocando en el extremo de una plancha de acero inoxidable de 25 cm de longitud el arroz y elevando uno de los extremos. Dando

[22] MYER, KUTS, Enciclopedia de la mecánica, Océano grupo editorial volumen 6, Barcelona (España), Cap.56, Pág.1462

los siguientes resultados mostrados en la tabla 3.6. De la que se toma como referencia un ángulo de 22° para el cálculo del volumen del cono.

Tabla 3.6. Angulo de inclinación para el deslizamiento del arroz.

Altura cm.	Longitud cm.	Angulo Grados
9	25	21°1’
10	25	23°5’
10	25	21°1’
Promedio		21°9’

Fuente: Los Autores

Para el cálculo del volumen del cono se parte de los siguientes datos:

2R = Diámetro Mayor = 376 mm. R = 188 mm.

2r = Diámetro Menor = 50 mm. r = 25 mm.

h2 = Altura 100 mm.

α = Angulo de inclinación = 22°

$$V_{cono} = \frac{\pi * h2 * (R^2 + r^2 + R * r)}{3} \quad [23]$$

$$V_{cono} = \frac{\pi * 10 * [(18{,}8)^2 + (2{,}5)^2 + (18{,}8) * (2.5)]}{3}$$

$$V_{cono} = 4258{,}85\ cm^3$$

Con esto se obtiene el volumen real que ocupar el arroz en la cámara de envejecimiento, este volumen se iguala a un volumen de la cámara de envejecimiento menos el volumen del sistema de calentamiento.

$$V_{camara} = V_{arroz} + V_{cono} - V_A \quad [24]$$

[23] Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos

[24] MARQUES PEREIRA, José y MARCAL DE QUEIROZ, Daniel. Principios de secado de granos psicrometría higroscopia. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe

$$V_{camara} = 44943.82 + 4258,85 - 4764,72$$

$$V_{camara} = 44437,94\ cm^3$$

3.2.4. Cálculo de la altura de la cámara de envejecimiento (h_1)

$$V_{camara} = \pi * r^2 * h_1 \quad [25]$$

Despejado h se tiene:

$$h_1 = \frac{44437,94\ \text{cm}^3}{1110,36\ cm^2}$$

$$h_1 = 40,02 \cong 40\ cm$$

3.2.5. Diseño del espesor de la plancha de la cámara de envejecimiento

Para determinar el espesor de la plancha se debe calcular la presión máxima que puede existir en las paredes de la cámara de envejecimiento, esta es la presión lateral.

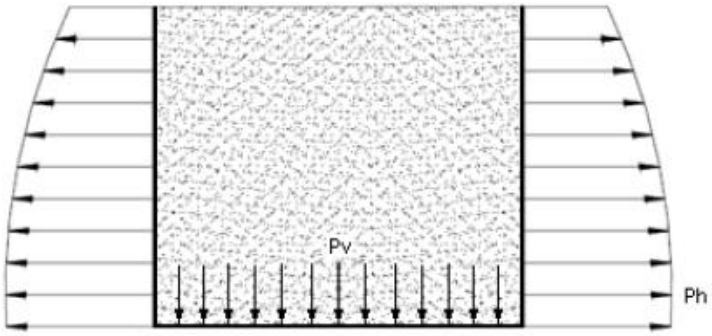


Figura 3.7 Distribución de la presión en la cámara de envejecimiento

3.2.5.1. Calcular el radio hidráulico

$$R_h = \frac{D_i}{4} \quad [26]$$

$$R_h = \frac{0.376\ m}{4}$$

[25] Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos
[26] RAVANET J, Silos, Editores Técnicos Asociados, Barcelona 1977, Pág. 8

$$R_h = 0{,}19\ m$$

Donde:

D_i = Diámetro interior de la cámara de envejecimiento

R_h = Radio hidráulico

3.2.5.2. Cálculo del coeficiente de rozamiento contra la pared

$$\mu = tan\ \varphi \quad [27]$$

$$\mu = tan\ 18°$$

$$\mu = 0{,}325$$

Donde:

μ = Coeficiente de rozamiento contra la pared

φ = Angulo de rozamiento contra la pared

3.2.5.3. Calcular el coeficiente de rozamiento interno

$$K = \frac{1 - sen\theta}{1 + sen\theta} \quad [28]$$

$$K = \frac{1 - sen25°}{1 + sen25°}$$

$$K = 0{,}40$$

Donde:

K = Coeficiente de rozamiento interno

θ = Angulo de rozamiento interno

3.2.5.4. Cálculo la presión en la cámara

$$P_{hJ} = \frac{\rho_m * R_h}{\mu}\left(1 - e^{-\frac{\mu * K}{R_h} * h_1}\right) \quad [29]$$

[27] Estudio de la cinética del secado de granos, Centro de investigación de energía, Pág. 62
[28] Estudio de la cinética del secado de granos, Centro de investigación de energía, Pág. 62
[29] RAVANET J, Silos, Editores Técnicos Asociados, Barcelona 1977, Pág. 9-10

$$P_{hJ} = \frac{\frac{850Kg}{m^3} * 0{,}19m}{0{,}325}\left(1 - e^{-\frac{0{,}325*0{,}40}{0{,}19\,m}*0{,}40m}\right)$$

$$P_{hJ} = 203{,}73\ Kg/m^2$$

Donde:

P_{hJ} = Presión en la cámara

ρ_m = Densidad del arroz

R_h = Radio hidráulico

μ = Coeficiente de rozamiento contra la pared

K = Coeficiente de rozamiento interno

h_1 = Altura de la cámara de envejecimiento

3.2.5.5. Calcular la presión lateral en la cámara

$$P_{hP} = 2{,}32 * P_{hJ} \quad [30]$$

$$P_{hP} = 2{,}32 * 203{,}73\ Kg/m^2$$

$$P_{hP} = 472{,}65\ Kg/\ m^2$$

Donde:

P_{hJ} = Presión en la cámara

P_{hP} = Presión lateral en la cámara

3.2.5.6. Cálculo de la presión vertical en la cámara

$$K = \frac{P_{hP}}{P_v} \quad [31]$$

$$P_v = \frac{P_{hP}}{K}$$

$$P_v = \frac{472{,}65Kg/\ m^2}{0{,}40}$$

$$P_v = 1181{,}63\ Kg/\ m^2$$

[30] RAVANET J, Silos, Editores Técnicos Asociados, Barcelona 1977, Pág. 9-10
[31] RAVANET J, Silos, Editores Técnicos Asociados, Barcelona 1977, Pág. 9-10

Donde:

P_{hP} = Presión lateral en la cámara

K = Coeficiente de rozamiento interno

P_v = Presión vertical en la cámara

3.2.5.7. Calcular el espesor de la plancha

$$e_{pp} = \frac{0{,}77 * D_i * P_v}{2 * \sigma_{adm}} \quad [32]$$

$$e_{pp} \geq \frac{0{,}77 * D_i * P_v}{2 * \sigma_{adm}}$$

$$e_{pp} \geq \frac{0{,}77 * 0{,}376m * 1181{,}63Kg/\,m^2}{2 * 1{,}2 \times 10^7 Kg/\,m^2}$$

$$e_{pp} \geq 1{,}4\ x\ 10^{-5}\ m$$

$$e_{pp} \geq 0{,}01\ mm$$

Donde:

e_{pp} = Espesor de la plancha

D_i = Diámetro interior de la cámara de envejecimiento

P_v = Presión vertical en la cámara

σ_{adm} = Esfuerzo a la fluencia

La FAO[33] expone que el espesor de la plancha puede ser 1.5 mm, por lo tanto, de acuerdo con los cálculos realizados y criterios de autores seleccionamos el espesor de la plancha de 1.5 mm

3.2.6. Cálculo para determinar el número de vueltas

$$\frac{superficie\ externa}{altura\ de\ la\ camara} = \frac{A_t}{h_1} \quad [34]$$

[32] RAVANET J, Silos, Editores Técnicos Asociados, Barcelona 1977, Pág. 9-10

[33] MARQUES PEREIRA, José y MARCAL DE QUEIROZ, Daniel. Principios de secado de granos psicrometría higroscopia. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe

$$\frac{superficie\ externa}{altura\ de\ la\ camara} = \frac{0.06413\ m^2}{0.40\ m}$$

$$\frac{superficie\ externa}{altura\ de\ la\ camara} = 0{,}1603\ m$$

$$Numero\ de\ \ vueltas = \frac{A_t}{\pi * \emptyset_{tubo\ \ del\ serpentin}\ * 0.1603} \quad [35]$$

$$Numero\ de\ \ vueltas = \frac{0.06413\ m^2}{\pi * 0.025m * 0.1603m}$$

$$\#\ de\ Vueltas = \frac{0.06413\ m^2}{0.0125\ \ m^2}$$

$$\#\ de\ Vueltas = 5{,}1 \cong 5$$

3.2.7. Cálculo para determinar la altura del tubo de los anillos de conducción.

$$T_{sa} = T_s - \ (T_s - T_i)e^{\left[-\frac{\bar{h}*As}{\dot{m}*Cp_{aire}}\right]} \quad [36]$$

$$\frac{T_{sa} - T_s}{-\ (T_s - T_i)} = e^{\left[-\frac{\bar{h}*As}{\dot{m}*Cp_{aire}}\right]}$$

$$In\left[\frac{T_{sa} - T_s}{-\ (T_s - T_i)}\right] = \left[-\ \frac{\bar{h} * As}{\dot{m} * Cp_{aire}}\right]$$

$$As = \frac{In\left[\frac{T_{sa} - T_s}{-\ (T_s - T_i)}\right] * \dot{m} * Cp_{aire}}{\bar{h}}$$

$$As = \frac{In\left(\frac{55}{80}\right) * \dot{m} * Cp_{aire}}{\bar{h}}$$

---

[34] KERN, Donald, Procesos de Transferencia de calor, Editorial McGraw-Hill, Trigésima Edición , Estados Unidos, México, 1999,Pág. 818-821

[35] KERN, Donald, Procesos de Transferencia de calor, Editorial McGraw-Hill, Trigésima Edición , Estados Unidos, México, 1999,Pág. 818-821

[36] YANUS, Cengel, Transferencia de calor y masa, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición , Estados Unidos, México, 1995, Pág. 428-435

$$As = \frac{In(0{,}625) * 0.0121 \frac{Kg}{s} * 1016\, J/Kg}{62{,}65 \frac{W}{m^2} °K}$$

$$As = 0{,}04593\ m^2$$

$$As = 4(a) * L$$

$$\frac{0.04393\ m^2}{4(0.05)m} = L$$

$$L = 0{,}3576\ \approx 0.36\ m$$

Donde:

T_{sa} = Temperatura a la salida del tubo de los anillos de conducción.

T_s = Temperatura en la superficie exterior del tubo de los anillos de conducción.

T_i = Temperatura en el interior de los anillos de conducción.

$\dot{m}$ = flujo másico del aire

Cp_A = Calor especifico del aire

As = Área de la superficie del tubo cuadrado de los anillos de conducción.

L = Altura del tubo de los anillos de conducción.

$\bar{h}$ = Coeficiente de transferencia de calor en el interior del tubo de los anillos de conducción.

3.3. CÁLCULO DEL AISLANTE TÉRMICO.

Para el dimensionamiento del aislante térmico se toma en cuenta la temperatura interna máxima a la que va a ser sometida la cámara y la temperatura promedio del sector. El cálculo se realiza con base al análisis de resistencias, (figura 3.8). Las propiedades de los materiales involucrados son:

Para la cámara de envejecimiento se toma las siguientes propiedades del acero inoxidable AISI 304 para el cálculo respectivo. Ver anexo III (Tabla A-2, A-3)

k = Conductividad en (W / m * K). = 14.9

ρ = Densidad en (Kg / m3).= 7817

El cilindro principal o chapa metálica será de plancha de acero A36, cuyas propiedades son:

k = Conductividad en (W / m * K). = 52

ρ = Densidad en (Kg / m3).= 7833

El material aislante es lana de vidrio que tiene las siguientes propiedades:

k = Conductividad en (W / m * K). = 0.038

ρ = Densidad en (Kg / m3).= 24

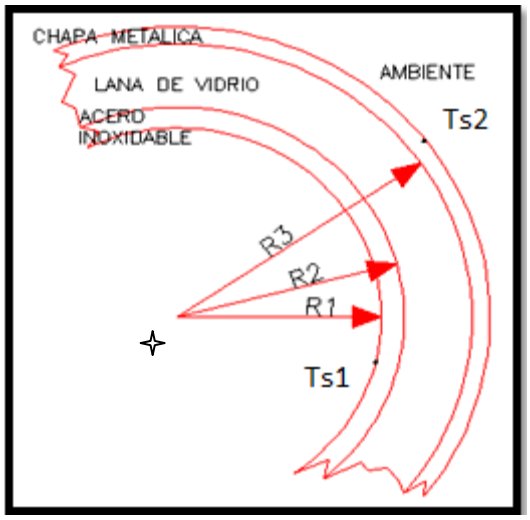


Figura 3.8 Esquema para el cálculo de lana de vidrio

Donde:

Ts1 = 120 °C = 393 °K

Ts2 = 26 °C = 299 °K

R_1 = Radio de la cámara de envejecimiento

R_2 = Radio de la chapa de acero inoxidable

R_3 = Radio de la lana de vidrio a ser calculado.

3.3.1 Cálculo de la resistencia del acero inoxidable

$$\dot{q} = \frac{\Delta T}{R_{total}} \quad [37]$$

$$R_{total} = R_{inox} + R_{lana}$$

$$R_{inox} = \frac{In\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}{2 * K * l * \pi}$$

$$R_{inox} = \frac{In\left(\frac{0.197m}{0,195m}\right)}{2 * \frac{14,9W}{m}°K * 0.89m * \pi}$$

$$R_{inox} = 1.21 \times 10^{-4} \frac{°K}{W}$$

Donde:

R_{total} = Resistencia total

R_{inox} = Resistencia del acero inoxidable

R_{lana} = Resistencia de la lana de vidrio.

$$\dot{q} = \frac{\text{Ts1} - \text{Ts2}}{1,21 \times 10^{-4} \frac{°K}{W} + R_{lana}} \quad [38]$$

$$210,4\ W = \frac{(393 - 299)°K}{1,21 \times 10^{-4} \frac{°K}{W} + R_{lana}}$$

[37] YANUS, Cengel, Transferencia de calor y masa, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición, Estados Unidos, México, 1995, Pág. 152-156

[38] YANUS, Cengel, Transferencia de calor y masa, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición, Estados Unidos, México, 1995, Pág. 152-156

$$1{,}21 \times 10^{-4} \frac{°K}{W} + R_{lana} = \frac{(393 - 299)°K}{210{,}4\ W}$$

$$R_{lana} = \frac{94\ °K}{210{,}4\ W} - 1{,}21 \times 10^{-4} \frac{°K}{W}$$

$$R_{lana} = 0{,}4466\ \frac{°K}{W}$$

$$\frac{R_3}{R_2} = e^{R_{lana} \times 2\pi \times l \times k}$$

$$\frac{R_3}{R_2} = e^{0{,}4466\ °K/W(2\pi)(0{,}89m)(0{,}038\frac{W}{m}°K)}$$

$$R_3 = 1{,}406\ (0.21m)$$

$$R_3 = 0{,}29526\ m \approx 0{,}295\ m$$

Donde:

$\dot{q}$ = Velocidad de transferencia de energía (KJ/s)

Ts1 = Temperatura en el interior de la cámara

Ts2 = Temperatura ambiente

R_2 = Radio de la chapa de acero inoxidable

R_3 = Radio de la lana de vidrio a ser calculado.

