

Proyecto final de carrera - Anexo II

➤ **Título del PFC:** Línea de acondicionado de Nuez Pecán.

➤ **Tipo de PFC:** Diseño e Ingeniería Electromecánica.

➤ **Planteo del problema.**

Los productores de Nuez Pecán, se encuentran en este momento con serias dificultades para asegurar uniformidad y calidad de producto por el bajo desarrollo tecnológico local en ese sentido.

La precaria e inmadura tecnología en el país para el proceso de pos-cosecha y almacenamiento de las nueces, interfiere drásticamente en las posibilidades de exportación creciente de los últimos años, demandando tecnificar las líneas de acondicionado para darles eficiencia y competitividad.

➤ **Marco teórico de referencia y estado del arte.**

El desarrollo de la maquinaria y los procesos productivos no acompañaron el ritmo de plantación, presentando el rubro pecanero, un desarrollo prácticamente nulo o muy escaso en cuanto a tecnologías y protocolos necesarios de cosecha, acondicionamiento, procesamiento y conservación de las nueces.

La mayoría de las plantas acondicionadoras y procesadoras que se encuentran funcionando en el país, no fueron calculadas ni diseñadas por profesionales, sino que se fueron construyendo con maquinaria importada de una manera algo artesanal y empírica a medida que iba creciendo la producción, por lo que presentan ciertos inconvenientes.

➤ **Objetivos:**

Generales:

- Contribuir tecnológicamente a mejorar la calidad del producto de acuerdo a estándares de comercialización.
- Asegurar la disponibilidad del producto durante todo el año.

Particulares:

- Diseñar una línea de acondicionado y envasado de nuez Pecán con cáscara.

- Calcular una cámara de conservación en frío.

➤ **Alcances:**

Ingeniería Básica:

- Diseño del Proceso de acondicionado y almacenamiento.
- Layout de la maquinaria y flujo de materiales.
- Selección y adaptación de máquinas/equipos para la línea de acondicionado (limpiadoras varias, lavadoras, secadora, clasificadoras, de inspección final, entre otras).
- Diseño y cálculo de las máquinas para elevación y transporte continuo del proceso.
- Cálculo y selección de la iluminación.
- Análisis económico del proyecto.

Ingeniería en Detalle:

- Diseño y cálculo de la cámara de conservación en frío.
Evaluación económica de distintos espesores de aislantes.
- Diseño y cálculo de la instalación eléctrica de potencia, incluyendo los respectivos tableros eléctricos.

❖ No incluye: Cálculos de las estructuras.

➤ **Metodología general:**

- Evaluación de metodologías y tecnologías existentes (mediante entrevistas a productores y asesores, y consulta de bibliografía específica y sitios de internet)
- Diseño de la línea de acondicionado. Lay-out del proceso.
- Propuesta básica de los equipos que componen la línea.
- Propuesta en detalle de la instalación eléctrica de potencia y de la cámara de conservación.
- Conclusiones

➤ **Impacto.**

En lo Productivo:

- Se logran incrementar las capacidades de producción al reducir significativamente los tiempos del proceso (por la incorporación del

secado industrial con aire caliente y la mecanización de todo el proceso).

- Se mejora la calidad del producto logrando que cumpla lo requerido por los estándares de comercialización (internos y de exportación).

En lo Tecnológico:

- Se aportarán las bases de un modelo productivo, contribuyendo así con el desarrollo tecnológico del sector, lo que está siendo muy demandado por los productores y acopiadores.

En lo Económico:

- Disminuirán las pérdidas de producto que ocasionan los acondicionamientos deficientes.
- Aumentará la demanda de esta nuez al aumentar considerablemente la calidad percibida y la vida útil.

En lo Ambiental:

- No se percibirán efectos indeseados. Los desperdicios son orgánicos y volverán como abono a campos asignados para tal fin.

➤ **Tutor Propuesto:** Ing. Aníbal De Carli

.....
Alumno: Nicolás Devotto

.....
Alumno: Guillermo Teske

.....
Alumno: Sebastián M. Böttges

.....
Profesor: Ing. Gustavo Puente

.....
Tutor: Ing. Aníbal De Carli

D-PFC-1012A – OBJETIVOS-ALCANCES-PLAN DE TRABAJOS

1 Objetivos

1.1 Generales

- Contribuir tecnológicamente a mejorar la calidad del producto de acuerdo a estándares de comercialización.
- Asegurar la disponibilidad del producto durante todo el año.

1.2 Particulares

- Diseñar una línea de acondicionado y envasado de nuez Pecán con cáscara.
- Calcular una cámara de conservación en frío.

2 Alcances

2.1 Ingeniería Básica:

- Diseño del Proceso de acondicionado y almacenamiento.
- Layout de la maquinaria y flujo de materiales.
- Selección y adaptación de máquinas/equipos para la línea de acondicionado (limpiadoras varias, lavadoras, secadora, clasificadoras, de inspección final, entre otras).
- Diseño y cálculo de las máquinas para elevación y transporte continuo del proceso.
- Cálculo y selección de la iluminación.
- Análisis económico del proyecto.

2.2 Ingeniería en Detalle:

- Diseño y cálculo de la cámara de conservación en frío.
Evaluación económica de distintos espesores de aislantes.
 - Diseño y cálculo de la instalación eléctrica de potencia, incluyendo los respectivos tableros eléctricos.
- ❖ No incluye: Cálculos de las estructuras.