De los datos obtenidos se considera un R3 = 0,295 m, dando un espesor de 100 mm, que será ocupado por lana de vidrio, a demás con este valor la perdida de calor al ambiente es mínima

3.4. DIMENCIONAMIENTO DE LA TOLVA DE ALIMENTACIÓN

Para este caso se tiene un diámetro externo de 360 mm y un diámetro interno de 45 mm, la altura del cilindro de la tolva es de 50 mm y un ángulo de inclinación de 25°, cual es similar al ya calculado en el cono de la cámara de envejecimiento. Ver figura 3.9

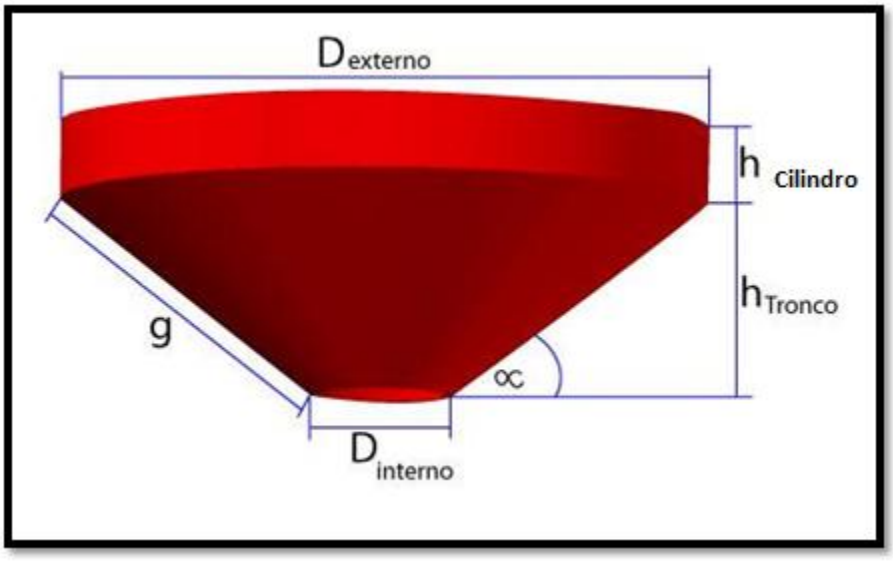


Figura 3.9 Tolva

3.4.1. Cálculo de la altura del tronco

Restamos el radio externo del radio interno para calcular la altura del tronco.

$$h_{tronco} = 15{,}75 \times \tan 25°$$
$$h_{tronco} = 73{,}54mm$$
$$h_{tronco} = 74mm. \quad [39]$$

Donde:

h_{tronco} = Altura del tronco del cono

Para la altura total de la tolva se sumaría la altura del tronco y la altura del cilindro.

$$h_{tolva} = h_{tronco} + h_{cilindro} \quad [40]$$
$$h_{tolva} = 74mm + 50mm$$
$$h_{tolva} = 124\ mm = 12{,}40\ cm$$

Donde:

h_{tolva} = Altura de la tolva

[39] Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos
[40] Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos

Con esto se calcula el desarrollado del cono para poder encontrar el ángulo al cual se debe cortar para realizar el barolado según el plano.

$$g = h^2{}_{tronco} + (r_{externo} - r_{interno})^2 \quad [41]$$
$$g = (74mm)^2 + (180mm - 22{,}5mm)^2$$
$$g = \sqrt{30282{,}25mm^2}$$
$$g = 174{,}01\ mm$$

Donde:

g = es la generatriz del tronco de cono

Con la generatriz se calcula el área, perímetro y el ángulo para desarrollado del tronco del cono.

3.4.2. Cálculo del área del cono truncado

$$A_{cono} = \pi * g * (R + r) + \pi R^2 + \pi r^2 \quad [42]$$
$$= \pi * 174{,}01\ mm * (180mm + 22.5mm) + \pi(180mm)^2 + \pi(22{,}5mm)^2$$
$$A_{cono} = 214078{,}40\ mm^2$$

3.4.3. Perímetro del tronco

$$P_{tronco} = 2 * \pi * r_{externo} \quad [43]$$
$$P_{tronco} = 2 * \pi * 180mm$$
$$P_{tronco} = 1130{,}97\ mm$$

3.4.4. Perímetro del desarrollado

$$P_{des} = 2 * \pi * g \quad [44]$$
$$P_{des} = 2 * \pi * 174{,}01\ mm$$

[41] Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos
[42] Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos
[43] Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos
[44] Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos

$$P_{des} = 1093{,}33mm$$

Ángulo del desarrollo para la construcción de la tolva de alimentación en la plancha.

$$\alpha = \frac{P_{tronco}\, x360°}{P_{des}} \quad [45]$$

$$\alpha = 372{,}40°$$

$$\alpha = 372{,}40° - 360° = 12{,}40°$$

3.4.5. Cálculo de la presión que ejerce sobre la tolva

$$P_{cono} = \frac{w_a}{A_{cono}} \quad [46]$$

$$P_{cono} = \frac{m_a * gravedad}{A_{cono}}$$

$$P_{cono} = \frac{40\ Kg * 9{,}8m/s^2}{0{,}214\ m^2}$$

$$P_{cono} = 1831{,}77 \frac{N}{m^2} = 183{,}17\ kg/m^2$$

Donde:

w_a = Peso total del arroz.

A_{cono} = Área del cono truncado

P_{cono} = Presión que ejerce sobre la tolva

3.4.6. Cálculo del espesor de la tolva

$$e_{pp} = \frac{0{,}77 * D_i * P_{cono}}{2 * \sigma_{adm}} \quad [47]$$

$$e_{pp} \geq \frac{0{,}77 * 0{,}360m * 183{,}17\ Kg/\ m^2}{2 * 1{,}2 \times 10^7 Kg/\ m^2}$$

$$e_{pp} \geq 2{,}11\ x\ 10^{-6}\ m$$

$$e_{pp} \geq 0{,}002\ mm$$

[45] Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos

[46] SINGER, Ferdinand L., ANDREW Pytel, Resistencia de Materiales, Editorial Alfa omega, Impreso México 2000, Pág. 30

[47] RAVANET J, Silos, Editores Técnicos Asociados, Barcelona 1977, Pág. 9-10

De acuerdo con los cálculos realizados y criterios de autores seleccionamos el espesor de la plancha de 1.5 mm por motivo que se tiene sobrantes de la plancha ya comprados.

3.5. CALCULO DE LA ESTRUCTURA

El prototipo de envejecedor de arroz debe estar soportado por medio de una estructura la misma que debe ser lo más simple y liviana posible para que no se convierta en un obstáculo cuando sea transportada.

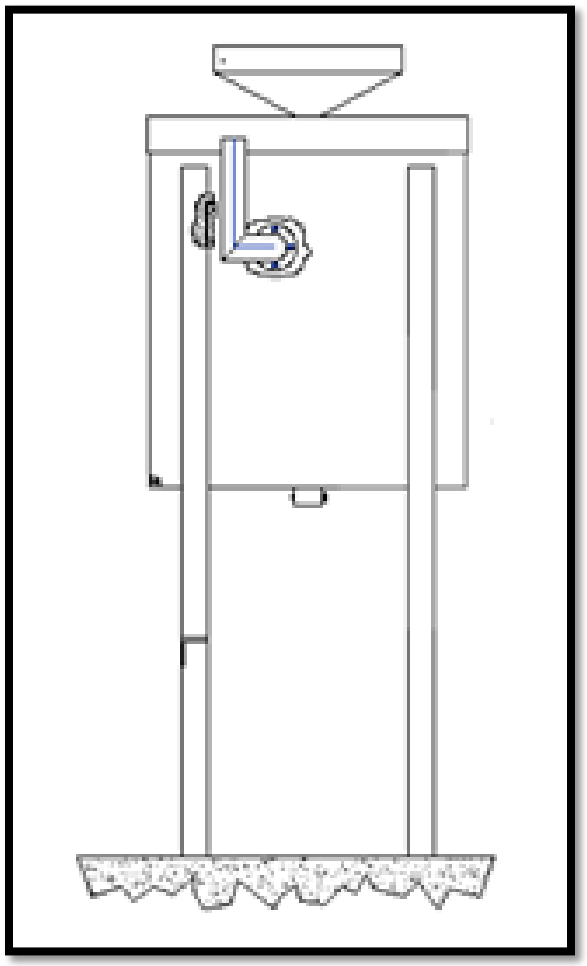


Figura 3.10 Estructura

La masa total del prototipo de envejecedor de arroz es la suma de la masa de los anillos de conducción, de las planchas, la lana de vidrio la cual es 132 Kg.

$$w_t = m_t * g \quad [48]$$

$$w_t = 132Kg * 9.8m/s^2$$

$$w_t = 1293{,}6\ Kg * m/s^2$$

Donde:

w_t = Peso total del envejecedor

m_t = masa total del envejecedor

g = Aceleración de la gravedad

3.5.1. Cálculo de la capacidad de los pernos

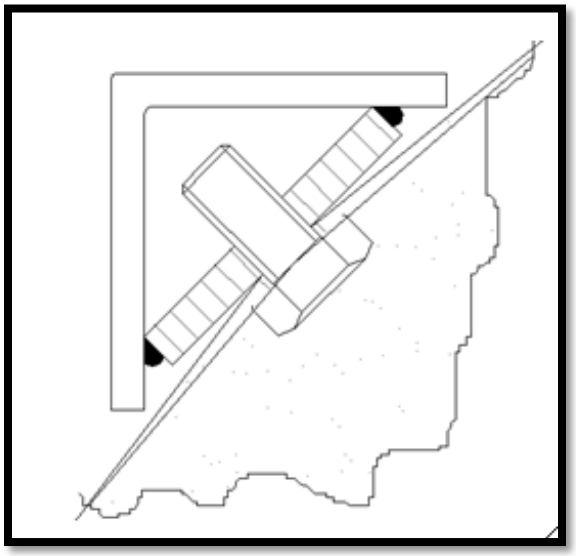


Figura 3.11 Esquema de los pernos de sujeción.

$$P = \frac{\pi * d^2}{4}\tau \quad [49]$$

$$P = \frac{\pi * (1{,}05cm)^2}{4} * \ 1690\ Kgf/cm^2$$

[48] SINGER, Ferdinand L., ANDREW Pytel, Resistencia de Materiales, Editorial Alfa omega, Impreso México 2000, Pág. 30

[49] SINGER, Ferdinand L., ANDREW Pytel, Resistencia de Materiales, Editorial Alfa omega, Impreso México 2000, Pág. 270

$$P = 1463{,}37\ Kgf = 14{,}63\ KN$$

Donde:

$P =$ Resistencia del perno a corte

$d =$ Diámetro del perno

τ = esfuerzo de ruptura por corte del perno. Ver Tabla 3.7

Tabla 3.7 Esfuerzo de ruptura por corte de los pernos	
Pernos A307	1690 Kgf/cm^2
Pernos A325-X	4220 Kgf/cm^2
Pernos A325-N	3370 Kgf/cm^2
Pernos A490-X	5270 Kgf/cm^2
Pernos A490-N	4220 Kgf/cm^2

Fuente: http://webdelprofesor.ula.ve/nucleotrujillo/americab/08-conexionesApernadas/8-16.html

$$P_b = (e * d) * \tau \quad [50]$$

$$P_b = (1cm)(1{,}5cm)(3200Kgf/cm^2)$$

$$P_b = 4800\ Kgf \approx 48KN$$

Donde:

$P_b =$ Resistencia de la placa

$d =$ Diámetro del agujero del perno

τ = esfuerzo de ruptura por corte de la placa. Ver anexo III (Tabla B-7)

$e =$ Espesor de la placa

$$P'_b = (e' * d) * \tau \quad [51]$$

$$P'_b = (0.2cm)(1{,}5cm)(3200Kgf/cm^2)$$

$$P'_b = 720\ Kgf \approx 7{,}2\ KN$$

Donde:

$P'_b =$ Resistencia de la plancha

$d =$ Diámetro del agujero del perno

τ = Esfuerzo de ruptura por corte de la plancha

[50] SINGER, Ferdinand L., ANDREW Pytel, Resistencia de Materiales, Editorial Alfa omega, Impreso México 2000, Pág. 391

[51] SINGER, Ferdinand L., ANDREW Pytel, Resistencia de Materiales, Editorial Alfa omega, Impreso México 2000, Pág. 392

$e^{'}$ = Espesor de la plancha

$$P_T = P + P_b + P^{'}{}_b \quad [52]$$

$$P_T = 14{,}63\ KN + 48KN + 7{,}2KN$$

$$P_T = 69{,}83KN$$

$$P_T = 69{,}83KN > w_t = 1{,}2936\ kN$$

Donde:

P_T = Resistencia total

Con este resultado se verifica que los pernos soportan el peso total del envejecedor de arroz.

$$Eficiencia = \frac{carga\ de\ seguridad}{resistencia\ de\ la\ placa} \quad [53]$$

$$Eficiencia = \frac{69{,}83\ KN}{(1.5\ cm)(0.15cm)(3200Kgf/cm^2)}$$

$$Eficiencia = \frac{69{,}83\ KN}{7{,}20\ KN} * 100\%$$

$$Eficiencia = 969{,}86\ \%$$

3.5.2. Cálculo del área del ángulo para la estructura que se requiere

$$A_g = \frac{T}{0{,}6 * Fy} \quad [54]$$

$$A_g = \frac{1293{,}6\ N}{0{,}6 * 2{,}530x\ 10^7 Kg/m^2}$$

$$A_g = 7{,}18\ x\ 10^{-5} m^2$$

Donde:

A_g =Area total de la sección.

[52] SINGER, Ferdinand L., ANDREW Pytel, Resistencia de Materiales, Editorial Alfa omega, Impreso México 2000, Pág. 391

[53] SINGER, Ferdinand L., ANDREW Pytel, Resistencia de Materiales, Editorial Alfa omega, Impreso México 2000, Pág. 398

[54] SINGER, Ferdinand L., ANDREW Pytel, Resistencia de Materiales, Editorial Alfa omega, Impreso México 2000, Pág. 270

T = Tensión (Capacidad de la carga).

Fy = Esfuerzo admisible. Ver tabla 3.8

Tabla 3.8 Esfuerzo admisible	
ASTM- A36	2530 Kgf/cm^2

Fuente: http://webdelprofesor.ula.ve/nucleotrujillo/americab/08-conexionesApernadas/8-16.html

3.5.3. Factor de seguridad

$$\sigma_{max} = \frac{Sy}{n} \quad [55]$$

$$\frac{w_t}{A_g} = \frac{Sy}{n}$$

$$A_g = \frac{132Kgf * (4)}{250x\ 10^5 Kgf/m^2}$$

$$A_g = 0{,}00020\ m^2 = 2{,}0\ cm^2$$

Donde:

n = Coeficiente de seguridad

Sy = Limite de fluencia. Ver Anexo III (Tabla C1)

σ_{max} =Esfuerzo máximo de tensión

w_t = Peso total del envejecedor

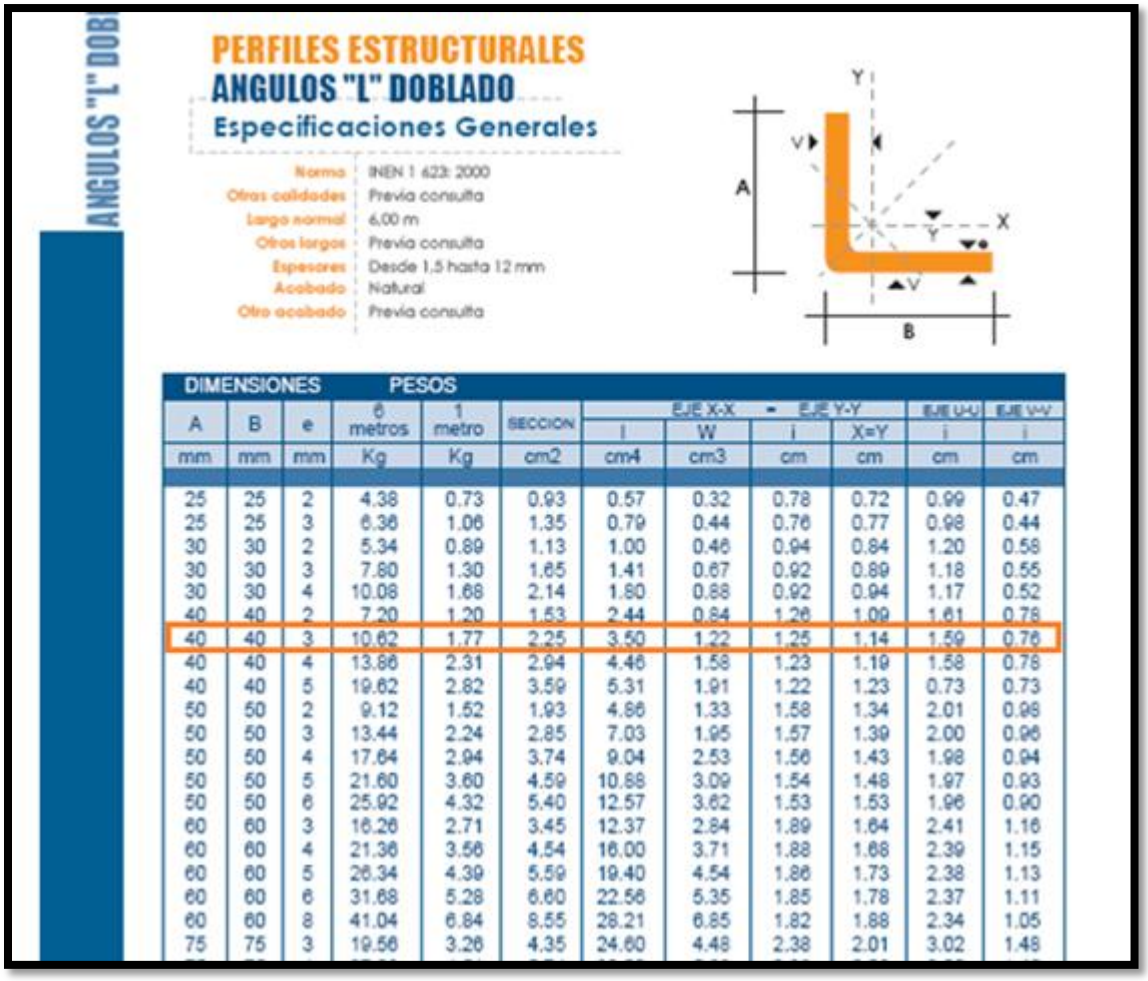
A_g = Área total de la sección.

Con este resultado se verifica que el perfil que soportara el peso total del envejecedor de arroz es L 40 x 40 x 3. Ver tabla 3.9

$$A_g = 2{,}25cm^2 > 2{,}0\ cm^2$$

[55] MAYORI, Alejandro, Resistencia de Materiales Aplicada, Editorial Yucatán Hermosa, Impreso la Paz Bolivia, Pág. 25.

Tabla 3.9 Propiedades de los ángulos para diseñar



ANGULOS "L" DOB

PERFILES ESTRUCTURALES

ANGULOS "L" DOBLADO

Especificaciones Generales

Norma	INEN 1 623: 2000
Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6,00 m
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1,5 hasta 12 mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta

DIMENSIONES			PESOS			EJE X-X		EJE Y-Y		EJE U-U	EJE V-V
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	I	W	i	X=Y	i	i
mm	mm	mm	Kg	Kg	cm2	cm4	cm3	cm	cm	cm	cm
25	25	2	4.38	0.73	0.93	0.57	0.32	0.78	0.72	0.99	0.47
25	25	3	6.36	1.06	1.35	0.79	0.44	0.76	0.77	0.98	0.44
30	30	2	5.34	0.89	1.13	1.00	0.46	0.94	0.84	1.20	0.58
30	30	3	7.80	1.30	1.65	1.41	0.67	0.92	0.89	1.18	0.55
30	30	4	10.08	1.68	2.14	1.80	0.88	0.92	0.94	1.17	0.52
40	40	2	7.20	1.20	1.53	2.44	0.84	1.26	1.09	1.61	0.78
40	40	3	10.62	1.77	2.25	3.50	1.22	1.25	1.14	1.59	0.76
40	40	4	13.86	2.31	2.94	4.46	1.58	1.23	1.19	1.58	0.78
40	40	5	19.62	2.82	3.59	5.31	1.91	1.22	1.23	0.73	0.73
50	50	2	9.12	1.52	1.93	4.66	1.33	1.58	1.34	2.01	0.96
50	50	3	13.44	2.24	2.85	7.03	1.95	1.57	1.39	2.00	0.96
50	50	4	17.64	2.94	3.74	9.04	2.53	1.56	1.43	1.98	0.94
50	50	5	21.60	3.60	4.59	10.88	3.09	1.54	1.48	1.97	0.93
50	50	6	25.92	4.32	5.40	12.57	3.62	1.53	1.53	1.96	0.90
60	60	3	16.26	2.71	3.45	12.37	2.84	1.89	1.64	2.41	1.16
60	60	4	21.36	3.56	4.54	16.00	3.71	1.88	1.68	2.39	1.15
60	60	5	26.34	4.39	5.59	19.40	4.54	1.86	1.73	2.38	1.13
60	60	6	31.68	5.28	6.60	22.56	5.35	1.85	1.78	2.37	1.11
60	60	8	41.04	6.84	8.55	28.21	6.85	1.82	1.88	2.34	1.05
75	75	3	19.56	3.26	4.35	24.60	4.48	2.38	2.01	3.02	1.48

Fuente: www.dipacmanta.com

3.6. CÁLCULO DE LA COMPUERTA DE DESCARGA

La compuerta de descarga del prototipo de envejecedor debe ser lo más simple y resistente posible para que no se convierta en un obstáculo cuando se descargue el arroz.

3.6.1. Cálculo del área de la compuerta de descarga.

$$A_{compu} = \pi * r^2{}_{compu} \quad [56]$$

$$A_{compu} = \pi * (0.025m)^2{}_{compu}$$

$$A_{compu} = 0{,}0020\, m^2$$

3.6.2. Cálculo de la presión que ejerce el arroz sobre la compuerta.

$$P_{compu} = \frac{w_a}{A_{compu}} \quad [57]$$

$$P_{compu} = \frac{m_a * gravedad}{A_{compu}}$$

$$P_{compu} = \frac{40\ Kg * 9{,}8 m/s^2}{0{,}0020\, m^2}$$

$$P_{compu} = 196000 \frac{N}{m^2} = 20000\ kg/m^2$$

Donde:

w_a = Peso total del arroz

A_{compu} = Área del cono truncado

P_{compu} = Presión que ejerce sobre la compuerta

3.6.3. Cálculo del espesor de la compuerta de descarga

$$e_{pp} = \frac{0{,}77 * D_i * P_{compu}}{2 * \sigma_{adm}} \quad [58]$$

$$e_{pp} \geq \frac{0{,}77 * 0{,}05m * 20000\ Kg/\ m^2}{2 * 1{,}2 \times 10^7 Kg/\ m^2}$$

$$e_{pp} \geq 3{,}2\ x\ 10^{-5}\ m$$

$$e_{pp} \geq 0{,}03\ m$$

[56] Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos

[57] SINGER, Ferdinand L., ANDREW Pytel, Resistencia de Materiales, Editorial Alfa omega, Impreso México 2000, Pág. 30

[58] RAVANET J, Silos, Editores Técnicos Asociados, Barcelona 1977, Pág. 9-10

De acuerdo con los cálculos realizados y criterios de autores seleccionamos el espesor de la plancha de 1.5 mm por motivo que se tiene sobrantes de la plancha ya comprados.

3.6.4. Cálculo de la capacidad del perno-pivote

$$\emptyset R = \emptyset * F_t * A_{piv.} \quad [59]$$

$$\emptyset R = 0{,}75 * 3160 \frac{Kg}{cm^2} * \left(\pi * r^2{}_{piv.}\right)$$

$$\emptyset R = 0{,}75 * 3160 \frac{Kg}{cm^2} * \pi(0{,}357cm)^2$$

$$\emptyset R = 948{,}92\ Kgf$$

Donde:

$\emptyset R =$ Resistencia del perno a tracción

$A_{piv.} =$ Área del perno-pivote

F_t = tracción de diseño nominal. Ver tabla 3.10

$\emptyset =$ Constante para agujeros estándar

Con este resultado se verifica que el perno-pivote soporte el peso del arroz.

$$Eficiencia = \frac{carga\ de\ seguridad}{resistencia\ de\ la\ placa} \quad [60]$$

$$Eficiencia = \frac{948{,}92\ Kgf}{(1{,}5\ cm)(0{,}318cm)(3200Kgf/cm^2)}$$

$$Eficiencia = \frac{2{,}39\ KN}{1526{,}4\ KN} * 100\%$$

$$Eficiencia = 62{,}16\ \%$$

[59] SINGER, Ferdinand L., ANDREW Pytel, Resistencia de Materiales, Editorial Alfa omega, Impreso México 2000, Pág. 391

[60] SINGER, Ferdinand L., ANDREW Pytel, Resistencia de Materiales, Editorial Alfa omega, Impreso México 2000, Pág. 398

Tabla 3.10 Tracción nominal de los pernos

Pernos A307	3160 Kgf/cm^2
Pernos A325	6330 Kgf/cm^2
Pernos A490	7940 Kgf/cm^2

Fuente: http://webdelprofesor.ula.ve/nucleotrujillo/americab/08-conexionesApernadas/8-16.html

CAPITULO 4

CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO

4. GENERALIDADES

La construcción del prototipo envejecedor de arroz se le debe realizar en un taller mecánico industrial, donde se dispongan de los equipos básicos para fabricar de cada uno de los elementos que conforman la máquina. Ver anexo VIII

Un factor importante que se debe tomar en cuenta es el de obtener los materiales y los accesorios en el mercado local, lo que facilita la construcción del prototipo envejecedor de arroz.

4.1. CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO DE ENVEJECEDOR DE ARROZ.

4.1.1. REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Para la construcción amerita lo siguiente:

4.1.1.1. Máquinas y Equipos.

- Baroladora
- Cizalla.
- Taladro.
- Dobladora.
- Esmeril.
- Torno.
- Soldadoras Mig y Tig
- Equipo de pintura.

4.1.1.2. Herramientas.

- Brocas.
- Útiles para tornear.
- Escuadras.
- Limas.
- Martillos
- Llaves.
- Rayador.
- Sierra de arco.

4.1.1.3. Instrumentos de medición y verificación.

- Calibrador pie de rey.
- Compás.
- Nivel.
- Flexómetro.
- Escuadras.

4.1.1.4. Resumen de materiales.

- Plancha de acero INOX 304, varios espesores.
- Plancha de acero al carbono A36, varios espesores.
- Tubo acero INOX 304, varios diámetros.
- Lana de vidrio.
- Perfil L.

4.1.1.5 Listado de elementos a construir.

- Chapa metálica (cilindro principal).

- Cámara de envejecimiento.
- Anillos de conducción.
- Calentador de aire.
- Soportes.
- Tolva: Plano.

El ventilador centrífugo que se utiliza para impulsar el aire hacia el interior de la cámara de envejecimiento, la válvula que abre y sierra el paso del combustible, mangueras y cilindros de gas son elementos que se los adquiere en el mercado local.

La construcción para esta máquina básicamente incluyen procesos de corte, soldadura, torneado, frezado, doblado y barolado.

CAPÍTULO 5

COSTOS

5.1. INTRODUCCIÓN

El análisis de costos, tiene por objeto determinar el monto de los recursos económicos necesarios para la construcción del prototipo. Se lo realiza tomando en cuenta los costos directos e indirectos.

Para determinar el Costo Total Directo se considera los costos parciales de:

- Materiales
- Accesorios
- Costos de maquinado
- Costo de montaje

De manera similar para determinar el costo total indirecto se considera los costos parciales de:

- Materiales complementarios
- Costos de ingeniería
- Imprevistos

Para determinar el costo total de la máquina envejecedora de arroz, se suma el total de los costos directos con los costos indirectos.

5.2. ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS

5.2.1. COSTOS DE MATERIALES

Se denominan materiales directos a los materiales que se utilizan para construir los elementos que conforman la máquina. Los costos de materiales directos se presentan en la tabla 5.1

Tabla 5.1 Costos de Materiales Directos

Material	Cantidad	Valor Unitario [usd]	Valor Total [usd]
Plancha laminado al frio 1.40mm (1/16)”	2	35,80	71,60
Plancha acero inoxidable 4x8 430-2B (e=1.5mm)	1	106,15	106,15
Angulo imp. 50mm X 4mm (2 x 3/16)”	1	22,70	22,70
Tubería acero inoxidable redonda 304 (1” x 2mm)	1	33,90	33,90
Plancha acero inoxidable 4x8 430-2B (e=1.5mm)	1/2	106,15	57,14
Tubería acero cuadrada A-36 (2” x 2mm)	1/6	12,21	12,21
Tubería acero inoxidable 304 (1” x 2mm)	1/6	5,25	5,25
Pedazo de acero inoxidable mate (100mm x100mm)	1	3,19	3,19
Lana de vidrio (Kg)	20	1	20,00
Pintura cóndor Laca (lit.)	1	14,96	14,96
Thinner cóndor Laca (lit.)	1	3,30	3,30
TOTAL			**350,40**

5.2.2. COSTOS DE MATERIALES COMPLEMENTARIOS

Los costos de materiales complementarios se muestran en la Tabla 5.2

Tabla 5.2 Costos de Materiales Complementarios

Material	Cantidad	Valor Unitario [usd]	Valor Total [usd]
Gas Argón	300	0.20	60.00
Lijas A-2/ 60	5	0.80	4.00
Fondo para pintura Laca (lit.)	1	21,74	21,74
Piedras /Muelas P/Pulir	3	3,04	9,12
Disco de corte 4 ½	2	1,56	3,13
Disco de desbaste 4 ½ x ¼	1	1.25	1,25
Broca 3/8	1	0,45	0,45
Broca 1/4	1	0,25	0,25
TOTAL			**99,94**

5.2.3. COSTOS DE ACCESORIOS

Son aquellos que son de libre comercialización en el mercado local, y no necesitan ser alterados para su uso. (Anexo VI) Los costos de los elementos directos se presentan en la Tabla 5.3

Tabla 5.3 Costos de Accesorios

Elemento	Cantidad	Valor Unitario [usd]	Valor Total [usd]
Válvula de gas vinigas	1	6,70	6,70
Cilindros de gas 15Kg	1	56,00	56,00
Venterol	1	44,64	44,64
Manguera de gas 5/16	3	0,89	2,68
Válvula esférica F.V. 1/2	1	3,50	3,50
Pernos inox 3/8 x 1 plg	4	0,15	0,60

Pernos 3/8 x 1 plg	4	0,08	0,32
Pernos inox 5/16 x 1 plg	4	0,13	0,52
TOTAL			**114,96**

5.3. COSTOS DE MAQUINADO

Este costo tiene que ver con el valor respecto a la mano de obra directa empleada en las máquinas herramientas y equipos eléctricos. Estos valores se presentan en la Tabla 5.4

Tabla 5.4 Costos de Maquinado

Maquinado	Descripción del trabajo	Costo de maquinado incluye mano de obra [usd/h]	Cantidad	Costo total por maquinado [usd]
Soldadura MIG	Cordón de soldadura	5	6	30,00
Soldadura TIG	Cordón de soldadura	8	5	40,00
Plasma	Numero de cortes	5	10	50
Taladrado	-	4,50	1	4,50
Cizallado	Número de cortes	1	10	10,00
Doblado	Número de dobleces	3	5	15,00
Barolado	Número de barolados	2	4	8,00
TOTAL				**157,50**

5.3.1. COSTOS DE MONTAJE

Estos costos están relacionados con la mano de obra necesaria para el armado y ensamblado de cada una de las partes de la máquina. Para el montaje se considera el trabajo de tres

personas durante un día a un costo de $15 por cada trabajador, resultando un costo total de montaje de $45.

5.3.2. COSTO DIRECTO TOTAL

En la 5.5 se indica la cantidad total de costo directo.

Tabla 5.5 Costo Directo Total

Componente del costo	Valor [usd]
Materiales Directos	350,40
Materiales complementarios	99,94
Accesorios	114,96
Costos de Maquinado	157,50
Costos de Montaje	45,00
TOTAL	**767,80**

5.4. COSTOS ADMINISTRATIVOS

5.4.1. COSTOS DE INGENIERÍA

Corresponde al costo debido al tiempo que se ha dedicado al diseño de la máquina. Aproximadamente se emplean 160 horas laborables.

Un ingeniero con conocimientos y experiencia en Diseño de Maquinaria para Alimentos debe percibir un mínimo de 20 dólares por hora. Estos valores se presentan en la Tabla 5.6

Tabla 5.6 Costo de ingeniería

Ingenieros	Horas	Costo de ingeniería [usd/h]	Costo total [usd]
Quingatuña René	80	5	400
Sigcha Renato	80	5	400
TOTAL			800

Este costo constituye el valor económico debido al conocimiento del ingeniero para diseñar y seleccionar los elementos de la máquina.

5.5. COSTO TOTAL INDIRECTO

En la tabla 5.7 se indica la cantidad total del costo indirecto

Tabla 5.7 Costo indirecto Total

Componente del costo	Valor [usd]
Transporte	50,00
Costos de Ingeniería	800
Subtotal:	850,00
TOTAL	**850,00**

5.6. COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA

Resulta de la suma de los costos directos con los costos indirectos, esto se indica en la Tabla 5.8

Tabla 5.8 Costo de la máquina

Componente del costo	**Valor [usd]**
Costos Directos	767,80
Costos indirectos	850,00
Subtotal:	1617,80
10% Imprevistos	161,78
Subtotal	1779,58
IVA 12%	213,54
TOTAL	**1993,12**

Como se puede ver en la Tabla 5.8; el costo total obtenido para el envejecedor de arroz, resulta accesible para los pequeños y medianos productores de arroz.

En comparación con las grandes máquinas importadas que utilizan los grandes comercializadores, ésta máquina tiene un costo bajo, facilitando que los pequeños y medianos agricultores puedan acceder a ella.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Al finalizar el desarrollo del diseño y construcción del prototipo envejecedor de arroz, se presentan las siguientes conclusiones:

- Según los estudios de campos realizados, se ha podido determinar que, el pequeño agricultor en la mayoría de los casos obtiene una utilidad muy baja por la venta de su producto. Siendo esta una de las causas por el cual el agricultor ha perdido el interés por cultivar sus productos.

- El objetivo principal del proyecto se ha cumplido, se ha diseñado y construido un envejecedor de arroz, cumpliendo con los parámetros funcionales y los requerimientos planteados al inicio.

- El prototipo construido es de fácil traslado, mantenimiento y desmontaje. Para su operación no es necesario tener personal calificado, puede realizar cualquier persona. El diseño de la máquina permite se sea operado por una sola persona.

- Con el diseño y construcción del presente trabajo se ha logrado satisfacer los requerimientos del pequeño y mediano agricultor del sector arrocero.

- Se aplicaron todos los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en la Carrera de Ingeniería Mecánica, obteniendo resultados satisfactorios.

RECOMENDACIONES

Para obtener un buen producto y alargar la vida útil de la máquina se debe seguir las siguientes recomendaciones:

- Para obtener una buena calidad del arroz hay que tomar en cuenta el tiempo y la temperatura del proceso que se muestra en la curva de envejecimiento, que se encuentra en el anexo II

- Para realizar el envejecimiento el arroz debe estar previamente pilado sin cáscara y en lo posible libre de impurezas.

- Se recomienda antes de usar el equipo, revisar que no haya fugas en las mangueras y tuberías de gas, que todas las conexiones estén debidamente conectadas.

- Se recomienda que la máquina se encuentre en un lugar abierto, para evitar la contaminación por la combustión del CO2.

- Para obtener una mejor calidad del arroz, la humedad inicial debe estar entre 16% y el 14%.

- Se sugiere dar un mayor interés por parte de las universidades a los proyectos orientados hacia la agroindustria que faciliten y mejoren la producción agrícola.

- Para el recubrimiento exterior se debe utilizar pintura resistente al calor, además todos los elementos en contacto con el producto deben de ser de acero inoxidable.

- Para la operación de la máquina cuando el operario manipule combustible gaseoso debe tener en cuenta la seguridad industrial, las medidas de prevención y control.

BIBLIOGRAFÍA

- INCROPERA FRANK. Fundamentos de Transferencia de Calor. Pearson Educación. Cuarta edición, México, 1999

- KREITH, F. Principios de Transferencia de Calor. Ed. 1986. Madrid España

- MARKS. Manual del Ingeniero Mecánico. Vol I Mc Graw-Hill, México 1984

- CENGEL. J. Termodinámica Tomo I y Tomo II, Mc Graw-Hill, México 1990

- KENT JONES. Química Moderna de los Cereales. Vol I Editorial Aguilar Pag. 130 – 151. 3ra. Edición.

- BIBLIOTECA INIAP El Boliche (Provincia del Guayas)

- Zonas de Cultivo de Arroz Juliano et Hicks, Sica 2006

- INIAP. 2004, 2005 y 2006. Informes Técnicos Anuales del Proyecto IFAD-IPGRI. Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a los ingresos de los agricultores más pobres. Programa Nacional de Granos Andinos. Estación El Boliche, INIAP. Guayas, Ecuador.

- Ing. FRANCISCO ANDRADE Estación de Elaboración de Semillas INIAP, Estación el BOLICHE (GUAYAQUIL), Jefe de la Estación y del departamento de Elaboración y semillas.

- Servicio de información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura Ganadería del Ecuador.

- www.sica.gov.ec
- www.iniap-ecuador.gov.ec
- http://es.wikipedia.org/wiki/Poder_calor%C3%ADfico" El poder calórico”
- www.cipca.org.pe\infoormacionydesarrollo\arroz
- www.viarosario.com\viagourmet\sabores
- www.fedearroz.gov.com
- http://es.wikipedia.org/wiki/Poder_calor%C3%ADfico" El poder calórico en

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ACERO INOXIDABLE

Los aceros inoxidables contienen cromo, níquel y otros elementos de aleación, que los mantienen brillantes y resistentes a la herrumbre y oxidación a pesar de la acción de la humedad o de ácidos y gases corrosivos.

AMILASA

Que contiene almidón o que se parece a esta sustancia.

AMILO

Semejante al almidón.

ANGIOSPERMAS

Se dice de las plantas fanerógamas cuyos carpelos forman una cavidad cerrada u ovario, dentro de la cual están los óvulos.

BLOWER

Maquina que produce una corriente de aire o gas.

CALIBRADOR PIE DE REY

Calibrador, dispositivo mecánico que se utiliza para medir longitudes pequeñas con cierta precisión. Los calibradores sencillos tienen dos patillas que se adaptan a las superficies cuya separación queremos medir. La abertura de las patillas se compara con una regla para obtener la medida. Hay calibradores más complejos, como el pálmer (parecido a una llave inglesa), que llevan una regla que permite la lectura directa de la medida de su abertura.

CALÓRICO

Principio o agente hipotético que se creyó causante de los fenómenos del calor.

CIZALLA

Instrumento a modo de tijeras grandes, con el cual se cortan en frío las planchas de metal.

COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CALOR

Flujo de calor por grado de temperatura entre dos ambientes isotermos y por unidad de superficie de una de las caras isotermas de un cerramiento, dado, que separa ambos ambientes. También llamado coeficiente de transmisión térmica, transmitancia térmica.

COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN TÉRMICA

Flujo de calor por grado de temperatura entre dos ambientes isotermos y por unidad de superficie de una de las caras isotermas de un cerramiento, dado, que separa ambos ambientes. También llamado coeficiente de transmisión de calor, transmitancia térmica.

CONDUCCIÓN

La conducción es la transferencia de calor a través de un material fijo, en donde la dirección del flujo de calor se da en ángulos rectos a la pared si las superficies de las paredes son isotérmicas y el cuerpo es homogéneo e isotrópico, por tanto este mecanismo es beneficioso cuando se tiene un flujo de calor por contacto a través de superficies fijas con materiales de buena conductividad térmica y en ambientes controlados como el vacío en donde no se tiene perdidas por contacto con un fluido externo al sistema.

CONVECCIÓN

La convección es la transferencia de calor entre partes relativamente calientes y frías de una lámina de metal. La transferencia se debe al movimiento de la lámina de metal.

COTILEDÓN

Primera hoja del embrión de las plantas fanerógamas.

DEXTRINA

Producto de la hidrólisis incompleta, ácida o enzimática, del almidón.

ENDOCARPIO

Capa interna de las tres que forman el pericarpio de los frutos, que puede ser de consistencia leñosa, como el hueso del melocotón.

ENZIMAS

Proteína que cataliza específicamente cada una de las reacciones bioquímicas del metabolismo.

ESTRUCTURA

Armadura, generalmente de acero u hormigón armado, que, fija al suelo, sirve de sustentación a un edificio.

FANERÓGAMAS

Se dice de las plantas en que el conjunto de los órganos de la reproducción se presenta en forma de flor, que se distingue a simple vista.

FIBRA DE VIDRIO

La fibra de vidrio es la única fibra de origen inorgánico (mineral) que se utiliza a gran escala en los tejidos corrientes. Se fabrica moldeando o soplando el vidrio fundido hasta formar hilos. Se ha descubierto que la fibra de amianto, que se empleaba en el pasado en aislamientos y protecciones ignífugas, es cancerígena. Para conseguir más resistencia, las hojas de metal se intercalan con capas delgadas o película de plástico. El material sirve como aislante.

FITOMEJORADORES

El Fitomejoramiento es una maravillosa disciplina de las ciencias biológicas, que ha permitido la creación de nuevas variedades o híbridos de especies vegetales con características mejoradas de importancia como son altos rendimientos, resistencia a las principales plagas y enfermedades, capacidad de adaptación a diferentes condiciones de clima y suelo, precocidad, mayor contenido nutricional y excelente presentación entre otras.

FLEXOMETRO

El flexómetro es un instrumento de medición el cual es conocido con el nombre de cinta métrica, con la particularidad de que está construido por una delgada cinta metálica flexible, dividida en unidades de medición, y que se enrolla dentro de una carcasa metálica o de plástico

FLUJO LAMINAR Y TURBULENTO

A bajas velocidades, los fluidos fluyen con un movimiento suave llamado laminar. A velocidades altas, el movimiento de los fluidos se complica y se hace turbulento. En los fluidos que fluyen por tubos, la transición del movimiento laminar al turbulento depende del diámetro del tubo y de la velocidad, densidad y viscosidad del fluido. Cuanto mayores son el diámetro, la velocidad y la densidad, y cuanto menor es la viscosidad, más probable es que el flujo sea turbulento.

FLUJO MÁSICO

Es en física la magnitud que expresa la variación de la masa en el tiempo. Matemáticamente es la diferencial de la masa con respecto al tiempo. Se trata de algo frecuente en sistemas termodinámicos, pues muchos de ellos (tuberías, toberas, turbinas, compresores, difusores...) actúan sobre un fluido que lo atraviesa.

GENERATRIZ

Dicho de una línea o de una figura: Que por su movimiento engendra, respectivamente, una figura o un sólido geométrico.

GERMEN

Microorganismo que puede causar o propagar enfermedades.

G.L.P.

Gas licuado de petróleo

GRAMÍNEAS

Se dice de las plantas angiospermas monocotiledóneas que tienen tallos cilíndricos, comúnmente huecos, interrumpidos de trecho en trecho por nudos llenos, hojas alternas que nacen de estos nudos y abrazan el tallo, flores muy sencillas, dispuestas en espigas o en panojas, y grano seco cubierto por las escamas de la flor, el trigo, el arroz y el bambú.

HERBÁCEA

Que tiene la naturaleza o cualidades de la hierba.

HIDROLÍTICAS

Desdoblamiento de la molécula de ciertos compuestos orgánicos por acción del agua.

HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa del aire, se define como la razón entre la presión de vapor de agua en un momento dado (Pv) y la presión de vapor de agua cuando el aire está saturado de humedad (Pvs), a la misma temperatura. La humedad relativa se puede expresar como decimal o como porcentaje.

INIAP

Instituto nacional de investigación agropecuaria

LA ENTALPÍA Y EL VOLUMEN ESPECÍFICO

Son propiedades de la mezcla de aire seco y vapor de agua, pero para mayor comodidad se expresan sobre la base de una unidad de masa de aire seco.

LIPIDOS

Cada uno de los compuestos orgánicos que resultan de la esterificación de alcoholes, como la glicerina y el colesterol, con ácidos grasos.

MALTOSA

Disacárido formado por dos moléculas de glucosa.

MONOCOTILEDÓNEAS

Se dice del vegetal o planta cuyo embrión posee un solo cotiledón.

NUMERO DE NUSSELT

Es un número a dimensional que mide el aumento de la transmisión de calor desde una superficie por la que un fluido discurre (transferencia de calor por convección) comparada con la transferencia de calor si ésta ocurriera solamente por conducción.

NUMERO DE REYNOLDS

Número a dimensional que se utiliza en la mecánica de fluidos para estudiar el movimiento de un fluido en el interior de una tubería, o alrededor de un obstáculo sólido.

ORUGA

Planta herbácea anual, de la familia de las Crucíferas, con tallos vellosos de cuatro a cinco decímetros de altura, hojas lanceoladas y partidas en varios gajos puntiagudos, flores axilares y terminales de pétalos blancos con venas moradas, y fruto en vainilla cilíndrica, con semillas globosas, amarillentas y menudas.

PANÍCULA

Panoja o espigas de flores

PECTINA

Polisacárido complejo presente en las paredes celulares de los vegetales, especialmente en las frutas, que se utiliza como espesante en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética.

PERICARPIO

Parte exterior del fruto de las plantas, que cubre las semillas.

PLANCHA

Lámina o pedazo de metal llano y delgado respecto de su tamaño.

PRESIÓN DE VAPOR

La presión de vapor, es la presión parcial que ejercen las moléculas de vapor de agua presentes en el aire húmedo. Cuando el aire está totalmente saturado de vapor de agua, su presión de vapor se denomina presión de vapor saturado (PVS).

PROTEÍNA

Cuyas cadenas de aminoácidos están unidas covalentemente a moléculas de otra naturaleza, como los lípidos, los hidratos de carbono, etc.

PSICROMETRÍA

La psicrometría se define como "aquella rama de la física relacionada con la medición o determinación de las condiciones del aire atmosférico, particularmente respecto de la mezcla de aire seco y vapor de agua".

RELÉS

Es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

SECANO

Tierra de labor que no tiene riego, y solo participa del agua de lluvia.

SENSORES

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

SIEMBRA

Tiempo en que se siembra.

SUELDA MIG

Es la que utiliza un gas para proteger la fusión del aire de la atmósfera. Según la naturaleza del gas utilizado se distingue entre soldadura MIG, si utiliza gas inerte, y soldadura MAG, si utiliza un gas activo. Los gases inertes utilizados como protección suelen ser argón y helio; los gases activos suelen ser mezclas con dióxido de carbono. En ambos casos el electrodo, una varilla desnuda o recubierta con fundente, se funde para rellenar la unión.

SUELDA TIG

Se utiliza un gas inerte para proteger los metales del oxígeno, como la MIG, pero se diferencia en que el electrodo no es fusible; se utiliza una varilla refractaria de volframio. El metal de aportación se puede suministrar acercando una varilla desnuda al electrodo.

TECNIFICADAS

Introducir procedimientos técnicos modernos en las ramas de producción que no los empleaban.

TERMOCUPLA

Un termopar (también llamado termocupla) es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje (efecto Seebeck), que es función de la diferencia

de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" o unión caliente o de medida y el otro denominado "punto frío" o unión fría o de referencia.

VARIADOR DE FRECUENCIA

Es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).

VENTILADOR CENTRÍFUGO

Aparato usado para ventilar los espacios cerrados, constituido por un motor eléctrico que acciona una paleta lo bastante grande para desplazar de manera regular y continua una masa de aire.

VOLEO

Arrojando la semilla a puñados y esparciéndola al aire.

ANEXOS

ANEXO I

SEMILLAS TECNIFICADAS

INIAP

INFORMACIÓN ADICIONAL PROPORCIONADA POR EL INIAP

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE SEMILLAS INIAP
INFORMACIÓN GENERAL

SEMILLAS

Según la descripción botánica semilla, " Es un óvulo fecundado y maduro que contiene un embrión"; según la ley de semillas y sus reglamentos vigente en el país es "Todo grano, bulbo, tubérculo y en general toda estructura botánica destinada a la reproducción sexual o asexual de una especie"; pero para la generalidad del sector agrícola es la unidad viviente más importante porque es la que marca la diferencia entre el éxito y el fracaso.

CERTIFICACIÓN DE SEMILLAS

Es el proceso técnico destinado a mantener la pureza genética de las variedades mejoradas y la sanidad de los cultivos, bajo responsabilidad oficial.

La importancia de la certificación de semillas es indiscutible, por ello todos los países del mundo se han incorporado a este proceso y su grado de progreso agrícola está en íntima relación con la aplicación de la ley y uso de Semillas Certificadas.

COMO SE OBTIENEN LA VARIEDADES MEJORADAS

Las variedades mejoradas son obtenidas por los fitomejoradores mediante un proceso que demora años de paciente labor, realizando cruzamientos, retro cruces y selecciones de miles de plantas hasta obtener una variedad que aventaje significativamente a las existencias y que se adapte a diferentes ambientes.

MULTIPLICACIÓN DE SEMILLAS

Se realiza en campos libres de contaminantes como malezas y mezclas de diferentes variedades de las mismas especies que son nocivas; aquí se siguen las recomendaciones de Certificación de Semillas las que son verificadas por los inspectores de la Unidad de Semillas del Ministerio de Agricultura y Ganadería, lo cual garantiza la pureza genética y la calidad de las Semillas; pocos agricultores conocen los esfuerzos que realizan los fitomejoradores hasta obtener nuevas variedades y menos aún la serie de cuidados que se da a ésos materiales en el proceso de multiplicación y que no solo abarca las labores en el campo y en las Unidades de Beneficio para obtener como producto final una Semilla de alta calidad que garantice la inversión del usuario.

PRODUCTIVIDAD

El potencial de rendimiento de todas las variedades de arroz generados por el INIAP oscila entre 5 a 7 toneladas métricas por hectárea pero la media de Producción Nacional según el S.I.C.A. - INEC está en 3.7 TM.

ENTRE LAS PRINCIPALES CAUSAS TENEMOS:

El bajo porcentaje de uso de Semillas Certificadas que según las estadísticas oscila entre 10 a 12%

No utilizan prácticas tecnológicas recomendadas

El reciclaje de Semillas, las compras en molinos y piladoras ó piratas que venden granos comerciales en lugar de Semillas, son los causantes en gran proporción de los problemas del sector arrocero, porque ayudan a la proliferación de malezas nocivas como el arroz rojo, además de una serie de problemas como las mezclas varietales.

IMPORTANCIA DEL USO DE SEMILLAS CERTIFICADAS

Es imprescindible que el sector agrícola esté consciente de lo importante que es para su actividad sembrar Semillas Certificadas con lo que asegura los siguientes beneficios:

- Incrementa el rendimiento
- Tener uniformidad en la germinación y desarrollo inicial de las plantas
- Evita la proliferación de malezas llevadas por las Semillas que no son certificadas.
- Evitar las resiembras parciales ó totales.

Por lo tanto es fácil determinar que la diferencia entre el éxito ó el fracasó está en usar Semillas Certificadas y aplicar el paquete tecnológico recomendado.

La Semilla es la base del edificio agrícola de todos los países del mundo. ¿Por qué no poner nosotros esa base para levantar nuestro edificio agrícola?

La mejor alianza estratégica del Ecuador es la formada por la investigación agrícola, la multiplicación de semillas.

"Siembre Semillas Certificadas y su cosechas estarán aseguradas"

Figura A-I Semillas certificadas

Tabla A-I

LISTA DE PRECIOS DEPARTAMENTO DE SEMILLAS

ESPECIE	CATEGORIA	VARIEDAD	PRECIO POR CADA KILO $	TOTAL SACA DE 45 KILOS(QQ) $
ARROZ	REGISTRADA	INIAP-11	1.0	45,00
ARROZ	REGISTRADA	INIAP-12	1.0	45,00
ARROZ	REGISTRADA	INIAP-14	1.0	45,00
ARROZ	REGISTRADA	INIAP-415	1.0	45,00
ARROZ	CERTIFICADA	INIAP-11	0.75	33,75
ARROZ	CERTIFICADA	INIAP-12	0.75	33,75
ARROZ	CERTIFICADA	INIAP-14	0.75	33,75
ARROZ	CERTIFICADA	INIAP-415	0.75	33,75
SOYA	REGISTRADA	INIAP-306 INIAP-307	1.00 1.00	45,00 45,00
SOYA	CERTIFICADA	INIAP-306 INIAP-307	0.80 0.80	36,00 36,00
SOYA	COMERCIAL	INIAP-306 INIAP-307	0.35 0.35	15,75 15,75
				Saca de 15kg
MAIZ	CERTIFICADA	INIAP H-551	1,30	19,50

De las cuales las más comercializadas son:

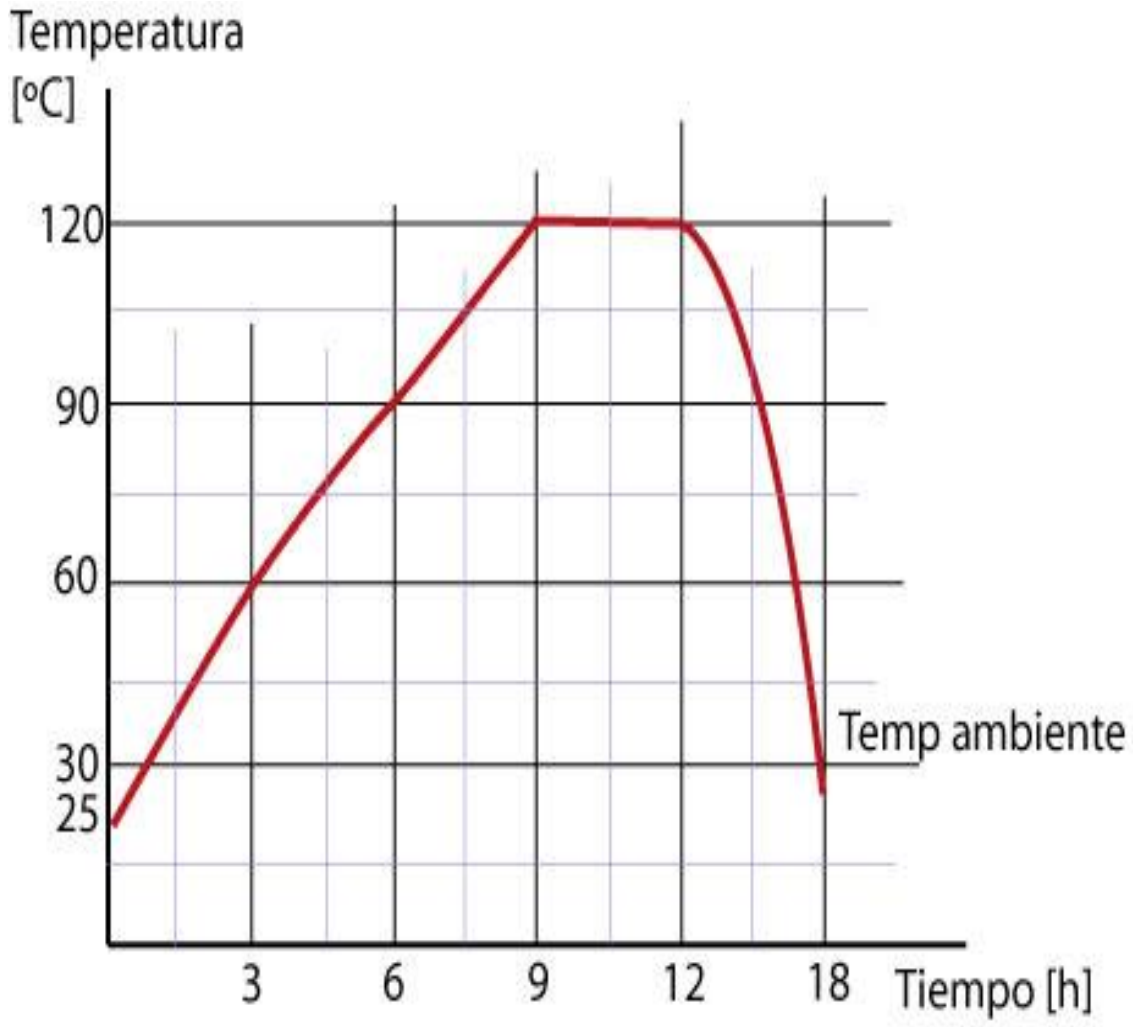
ARROZ	SOYA	MAIZ
INIAP-415 INIAP-14	INIAP-306 INIAP-307	INIAP-H-551

ANEXO II

CURVA DE ENVEJECIMIENTO

Curva de temperaturas para el envejecimiento

Cuadro de temperaturas versus tiempo, con el cual se da el proceso de envejecimiento.



Fuente: MARQUES PEREIRA, José y MARCAL DE QUEIROZ, Daniel. Principios de secado de granos psicrometría higroscopía. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe

ANEXO III

TABLAS

Tabla 1

PORTOVIEJO-UTM

INAMHI

MES	HELIOFANIA	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)							HUMEDAD RELATIVA (%)					PUNTO DE ROCIO	TENSION DE VAPOR	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación
		ABSOLUTAS				MEDIAS										Suma	Máxima		
	(Horas)	Máxima	día	Mínima	día	Máxima	Mínima	Mensual	Máxima	día	Mínima	día	Media	(°C)	(hPa)	Mensual	24hrs	día	
ENERO	119,0	34,6	28	19,8	8	31,9	22,0	26,3	98	17	42	21	75	21,2	25,3	60,7	19,5	30	14
FEBRERO	70,2	33,5	6	21,2	8	30,6	22,9	26,0	98	2	54	6	86	23,3	28,5	157,9	31,3	4	22
MARZO	150,4	33,8	15	20,4	20	31,6	22,9	26,7	100	8	52	15	83	23,2	28,5	161,9	56,7	6	17
ABRIL	175,1	34,4	23	19,2	21	32,4	21,4	26,3	98	5	50	24	77	21,6	25,9	16,9	13,2	4	4
MAYO	136,1	33,8	3	18,6	17	31,4	21,3	25,6	98	14	47	30	77	21,0	24,9	0,3	0,2	8	2
JUNIO	102,1	34,0	14			30,5		24,9	97	17	49	14	78	20,5	24,1	1,1	0,5	7	4
JULIO	138,0	34,0	11			31,0	20,3	24,9	94	7	48	11	75	20,0	23,4	0,0	0,0	1	0
AGOSTO	126,0	34,5	30	19,0	30	31,5	21,3	25,6	97	28	48	3	75	20,5	24,2	1,2	1,2	22	1
SEPTIEMBRE	132,7	38,8	4	19,3	25	31,8	21,6	25,7					73	20,3	23,8	0,0	0,0	1	0
OCTUBRE	153,3	35,5	27	17,5	19	32,9	21,5	26,2					70	19,9	23,3	0,0	0,0	1	0
NOVIEMBRE	103,1			18,8	19	31,0	21,8	25,7	97	29	47	28	72	20,0	23,5	2,9	2,2	28	4
DICIEMBRE	104,7	34,0	30	17,3	17	31,5	22,5	26,5	93	21	49	2	71	20,6	24,3	5,6	4,5	20	3
VALOR ANUAL	1510,7					31,5		25,9					78	21,0	25,0	408,5	56,7		71

Tabla I-2 Valores aproximados de los coeficientes de transferencia de calor por convección

Modo	h W/m² °C	h Btu/h . pie² . °F
Convección libre, ΔT = 30 °C		
Placa vertical 0.9 m [1 pie] de altura en el aire	4.5	0.79
Cilindro horizontal, 5 cm de diámetro. en el aire	6.5	1.14
Cilindro horizontal, 2 cm de diámetro. en agua	890	157,
Convección forzada		
Flujo de aire a 2 m/s sobre placa cuadrada de 0.2 m	12	2.1
Flujo de aire a 35 m/s sobre placa cuadrada a 0.75 m	75	13.2
Aire a 1 atm soplando en tubo de 2.5 cm de diámetro a 10 m/s	65	11.4
Agua a 0.5 kg/s fluyendo en tubo de 2.5 cm de diámetro	3500	616
Flujo de aire *a través* de un cilindro de 5 cm de diámetro con velocidad de 50 m/s	180	32
Agua hirviendo		
En una piscina o recipiente	2500-35 000	440-6200
Fluyendo en un tubo	5000-100000	880-17600
Condensación de vapor de agua, 1 atm		
Superficies verticales	4000- 11300	700-2000
Tubos horizontales al exterior	9500-25 000	1700-4400

TABLA 7-1

Correlaciones empíricas para el número de Nusselt promedio, para convección forzada sobre cilindros circulares y no circulares en flujo cruzado (tomado de Zukauskas, Ref. 14, y Jakob, 1949)

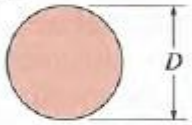
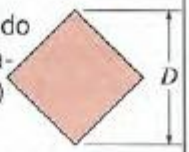
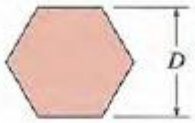
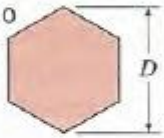
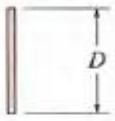
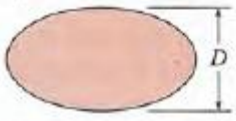
Sección transversal del cilindro	Fluido	Rango de Re	Número de Nusselt
Círculo 	Gas o líquido	0.4-4 4-40 40-4 000 4 000-40 000 40 000-400 000	$Nu = 0.989Re^{0.330}\ Pr^{1/3}$ $Nu = 0.911Re^{0.385}\ Pr^{1/3}$ $Nu = 0.683Re^{0.466}\ Pr^{1/3}$ $Nu = 0.193Re^{0.618}\ Pr^{1/3}$ $Nu = 0.027Re^{0.805}\ Pr^{1/3}$
Cuadrado	Gas	5 000-100 000	$Nu = 0.102Re^{0.675}\ Pr^{1/3}$
Cuadrado (inclinado 45°) 	Gas	5 000-100 000	$Nu = 0.246Re^{0.588}\ Pr^{1/3}$
Hexágono 	Gas	5 000-100 000	$Nu = 0.153Re^{0.638}\ Pr^{1/3}$
Hexágono (inclinado 45°) 	Gas	5 000-19 500 19 500-100 000	$Nu = 0.160Re^{0.638}\ Pr^{1/3}$ $Nu = 0.0385Re^{0.782}\ Pr^{1/3}$
Placa vertical 	Gas	4 000-15 000	$Nu = 0.228Re^{0.731}\ Pr^{1/3}$
Elipse 	Gas	2 500-15 000	$Nu = 0.248Re^{0.612}\ Pr^{1/3}$

Tabla A-2 Valores de propiedades para metales*

Metal	Propiedades a 20 °C ρ, kg/m³	c_p, kJ/ kg·°C	k, W/ m·°C	α, m²/s x 10^5	Conductividad térmica k W/m. °C −100 °C −148°F	0°C 32°F	100 °C 212 °F	200 °C 392 °F	300 °C 572 °F	400 °C 752°F	600 °C 1112 °F	800 °C 1472 °F	1000 °C 1832 °F	1200 °C 2192°F
Aluminio:														
PUTO	2 707	0.896	204	8.418	215	202	206	215	226	249				
Al-Cu (Duraluminio), 94-96% Al, 3–5% Cu, con impurezas Mg	2 787	0.886	164	6.676	126	159	182	194						
Al-Si (Siluminio) contiene cobre 86.5% Al, 1% Cu	2 659	0.867	137	5.933	119	137	144	162	161					
Al-Si (Alusil), 78–80% Al, 20–22% Si	2 627	0.854	161	7.172	144	157	168	175	178					
Al-Mg-Si, 97% Al, 1% Mg, 1% Si, 1% Mn	2 707	0.892	177	7.311		175	189	204						
Plomo	11373	0.130	35	2,343	36.9	35.1	33.4	31.5	29.8					
Hierro;														
Puro	7 897'	0.452	73	2.034	87	73	67	62	55	48	40	36	35	36
Hierro forjado, 0.5% C	7 849	0.46	59	1.626		59	57	52	48	45	36	33	33	33
Acero (C max ≈ 1.5%):														
Acero al carbón														
c ≈ 0.5%	7 833	0.465	54	1.474		55	52	48	45	42	35	31	29	31
1.0%	7 801	0.473	43	1.172		43	43	42	40	36	33	29	28	29
1.5%	7 753	0.486	36	0.970		36	36	36	35	33	31	28	28	29
Acero al níquel														
Ni= 0%	7 897	0.452	73	2.026										
20%	7 933	0.46	19	0.526										

Tabla A-2 (Continuación)

Metal	Propiedades 20 °C ρ, kg/m³	c_p, kJ/kg·°C	k, W/m·°C	α, m²/s × 10⁵	Conductividad térmica k, W/m. °C -100°C −148 °F	0 °C 32 °F	100 °C 212 °F	200 °C 392 °F	300 °C 572 °F	400 °C 752 °F	600 °C 1112 °F	800 °C 1472 °F	1000 °C 1832 °F	1200 °C 2192 °F
40%	8 169	0.46	10	0.279										
80%	8 618	0.46	35	0.872										
Invar 36% Ni	8 137	0.46	10.7	0.286										
Acero al cromo														
Cr = 0%	7 897	0.452	73	2.026	87	73	67	62	55	48	40	36	35	36
1%	7 865	0.46	61	1.665		62	55	52	47	42	36	33	33	
5%	7 833	0.46	40	1.110		40	38	36	36	33	29	29	29	
20%	7 689	0.46	22	0.635		22	22	22	22	24	24	26	29	
Cr-Ni (cromo níquel): 15% Cr, 10% Ni	7 865	0.46	19	0.527										
18% Cr, 8% Ni (V2A)	7 817	0.46	16.3	0.444		14.9	17	17	19	19	22	27	31	
20% Cr, 15% Ni	7 833	0.46	15.1	0.415										
25% Cr, 20% Ni	7 865	0.46	-12.8	0.361										
Acero de Tungsteno														
w = 0%	7 897	0.452	73	2.026										
1%	7 913	0.448	66	1.858										
5%	8 073	0.435	54	1.525										
10%	8314	0.419	48	1.391										
Cobre':														
Puro	8 954	0.3831	386	11.234	407	386	379	374	369	363	353			
Bronce alumínico														
95% Cu, 5% Al	8 666	0.410	83	2.330										

Tabla A-3 (Continuación)

Sustancia	*Temperatura* °C	k, W/m °C	ρ, kg/m³	c, kJ/kg °C	α, m²/s x 10⁷
		Material aislante			
Asbesto:					
Baja densidad	-45	0.149			
	0	0.154	470-570	0.816	3.3-4
	100	0.161			
Tableros de asbesto cemento	20	0.74			
Hojas	51	0.166			
Filtro, 40 capas/plg	38	0.057			
	150	0.069			
	260	0.083			
20 capas/plg	38	0.078			
	150	0.095			
	260	0.112			
Corrugado, 4 pliegues/plg	38	0.087			
	93	0.100			
	150	0.119			
Asbesto cemento	—	2.08			
Balsamina, 2.2 lb/pie³	32	0.04	35		
Cartón corrugado	—	0.064			
Cartón de bagazo(celotex)	32	0.048			
Corcho, 10 lb/pie³	30	0.043	160		
Corcho granulado	32	0.045	45-120	1.88	2-5.3
Molido	32	0.043	150		
Tierra de diatomeas					
(Sil-o-cel)	0	0.061	320		
Fieltro, filamentos	30	0.036	130-200		
Lana	30	0.052	330		
Tablero aislante de fibra	20	0.048	240		
Lana de vidrio, 1.5 lb/pie³	23	0.038	24	0.7	22.6
Insulex, seco	32	0.064			
		0.144			
Capoca	30	0.035			
Magnesio, 85%	38	0.067	270		
	93	0.071			
	150	0.074			
	204	0.080			
Lana mineral, 10 lb/pie³	32	0.040	160		
Baja densidad	150	0.067	64		
	260	0.087			
Aserrín	23	0.059			
Sílica aerogel	32	0.024	140		
Virutas de madera	23	0.059			

TABLA A-15

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., T, °C	Densidad, ρ, kg/m³	Calor específico, c_p, J/kg · K	Conductividad térmica, k, W/m · K	Difusividad térmica, α, m²/s	Viscosidad dinámica, μ, kg/m · s	Viscosidad cinemática, ν, m²/s	Número de Prandtl, Pr
−150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
−100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-6}	5.837×10^{-6}	0.7263
−50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
−40	1.514	1 002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
−30	1.451	1 004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
−20	1.394	1 005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
−10	1.341	1 006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1 006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1 009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1 011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1 013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1 016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1 019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1 023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1 033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1 044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1 056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1 069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1 081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1 093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1 115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1 135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1 153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1 169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1 000	0.2772	1 184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1 500	0.1990	1 234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2 000	0.1553	1 264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

TABLA B-7. Propiedades físicas medias de los metales más comunes (unidades ST)

METALES	Densidad (kg/dm³)	Coeficiente de dilatación lineal (°C)⁻¹	Límite de proporcionalidad (kgf/cm²)[a]		Resistencia última (esfuerzo de ruptura) (kgf/cm²)			Módulo de elasticidad (kgf/cm²)		Elongación (%) (en 50 mm)
			Tens.	Cort.	Tens.	Compr.	Cort.	Tensión, E	Cortante, G	
Acero, 0.2% carbono, laminado en caliente	7.85		2450	1500	1200	[b]	3200	2.1×10^6	8.4×10^5	35
0.2% carbono, laminado en frío	7.85	Varia de 1.1×10^{-5} a 1.3×10^{-5}	4200	2500	5600	[b]	4200	2.1×10^6	8.4×10^5	18
0.6% carbono, laminado en caliente	7.85	Valor medio 1.18×10^{-5}	4200	2500	7000	[b]	5000	2.1×10^6	8.4×10^5	15
0.8% carbono, laminado en caliente	7.85		4900	2950	8450	[b]	7400	2.1×10^6	8.4×10^5	10
Fundición gris	7.20	1.08×10^{-5}	[c]	[d]	1400	5300	[d]	1.05×10^6	4.2×10^5	Pequeña
Fundición maleable	7.20	1.19×10^{-5}	2500	1600	3800		3400	1.76×10^6	8.8×10^5	18
Hierro forjado	7.70	1.20×10^{-5}	2100	1260	3500	[b]	2500	1.90×10^6	7×10^5	35
Aluminio fundido	2.64	2.31×10^{-5}	630		910	[b]	740	7×10^5	2.8×10^5	20
Aluminio, aleación 17ST	2.69	2.31×10^{-5}	2250	1500	3950	[b]	2250	7.2×10^5	2.8×10^5	
Latón, laminado (70% Cu) (30% Zn)	8.50	1.87×10^{-5}	1750	1050	3860	[b]	3400	9.8×10^5	4.2×10^5	30
Bronce, fundido	8.20	1.80×10^{-5}	1400		2300	3950		8.4×10^5	3.5×10^5	10
Cobre, estirado	8.80	1.68×10^{-5}	2670	1600	3860	[b]		1.2×10^5	4.2×10^5	4

NOTAS: [a] El límite de proporcionalidad y el módulo elástico, a compresión, pueden tomarse los mismos que a tensión, excepto en la fundición o hierro fundido, cuyo límite de proporcionalidad es 1850 kgf/cm².

[b] Como resistencia última a compresión en materiales dúctiles puede tomarse el punto de cedencia o fluencia, que es ligeramente superior al límite de proporcionalidad a tensión.

[c] No está bien definido, aproximadamente vale 420 kgf/cm².

[d] La fundición se rompe o falla por tensión diagonal.

TABLA C1 PROPIEDADES MECÁNICAS

Material	Sy		Sut		E		G		v
	Ksi	MPa	Ksi	MPa	Ksi	GPa	Ksi	GPa	
Aluminun allys 2014-T4	41	283	62	428	10,600	73	4,000	27.6	0.33
Aluminun allys 2014-T6	60	410	70	480	10,600	73	3,800	26.2	0.33
Aluminun allys 2024-T4	48	331	68	470	10,600	73	3,900	27	0.33
Aluminun allys 6061-T6	40	276	45	310	10,400	72	3,900	27	0.33
Aluminun allys 7075-T6	70	483	80	552	10,000	69	3,750	26	0.33
Brass (Red, cold rolled)	60	414	75	518	15,000	104	5,500	38	0.34
Brass (Red, annealed)	15	104	40	276	15,000	104	5,500	38	0.34
Bronze (cold rolled)	75	772	100	515	15,000	104	6,500	44.9	0.34
Bronze (annealed)	20	138	50	345	15,000	104	6,500	44.9	0.34
Cast iron (esfuerzo)	29.5	205	40	275	25,000	173	12,500	86.3	0.28
Cast iron (compression)	-	-	125	870	25,000	173	12,500	86.3	0.28
Concrete (compression)	2	13.8	5	35	4,500	31	-	-	0.15
Copper (cold-drawn)	40	280	45	310	17,000	117	6,300	43.5	0.35
Plate glass	-	-	10	70	10,000	69	4,000	27.6	0.2
Magnesium alloy	22	150	40	280	24,000	166	20,000	138	0.35
Monel (wrough, hot rolled)	50	345	90	621	26,000	179	9,500	65.6	0.32
Nickel alloy	60	414	80	552	30,000	207	11,400	78.7	0.31
Nylon	-	-	9	60	400	2.76	-	-	0.4
Polyethylene	-	-	2.5	17.5	150	1	-	-	0.4
Rubber (average)	0.6	4	2	13.5	0.4	0.00276	0.0007	41.5	0.48
Steel .2% C hardened	62	428	90	620	30,000	207	11,600	80	0.32
Steel .2% C cold-rolled	60	414	85	587	30,000	207	11,600	80	0.32
Steel .2% C hot-rolled	53	366	62	428	30,000	207	11,600	80	0.32
Steel .4% C hot-rolled	53	366	84	580	30,000	207	11,600	80	0.32
Steel .8% C hot-rolled	76	524	122	842	30,000	207	11,600	80	0.32
Steel Stainless (cold-rolled)	165	1140	190	1310	29,000	200	12,500	86.3	0.27
Steel Stainless (heat-treated)	132	911	150	1040	29,000	200	12,500	86.3	0.27
Steel, structural					-	-	-	-	-
Steel ASTM-A36	36	250	60	400	29,000	200	11,000	75.9	0.32
Steel ASTM-A572	50	340	70	500	29,000	200	11,000	75.9	0.32
Steel ASTM-A514	100	700	120	830	29,000	200	11,000	75.9	0.32
Douglas Fir	6	41	7.4	51	1,300	9	-	-	0.29
Southern Pine	6.5	45	8.4	58	1,900	13.1	-	-	0.3
Red Oak	4.6	32	6.9	48	1,800	12.4	-	-	0.3

ANEXO IV

PROTOCOLO DE PRUEBAS

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROTOCOLO DE PRUEBAS

PRUEBAS DIMENSIONALES

PROTOTIPO DE ENVEJECEDOR DE ARROZ							
Descripción: VERIFICACIÓN DE MEDIDAS							
ITEM		Instrumento De Medida	Medida Nominal (mm)	Tolerancia (mm)	Medida Real (mm)	RESULTADO	
						PASA	NO PASA
Envejecedor	Largo	Flexómetro	610	±5			
	Ancho	Flexómetro	985	±5			
	Alto	Flexómetro	1490	±5			
	Diámetro de carga	Flexómetro	45	±1			
	Diámetro de descarga	Flexómetro	50	±1			
Ventilador centrifugo	Diámetro de salida de aire	Flexómetro	50	±1			
	Caudal	Normalizado	--	±1			

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROTOCOLO DE PRUEBAS

PRUEBAS DE APARIENCIA

Descripción: **PROTOTIPO DE ENVEJECEDOR DE ARROZ**						
Ítem	Referencia		Tipo de medición	Especificaciones	RESULTADO	
					Pasa	No pasa
1	Verificación acabados y soldaduras	Manipulable	Tacto Visual	Sin aristas		
2	Color de la máquina	Carcasa rojo Cámara de calentamiento cromado Base y estructura Negro	visual	Pintura Poliuretano		
OBSERVACIONES:						

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROTOCOLO DE PRUEBAS

VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS NORMALIZADOS.

VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS NORMALIZADOS			
ELEMENTO	Funcionamiento		
	Bueno	Regular	Malo
Venterol			
Válvula			
Mangueras y tuberías			

VERIFICACIÓN DE FUGAS: COMBUSTIBLE, CONEXIONES, AIRE CALIENTE, GASES.

VERIFICACIÓN DE FUGAS			
ELEMENTO	Funcionamiento		
	Bueno	Regular	Malo
Válvulas			
Tuberías			
Anillos de conducción			
Cámara de envejecimiento			

TRABAJO EN VACÍO.

Tiempo (horas)	Temperatura °C			Flujo de Aire
	Bajo	Medio	Alto	
0				
3				
6				
9				
12				
18				

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROTOCOLO DE PRUEBAS

TRABAJO CON CARGA.

Tiempo (horas)	Temperatura °C			Flujo de Aire
	Bajo	Medio	Alto	
0				
3				
6				
9				
12				
18				

PRUEBA DE COCCIÓN.

Tiempo (horas)	Cocción °C			Observaciones
	Regular	Bueno	Excelente	
0				
3				
6				
9				
12				
18				

ANEXO V

TABLAS DE MATERIALES Y PROPIEDADES DE LOS ACEROS INOXIDABLES DIN 17440

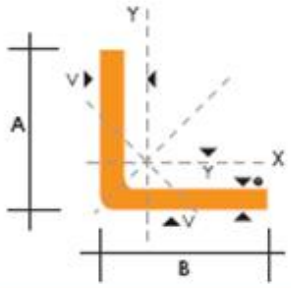
DIPAC® PRODUCTOS DE ACERO

PERFILES ESTRUCTURALES

ANGULOS "L" DOBLADO

Especificaciones Generales

Norma	INEN 1 623: 2000
Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6,00 m
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1,5 hasta 12 mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta



DIMENSIONES			PESOS								
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	EJE X-X	W	EJE Y-Y i	X=Y	EJE U-U i	EJE V-V i
mm	mm	mm	Kg	Kg	cm2	cm4	cm3	cm	cm	cm	cm
25	25	2	4.38	0.73	0.93	0.57	0.32	0.78	0.72	0.99	0.47
25	25	3	6.36	1.06	1.35	0.79	0.44	0.76	0.77	0.98	0.44
30	30	2	5.34	0.89	1.13	1.00	0.46	0.94	0.84	1.20	0.58
30	30	3	7.80	1.30	1.65	1.41	0.67	0.92	0.89	1.18	0.55
30	30	4	10.08	1.68	2.14	1.80	0.88	0.92	0.94	1.17	0.52
40	40	2	7.20	1.20	1.53	2.44	0.84	1.26	1.09	1.61	0.78
40	40	3	10.62	1.77	2.25	3.50	1.22	1.25	1.14	1.59	0.76
40	40	4	13.86	2.31	2.94	4.46	1.58	1.23	1.19	1.58	0.78
40	40	5	19.62	2.82	3.59	5.31	1.91	1.22	1.23	0.73	0.73
50	50	2	9.12	1.52	1.93	4.86	1.33	1.58	1.34	2.01	0.98
50	50	3	13.44	2.24	2.85	7.03	1.95	1.57	1.39	2.00	0.96
50	50	4	17.64	2.94	3.74	9.04	2.53	1.56	1.43	1.98	0.94
50	50	5	21.60	3.60	4.59	10.88	3.09	1.54	1.48	1.97	0.93
50	50	6	25.92	4.32	5.40	12.57	3.62	1.53	1.53	1.96	0.90
60	60	3	16.26	2.71	3.45	12.37	2.84	1.89	1.64	2.41	1.16
60	60	4	21.36	3.56	4.54	16.00	3.71	1.88	1.68	2.39	1.15
60	60	5	26.34	4.39	5.59	19.40	4.54	1.86	1.73	2.38	1.13
60	60	6	31.68	5.28	6.60	22.56	5.35	1.85	1.78	2.37	1.11
60	60	8	41.04	6.84	8.55	28.21	6.85	1.82	1.88	2.34	1.05
75	75	3	19.56	3.26	4.35	24.60	4.48	2.38	2.01	3.02	1.48
75	75	4	27.06	4.51	5.74	32.02	5.88	2.36	2.06	3.00	1.45
75	75	5	33.42	5.57	7.09	39.08	7.25	2.35	2.11	2.99	1.43
75	75	6	40.32	6.72	8.40	45.76	8.57	2.33	2.16	2.97	1.40
75	75	8	52.56	8.76	10.95	58.03	11.05	2.30	1.25	2.95	1.37
75	75	10	64.92	10.82	13.36	68.89	13.38	2.27	2.35	2.92	1.32
80	80	4	28.92	4.82	6.14	39.10	6.72	2.52	2.18	3.21	1.56
80	80	5	35.76	5.96	7.59	47.79	8.28	2.51	2.23	3.20	1.54
80	80	6	43.20	7.20	9.00	56.05	9.80	2.49	2.28	3.18	1.51
80	80	8	56.40	9.40	11.75	71.32	12.67	2.46	2.37	3.16	1.46
80	80	10	68.94	11.49	14.36	84.94	15.36	2.43	2.47	3.13	1.43
80	80	12	81.78	13.63	16.83	97.05	17.87	2.40	2.57	3.10	1.38

También en galvanizado e inoxidable - Medidas Especiales Bajo Pedido.

DIPAC®
PRODUCTOS DE ACERO

PLANCHAS INOXIDABLES

Especificaciones Generales

Norma	304, 316, 430
Espesores	Desde 0.40mm hasta 15.00mm
Rollos	X 1220
Planchas	4 x 8
	Largos y calidades especiales bajo pedido

Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acuerdo a JIS*	Descripción de acuerdo a AISI**	Descripción de acuerdo a DIN***	COMPOSICION QUIMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	Ni
Austenite	17 Cr-5Ni-7Mn	SUS 201	201		0,15 max	1,00	5,50 ~ 7,50	0,06	0,030	3,50 ~ 5,5
	18 Cr-6Ni-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1,00	7,50 ~ 10,00	0,06	0,030	4,00 ~ 6,00
	17Cr-7Ni	SUS 301	301	4310	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	6,00 ~ 8,00
	18Cr-8Ni-higheC	SUS 302	302	4300	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,00
	18Cr-8Ni	SUS 304	304	4301	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,50
	18Cr-8Ni-extra-low-C	SUS 304 L	304L	4306	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-12Ni	SUS 305	305	3955	0,12 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,50 ~ 13,00
	23Cr-12Ni	SUS 309 S	309 S	4845	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	25Cr-20Ni	SUS 310 S	310 S		0,08 max	1,50	2,00 - max	0,04	0,030	19,00 ~ 22,00
	18Cr-12Ni-2,5Mo	SUS 316	316	4401	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-12Ni-7,5Mo-extra-low-C	SUS 316 L	316 L	4404	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	18Cr-12Ni-2Mo-2Cu	SUS 316 J1		4505	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo	SUS 317	317	4402	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	18,00 ~ 15,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo-extra-low-C	SUS 317 L	317 L		0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	11,00 ~ 15,00
	18Cr-8Ni-Ti	SUS 321	321	4541	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-9Ni-Nb	SUS 347	347	4550	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
Ferrite	13Cr-Al	SUS 405	405	4002	0,08 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	16Cr	SUS 429	429	4009	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr	SUS 430	430	4016	0,12 max	0,75	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	18Cr-Mo	SUS 434	434	4113	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Martensite	13Cr-low Si	SUS 403	403	4024	0,15 max	0,50	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr	SUS 410	410	4000	0,15 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr-high C	SUS 420 J2	420	4021	0,26 ~ 0,40	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr-high C	SUS 440 A	440 A		0,60 ~ 0,75	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Endurecido por precipitación	17Cr-7Ni-1Al	SUS 631	631		0,09 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	6,50 ~ 7,75

JIS* Japanese Industrial Standards
AISI** American Iron and Steel Institute
DIN*** Deutsche Industrie Normen

DIPAC®
PRODUCTOS DE ACERO

DISERVICIOS

PLANCHAS

COMPOSICION QUIMICA %			PROPIEDADES MECANICAS							
			Pruebas Mecánicas							
Cr	Mo	Otros Elementos	Resistencia Mecánica min Kg/mm2	psi	Punto de fluencia *1 min kg/mm2	psi	Elongación % min JIS Nº 13 (Muestra)	Pruebas de Dureza		PRUEBA DE FLEXIBILIDAD 180º radio (t, mm)
								Escala Rockwell B max	Escala de dureza Vickers max	
16,00 ~ 18,00		N: 0,25 max	65	93,000	25	35,800	40	100	253	
17,00 ~ 19,00		N: 0,25 max	60	85,500	25	35,800	40	95	218	
16,00 ~ 18,00			53	75,800	21	30,000	40	90	200	
17,00 ~ 19,00			53	75,800	21	30,000	40	90	200	
18,00 ~ 20,00			53	75,800	21	30,000	40	90	200	
18,00 ~ 20,00			49	69,500	18	25,500	40	90	200	
17,00 ~ 19,00			49	69,500	18	25,500	40	90	200	
22,00 ~ 24,00			53	75,800	21	30,000	40	90	200	
24,00 ~ 26,00			53	75,800	21	30,000	40	90	200	
16,00 ~ 18,00	2,00 ~ 3,00		53	75,800	21	30,000	40	90	200	
16,00 ~ 18,00	2,00 ~ 3,00		49	69,500	18	25,500	40	90	200	
17,00 ~ 19,00	1,20 ~ 2,75	Cu: 1,00 ~ 2,5	53	75,800	21	30,000	40	90	200	
18,00 ~ 20,00	3,00 ~ 4,00		53	75,800	21	30,000	40	90	200	
18,00 ~ 20,00	3,00 ~ 4,00		49	69,500	18	25,800	40	90	200	
17,00 ~ 19,00		Ti: 5 x C% min	53	75,800	21	30,000	40	90	200	
17,00 ~ 19,00		Nb + Ta: 10 x C% min	53	75,800	21	30,000	40	90	200	
11,50 ~ 16,00		Al: 0,10~0,30	42	60,000	18	25,500	20	88	200	t ≤ 0,5 t
14,00 ~ 16,00			46	65,800	21	30,000	22	88	200	1,0t
16,00 ~ 18,00			46	65,800	21	30,000	22	88	200	1,0t
16,00 ~ 18,00	0,75 ~ 1,25		46	65,800	21	30,000	22	88	200	1,0t
11,50 ~ 13,00			45	64,000	21	30,000	20	88	200	1,0t
11,50 ~ 13,5			45	64,000	21	30,000	20	88	200	1,0t
12,00 ~ 14,00			55	78,500	23	32,750	18	93	210	
16,00 ~ 18,00	0,75 max		60	85,500	25	35,800	15	97	230	
16,00 ~ 18,00		Al: 0,75 ~ 1,50	105	148,000	39	55,500	20	92	200	

PLANCHAS
PL

REDUCCION DE FRACCIONES DE PULGADAS A MILIMETROS

PULGADAS	MILIMETROS	PULGADAS	MILIMETROS	PULGADAS	MILIMETROS
1/128	0.20	25/64	9.92	27/32	21.43
1/64	0.40	13/32	10.32	55/64	21.83
3/128	0.60	27/64	10.72	7/8	22.23
1/40	0.64	7/16	11.11	57/64	22.62
1/32	0.79	29/64	11.51	29/32	23.02
1/25	1.02	15/32	11.91	59/64	23.42
3/64	1.19	31/64	12.30	15/16	23.81
1/20	1.27	1/2	12.70	61/64	24.21
1/16	1.59	33/64	13.10	61/32	24.61
5/64	1.98	17/32	13.49	63/64	25.00
3/32	2.38	35/64	13.89	1	25.40
7/64	2.78	9/16	14.29	11/10	27.00
1/8	3.18	37/64	14.68	11/8	28.60
9/64	3.57	19/32	15.08	18/16	30.20
5/32	3.97	39/64	15.48	11/4	31.70
11/64	4.37	5/8	15.88	15/16	33.30
3/16	4.76	41/64	16.27	13/8	34.90
13/64	5.16	21/32	16.67	17/16	36.50
7/32	5.56	43/64	17.07	11/2	38.10
15/64	5.95	11/16	17.46	19/10	39.70
1/4	6.35	45/64	17.86	15/8	41.30
17/64	6.75	23/32	18.26	111/16	42.90
9/32	7.14	47/64	18.65	13/4	44.40
19/64	7.54	3/4	19.05	113/16	46.00
5/16	7.94	49/64	19.45	17/8	47.60
21/64	8.33	25/32	19.84	115/16	49.20
11/32	8.73	51/64	20.24	2	50.80
23/64	9.13	13/16	20.64		
3/8	9.53	53/64	21.03		

DIMENSIONES EN (mm)			PESOS
ANCHO	LARGO	ESPESOR	KG
1220	2440	2	46.74
1220	2440	3	70.10
1220	2440	4	93.47
1500	2440	4	114.92
1220	2440	5	116.84
1500	2440	5	143.66
1800	2440	5	172.39
1220	2440	6	140.21
1500	2440	6	172.39
1800	2440	6	206.86
1220	2440	8	186.94
1500	2440	8	229.85
1800	2440	8	275.82
1220	2440	10	233.68
1500	2440	10	287.31
1800	2440	10	344.77
1220	6000	12	689.54

METODO PRACTICO PARA CALCULAR PESO DE LAS PLANCHAS DE ACERO

NOMENCLATURA

L = Largo (mm)
A = Ancho (mm)
E = Espesor (mm)
Peso = Kgs.

$$\text{Peso} = \frac{L \times A \times E \times 7{,}85}{1{,}000.00}$$

Ejemplo: $\frac{(L = 1220mm \times A = 2440\ mm \times E = 1{,}0mm) \times 7{,}85}{1{,}000.00} = 23.368\ Kg$

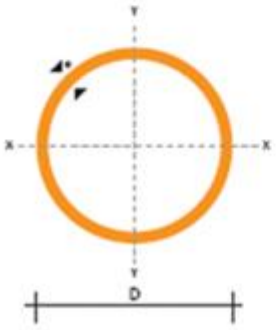
TUBO REDONDO
EN ACERO INOXIDABLE

Especificaciones Generales

Norma	AISI 304
Largo Normal	6 mts.
Otros largos	previas consulta
dimensiones	Desde 5/8" a 2 7/8"
Espesor	Desde 0,8 mm a 2,0 mm

NOMENCLATURA

- A= Area de la selección transversal del tubo, cm2
- I= Momento de inercia de la sección, cm4
- W= Módulo resistente de la sección, cm3
- i= Radio de giro de la sección cm



DIAMETRO EXTERIOR (D)		ESPESOR e	PESO P	PESO A	PROPIEDADES I	PROPIEDADES W	PROPIEDADES i
Pulg	mm	mm	kg/6m	cm	cm4	cm3	cm
5/8	15.90	0.60	1.44	0.29	0.08	0.11	0.54
		0.75	1.86	0.36	0.10	0.13	0.53
		0.95	2.28	0.44	0.12	0.15	0.51
		1.10	2.64	0.51	0.14	0.18	0.52
		1.50	3.54	0.68	0.18	0.22	0.51
3/4	19.05	0.60	1.74	0.35	0.15	0.16	0.65
		0.75	2.16	0.43	0.19	0.19	0.65
		0.95	2.70	0.54	0.22	0.23	0.64
		1.10	3.18	0.62	0.25	0.26	0.63
		1.50	4.20	0.83	0.32	0.34	0.62
7/8	22.22	0.60	2.04	0.41	0.24	0.21	0.76
		0.75	0.52	0.50	0.29	0.26	0.76
		0.95	3.18	0.63	0.36	0.32	0.75
		1.10	3.66	0.73	0.41	0.37	0.75
		1.50	4.92	0.98	0.53	0.47	0.74
1	25.40	0.60	2.28	0.47	0.36	0.28	0.88
		0.75	2.88	0.58	0.44	0.35	0.87
		0.95	3.60	0.73	0.55	0.43	0.87
		1.50	4.20	0.84	0.62	0.49	0.86
		2.00	5.64	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4	31.75	0.95	4.50	0.92	1.09	0.69	1.18
		1.10	5.22	1.06	1.24	0.78	1.08
		1.50	7.08	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2	38.10	0.95	5.40	1.11	1.91	1.00	1.31
		1.10	6.24	1.28	2.19	1.15	1.31
		1.50	8.46	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4	44.45	0.95	6.24	1.30	3.07	1.38	1.54
		1.10	7.26	1.50	3.52	0.16	1.53
		1.50	9.84	2.02	4.67	2.10	1.52
1 7/8	47.63	0.95	6.78	1.40	3.80	1.60	1.65
		1.10	7.80	1.61	4.35	1.83	1.64
		1.50	10.26	2.17	5.79	2.43	1.63
2	50.80	0.95	7.20	1.49	4.62	1.82	1.76
		1.10	8.34	1.72	5.30	2.09	1.76
		1.50	10.80	2.32	7.06	2.78	1.74
2 3/8	60.33	1.50	13.20	2.77	12.00	3.98	2.08
2 1/2	63.50	1.50	14.04	2.92	14.05	4.42	2.19

PBX: (02) 2293 750 / Quito - Ecuador www.dipacmanta.com

ALAMBRE MIG PARA ACERO DE BAJO CARBONO

ER 70 S - 6

Norma:	AWS	ER 70 S - 6

Análisis del Metal Depositado:

C	0.1%	Si	0.90%	Mn	1.50%

Descripción: Alambre continuo cobrizado de acero micro-aleado en presentación capa a capa.

Proceso:

MIG/MAG (G.M.A.W.)	GAS DE PROTECCIÓN	
	CO^2	AGA MIX 20

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	ELONGACIÓN
58 - 63 kg./mm² (80.000 psi)	Lo = 5d 27.3%

Aplicación: Para soldar acero dulce en toda posición, mediante proceso MIG/MAG usando anhídrico carbónico (CO_2) o mezcla AGAMIX 20. Utilización en estructuras en general, maquinarias, bastidores de autos, puentes, muelles, torres, etc.

DATOS PARA SOLDAR:

PROCESO MAG (GMAW)	ø mm.	ø Pulg.	AMPERAJE	VOLT.	FLUJO GAS lt/min	VELOCIDAD ALIMEN. ALAM cmt/min.
CORTO CIRCUITO	0.8	0.030	90-110	15-21	8-15	500-860
	0.9	0.035	90-110	16-22		400-760
	1.0	0.040	100-120	17-22		310-630
	1.2	0.045	100-130	17-22		250-560
SPRAY	0.8	0.030	140-280	24-28	10-20	990-1700
	0.9	0.035	165-300	24-28		910-1320
	1.0	0.040	80-410	24-30		700-1200
	1.2	0.045	200-450	24-30		530- 990

Estos son datos para equipos convencionales. Para otro tipo de equipos consultar a Escuelas de Soldadura de AGA.
Corto circuito se utiliza normal por materiales de espesor menor a 4.0 mm. y para soldadura de raíz y en posiciones difíciles.
Para soldaduras en posición vertical y sobrecabeza, reducir el amperaje un 10 a 15%

NOTA: Las mejores condiciones para cada aplicación deben determinarse mediante pruebas al momento de soldar.

IMPORTANTE: Protéjase de la humedad. **PESO POR ROLLO:** 20 kg/44 lbs.

ALAMBRE DE ACERO INOXIDABLE PARA PROCESO MIG

ER 308 L

Norma: AWS — ER 308 L

Análisis del Metal Depositado %:

C	0.025% máx.	Cr	20.50	Ni	9.50	Mn	1.0	Si	0.40

Descripción:

Alambre continuo que deposita un acero inoxidable austenítico. Posee gran resistencia a la corrosión y gracias a su extra-bajo contenido de carbono es mínima la formación de carburo de cromo en el metal soldado. Posee buena resistencia a los agentes oxidantes, ductibilidad y alta resistencia al impacto, inclusive a temperaturas muy bajas.

Proceso:

MIG (G.M.A.W.)	GAS DE PROTECCIÓN	
	ARGÓN	AGA MIX 12

Propiedades Mecánicas:

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	ELONGACIÓN	LÍMITE DE FLUENCIA
80.000 Lbs./Pulg.²	39%	46.000 Lbs./Pulg².

Aplicaciones:

Recomendado para inoxidables tipo 18 Cr/8Ni: para la unión de los aceros inoxidables 201, 202, 301, 302, 302B, 303, 303Se, 304, 304L, 305, 308, 321, 347, 348, 405, 410, 420.
Sus aplicaciones están principalmente en: - Equipos para procesar y almacenar alimentos y químicos. • Pasteurizadoras • embotelladoras • tanques • ductos • mallas de acero inoxidable • evaporadoras • torres para fraccionamiento • bombas • intercambiadores de calor • aviones • carros de ferrocarril • vehículos tanques para químicos • fabricación de muebles • equipos para restaurantes, etc.,

DATOS PARA SOLDAR:

PROCESO MIG (GMAW)	ø ALAMBRE mm.	ø ALAMBRE Pulg.	VELOCIDAD ALIMENTAC cmt/min.	AMP.	VOLT.	FLUJO DE GAS lt/min
CORTO CIRCUITO	0.8	0.030	380-1090	90-120	17-22	12
	0.9	0.035	300-1000	90 -135	17-22	
	12					
SPRAY	0.8	0.030	1120-1650	150-170	26	16
	0.9	0.035	1090-1270	150-190	26	16

Estos datos son para equipos convencionales. Para otro tipo de equipos, consultar a escuelas de soldadura AGA. - Corto circuito se utiliza normalmente para materiales de espesor menor a 3 mm. y para soldaduras de raíz y en posiciones difíciles.
NOTA: Las mejores condiciones para cada aplicación deben determinarse mediante pruebas al momento de soldar.

IMPORTANTE: Protéjase de la humedad.

PESO POR ROLLO: 11 kg./25 lbs.

ALAMBRE DE ACERO INOXIDABLE PARA PROCESO MIG

ER 312

Norma: AWS — ER 312

Análisis Químico:

C	0.05	Cr	30.1	Ni	8.36	Mo	0.02	Mn	1.75	Si	0.44

Descripción:

Alambre continuo. La composición de este alambre es especial ya que incluso con considerable dilución, el metal soldado es usualmente un duplex: una estructura austenítica-ferrítica. Este tipo de estructura tiene alta resistencia a la tracción, gran ductibilidad y resistencia al impacto. Es del tipo 29/9 (Cr/Ni).

Proceso:

MIG (G.M.A.W.)	GAS DE PROTECCIÓN
	ARGÓN PURO (99.995,%) o AGA MIX 12

Propiedades:

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	ELONGACIÓN	LÍMITE DE FLUENCIA	DUREZA
125.000 Lbs./Pulg.²	25%	115.000 Lbs./Pulg.²	240 HB

Aplicaciones:

Alambre especial para aceros difíciles de soldar: acero al manganeso, acero de herramientas, acero con tratamiento térmico. De uso frecuente para soldar acero inoxidable con aceros al carbono.
Base para soldaduras de recubrimiento protector.

DATOS PARA SOLDAR:

PROCESO MIG (GMAW)	ALAMBRE mm.	ALAMBRE Pulg.	AMPERAJE	VOLT.	FLUJO GAS l/min	VEL. ALIM. ALAMBRE cmt/min.
CORTO CIRCUITO	0.8	0.030	90-120	17-22	12	340-920
	0.9	0.035	00-140	17-22	12	250-860
SPRAY	0.8	0.030	150-170	24-28	16	1000-1500
	0.9	0.035	60- 200	24-29	16	900-1100

- Estos datos son para equipos convencionales. Para otro tipo de equipos reducir parámetros en un 12%, o consultar a Escuelas de Soldadura AGA.
- Corto circuito se utiliza normalmente para materiales de espesor menor a 3.0 mm. y para soldadura de raíz en posiciones difíciles.

NOTA: Las mejores condiciones para cada aplicación deben determinarse mediante pruebas; al momento de soldar.

IMPORTANTE: Protéjase de la humedad.

PESO POR ROLLO: 11 kg./25 lbs.

- UTÍLICE EL DIÁMETRO ADECUADO DE LA BOQUILLA DE CONTACTO CON RESPECTO AL DIÁMETRO DEL ALAMBRE Y GAS A UTILIZAR DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE TABLA:

(Unidades en pulgadas)

Diámetro Interno Recomendado de la Boquilla de Contacto	Diámetro del Alambre a utilizar Gas: CO_2	Diámetro del Alambre a utilizar Gas: Argón
0.040	0.030	--------
0.045	0.035	--------
0.050	0.040	0.030
0.055	--------	0.035
0.060	0.045	0.040
0.065	--------	0.045
0.075	0.062	--------
0.082	--------	0.062

- LIMPIE PERIODICAMENTE LA GUAYA UTILIZANDO AIRE SECO A PRESIÓN PARA ELIMINAR LOS RESIDUOS Y CONTAMINANTES Y ASEGURAR UNA ADECUADA ALIMENTACIÓN DEL ALAMBRE.
- AJUSTE LA PRESIÓN DE LOS RODILLOS HASTA OBTENER UNA PERMANENTE ALIMENTACIÓN DEL ALAMBRE.
- MANTENGA LA TOBERA Y EL DIFUSOR DE GAS LIMPIOS Y LIBRES DE SALPICADURAS. SE PUEDE UTILIZAR ALGÚN MATERIAL ANTI-SALPICADURA.

ANEXO VI

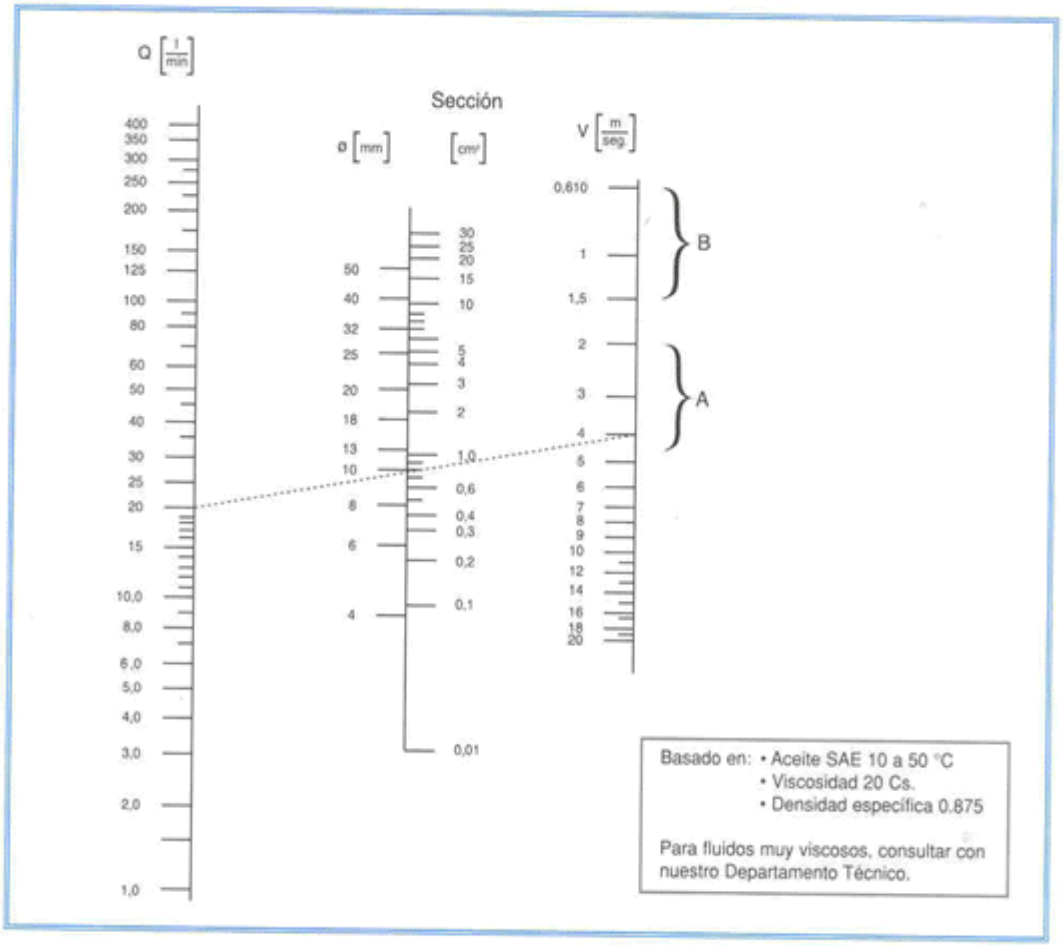
MANGUERAS, VÁLVULAS Y VENTILADORES CENTRÍFUGOS

NOMOGRAMA PARA EL CALCULO DE LOS DIAMETROS

$$Ø\ [\ mm\ ] = 4{,}623 \sqrt{\frac{Q\ [\ l/min.\ ]}{V\ [\ m/seg\ ]}}$$

Para la selección de la manguera hidráulica, los siguientes valores empíricos son los recomendados para adquirir la mínima caída de presión con un razonable diámetro interior de manguera.

	RANGO DE VELOCIDADES RECOMENDADOS
Linea expelente (A)	2 a 4.6 m/seg.
Linea aspirante (B)	0.6 a 1.5 m/seg.



Ejemplo: Se requiere un caudal Q = 20 l/min. Determinar la medida de manguera necesaria para que la velocidad sea 4 m/s.

Solución: Unase con una linea, el punto correspondiente al valor de caudal requerido con la velocidad deseada. En la intersección con la recta central se obtendrá el valor del diámetro interior de la manguera. En este caso = 10 mm.

EGULADORES Y MEDIDORES

eguladores Baja Presión Gas L.P.

ig o	lo delo	Descri pció n
60	R-1	Sin Accesorios
61	R-1-A	Punta Pol y Tuerca Izquierda
59	R-1-A Blis.	Punta Pol y Tuerca Izquierda en Blister Pack
60	R-1-BP	De dos vías
59	R-1-BP Blis	De dos vías en Blister Pack
99	R-1-C	Punta Pol y Maneral Tuerca Izquierda
48	R-3	Punta Pol y Maneral Tuerca Izquierda
60	R-3 Blis	Punta Pol y Man. T. Izquierda Blister Pack
56	R-3-050	Punta Pol y Maneral Manguera 50 Cms.
58	R-3-100	Punta Pol y Maneral Manguera 1 Mts.
54	R-3-200	Punta Pol y Maneral Manguera 2 Mts.
55	R-3-300	Punta Pol y Maneral Manguera 3 Mts.
57	R-3-500	Punta Pol y Maneral Manguera 5 Mts.
50	R-5	Regulador Baja Presión ALTO CONSUMO

s: Cilindros portátiles y tanques estacionarios domésticos.

edidor Magnético de % de nivel bridados

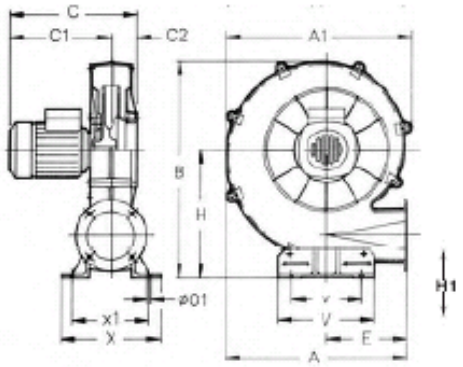
ig o	lo delo	Descri pció n
ra Tanque Estacionario		
259	ME-1-16	Diametro 16"
261	ME-1-120	Medidor Estacionario 120 Lts. Vertical Especial
258	ME-1-20	Diametro 20"
278	ME-1-180	Medidor Estacionario 180 Lts. Vertical Especial
005	ME-1-24	Diametro 24"
301	ME-1-30	Diametro 30"
293	ME-1-37	Diametro 37"
017	ME-1-40	Diametro 40"
018	ME-1-46	Diametro 46"
ra Tanque Carburación		
291	MC-1-12	Diámetro 12"
292	MC-1-14	Diámetro 14"
008	MC-1-16	Diámetro 16"
011	MC-1-20	Diámetro 20"
416	MC-1-65	Especial Tanque Tipo H
facciones		
0033	Carátula para Medidor Ingusa	

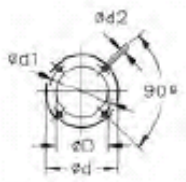
01 800 00 29872

Reguladores Alta Presión Gas L.P.

Código	Descripción
Bajo Consumo	
80059	Regulador A.P. R7000-A00 Solo 20 PSI
80058	Regulador A.P. R7000-AZ0 Pol 20 PSI
80057	Regulador A.P. R7000-AZ0 Pol y Man 20 PSI
Alto Consumo	
80029	Regulador A.P. Mod. 2403 "S4" lusa - H.W.
80031	Regulador A.P. Mod. 2403 "U4" lusa - H.W.
172102	Manómetro METRON Mod. 51100
80270	Regulador A.P. Comap APZ120 C/Manómetro
80379	Regulador A.P. Comap APZ400 C/Manómetro
80046	Regulador A.P. CMS Mod.1757 C/Manómetro

Dimensiones mm





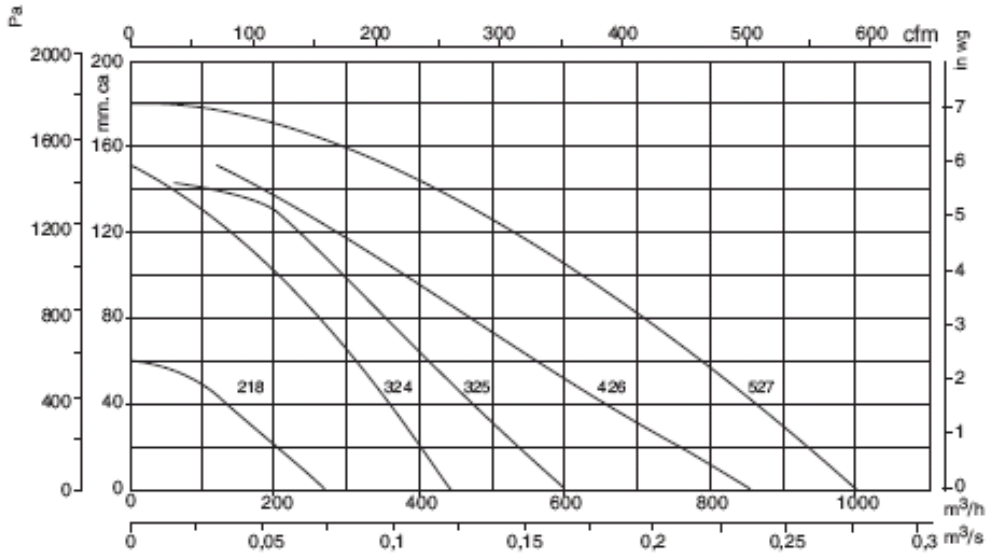
Boca de aspiración

Boca de impulsión

Modelo	A	A1	B	C	C1	C2	ØD	Ød	Ød1	Ød2	E	H	H1	Øl	ØK	Øk	O	ØO1	V	v	X	x1
CMA-540	567	580	680	400	320	80	170	240	205	M.10	252	400	270	220	160	190	13	11	300	218	310	240
CMA-545...3	651	646	776	459	344	115	180	255	220	M.10	290	450	309	260	175	220	13	13	360	240	391	291
CMA-545...4	651	646	776	483	368	115	180	255	220	M.10	290	450	309	260	175	220	13	13	360	240	391	291

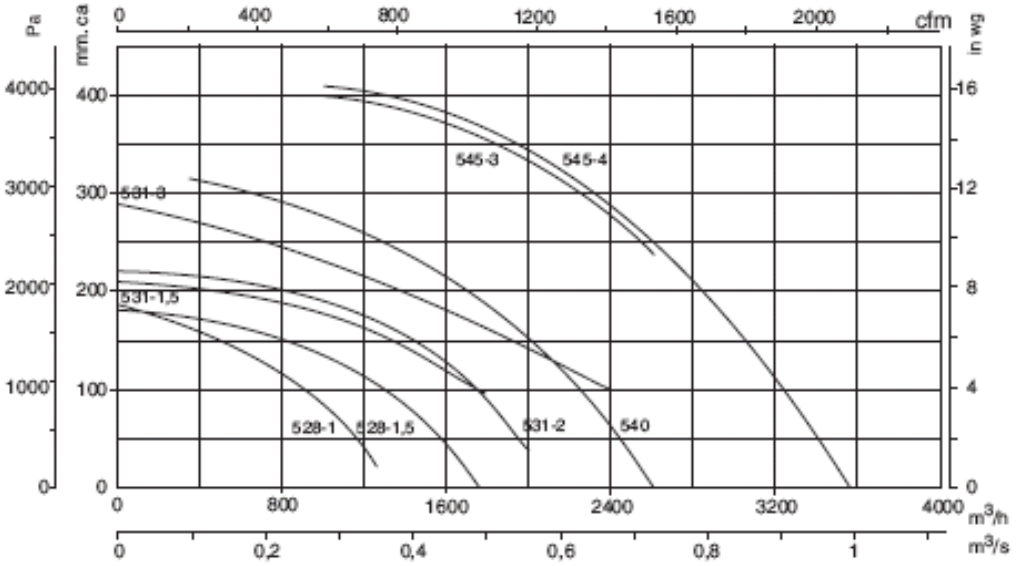
Curvas Características

Q = Caudal en m^3/h y m^3/s.
Pe = Presión estática en mm.c.a. y Pa.



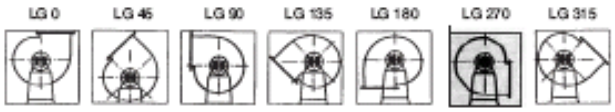
Curvas Características

Q = Caudal en m³/h y m³/s.
Pe = Presión estática en mm.c.a. y Pa.



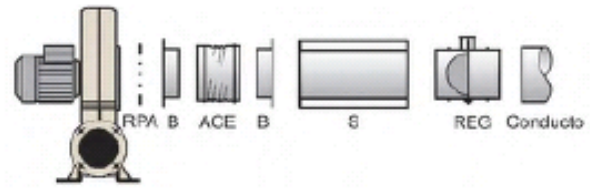
Orientaciones

Suministro standard LG 270
Posición LG 180 bajo demanda y con medidas de anclaje especiales.



Accesorios

Ver apartado accesorios.



ANEXO VII
MANUAL DE OPERACION

MANUAL DE OPERACION

El prototipo de envejecedor de arroz para su funcionamiento consiste en con la recolección de las semillas de arroz para depositarlas en el cilindro de envejecimiento, en el cual en un tiempo de 18 horas por carga el arroz se envejece, a continuación se determina las secuencias de operación:

1. Conectar la manguera del cilindrode gas (G.L.P) al quemador.
2. Encender la hornilla del quemador.
3. Encender el venterol y regular la velocidad.
4. Realizar un precalentamiento del quemador de 5 a 10 minutos.
5. Realizar un precalentamiento de la cámara de envejecimiento de 5 a 10 minutos.
6. El operador de la máquinadebe colocar la cantidad de 40 Kg de arroz que necesita para el proceso de envejecimiento de arroz que va a trabajar.
7. El tiempo del proceso de envejecimiento de arroz es de 18 a 20 horas dependiendo del tipo o variedad del arroz.
8. Recolectar simultáneamente la cantidad de 40 Kg de arroz para otra carga.
9. Apagar el venterol y el quemador.
10. Para la descarga del arroz el operador deberá aflojar la compuerta de descarga y recolectar el producto.

MANUAL DE MANTENIMIENTO

Es recomendable que cada equipo tenga su propio registro de mantenimiento y el cual se debe realizar constantemente. Algunas sugerencias:

a. Enseñar a los empleados la necesidad e importancia del mantenimiento.
b. Tener las herramientas y los accesorios necesarias en buenas condiciones.
c. Exigir que solamente las personas autorizadas trabajen con el equipo especializado.
d. Revisar que todos los elementos estén apagados.
e. Retirar la válvula y manguera de alimentación de gas.
f. Colocar plataformas que faciliten el ajuste, la inspección, el mantenimiento, y la limpieza delos equipos.
g. Retirar los elementos necesarios para realizar la limpieza de la cámara de envejecido como las tapas de cada uno de los cilindros.
h. Limpiar los residuos de granos para que no se produzcan hongos u otras bacterias.
i. Ensamblar el equipo.
j. Revisar los extintores de incendio y los terminales eléctricos.
k. Mantener un inventario de aquellas piezas o repuestos que se requieren con regularidad o de aquellas de difícil consecución y que pueden fallar en cualquier momento, paralizando la operación de la máquina.
l. Programar el mantenimiento general de la maquina y las reparaciones mayores para la época de poca actividad.

AREA DE TRABAJO

- Proporcionar suficiente espacio a los empleados en el área de trabajo
- Asignar dos personas como mínimo para el manejo del arroz.
- Mantener accesiblelacaja de primeros auxilios.

INCENDIOS

- Tener los extintores de incendio del tipo apropiado, cargados, en perfecto estado de funcionamiento, y en un lugar visible y de fácil acceso.
- Ubicar en un lugar visible los números telefónicos de emergencia (bomberos, hospital, ambulancia, etc.)
- Brindar instrucción a los operadores sobre cómo actuar en caso de incendio.

ANEXO VIII
PLANOS

PLANO
CONJUNTO

PLANOS
SUBCONJUNTOS

PLANOS
DESPIECE