3 Plan de trabajo

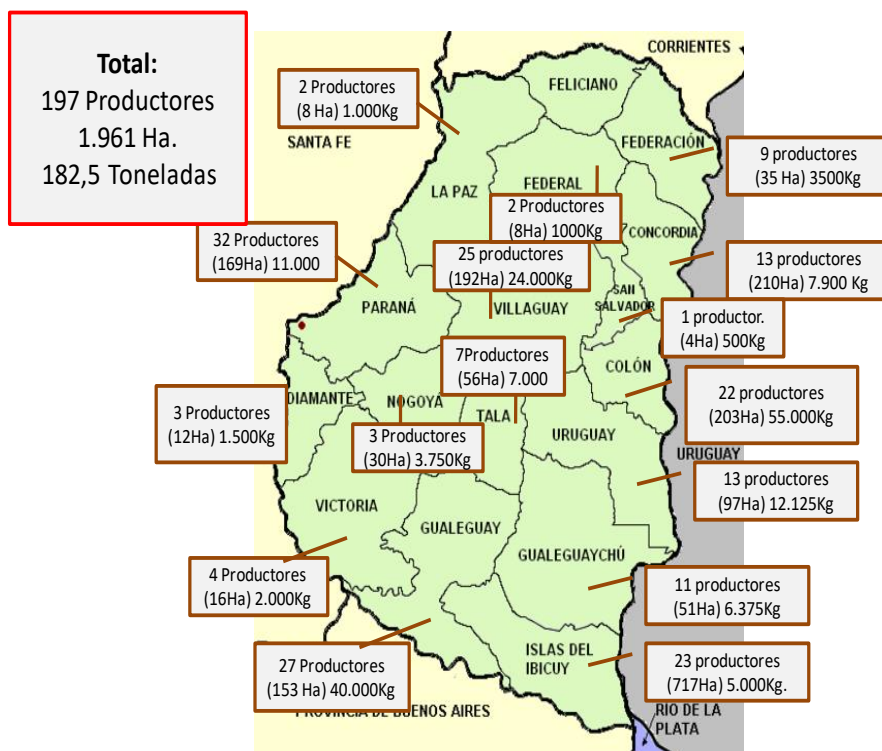
PLAN DE ENTREGAS PARCIALES		Plan de Entregas para:		
		Rev01	Rev02	Aprob.
A-Anexo II – PFC-14XXY- (TITULO-Autores)	1º	10/11/15	18/11/15	25/11/15
B-PFC-14XXY- Carátula-Resumen Ejecutivo- Agradecimientos	8º	8/2/16		
C-PFC-14XXY- Introducción y Situación Problemática-Rev00.	2º	2/2/16		
D-PFC-14XXY- Objetivos-Alcances Plan de Trabajo-Rev00.	3º	3/2/16		
E-PFC-14XXY- Ingeniería Básica-Rev00.	4º	3/2/16		
F-PFC-14XXY- Ingeniería de Detalles-Rev00.	5º	8/2/16		
G-PFC-14XXY- Memorias de Cálculo-Rev00.	6º	8/2/16		
H-PFC-14XXY- Anexos Complementarios-Rev00.	6º	8/2/16		
I-PFC-14XXY- Presentación Para la Defensa-Rev00	7º	1/3/16		
FECHA ESTIMADA DE PRESENTACIÓN Anexo-III + 1 Copia Papel + 3 Copias DVD				/2/16
Fecha Defensa Pública				4/3/16

C - INTRODUCCIÓN Y SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

C. 1. Introducción

Debido al auge de las plantaciones regionales de Nuez Pecán, realizadas principalmente en la última década, están surgiendo importantes volúmenes crecientes a ser cosechados, acondicionados, almacenados y procesados para su posterior comercialización.

Las principales provincias productoras actualmente son: Buenos Aires, Santa Fé y Entre Ríos. La distribución de la producción en ésta última provincia se puede ver en la siguiente figura:



Fuente: Clúster de la Nuez Pecán.

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto	Revisó:	Aprobó:	Página 1 de 3
--	---------	---------	---------------

Aunque el sector está en incipiente crecimiento, el desarrollo de maquinaria y procesos productivos no acompañaron el ritmo de plantación, presentando el rubro pecanero, un desarrollo tecnológico prácticamente nulo o muy escaso, afectando esto la competitividad de los productores y del sector.

Las escasas plantas acondicionadoras que se encuentran funcionando en el país, no fueron calculadas ni diseñadas por profesionales, sino que a medida que iba creciendo la producción se fueron construyendo de una manera algo improvisada, artesanal y empírica, por lo que no son eficientes ni competitivas para lograr los estándares de comercialización internacionales. Además los procesos y las máquinas existentes presentan algunos inconvenientes técnicos.

C. 2. Situación Problemática

Los productores de Nuez Pecán, se encuentran en este momento con serias dificultades para lograr satisfacer al mercado nacional e internacional en *calidad, cantidad, tiempo y forma*.

Un problema que se está comenzando a presentar con las producciones crecientes es la escasa capacidad de acondicionado (limpieza, secado y clasificado) para lograr proveer con las cantidades demandadas y en los tiempos óptimos a los clientes, principalmente los internacionales actuales (y potenciales). Comercialmente, no disponer el producto en fechas tempranas está dificultando mucho que la producción argentina sea elegida por los mercados más codiciados (especialmente de países a contra estación).

La falta de uso de secado industrial eficiente es uno de los principales componentes por lo que la mayoría de los productores no logran calidades óptimas, ni adecuados tiempos de vida útil de las nueces.

Otro importante problema es la falta de sistemas de clasificación e inspección para homogeneizar en grandes lotes las diferentes nueces de los distintos productores, según solicitan los clientes.

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto	Revisó:	Aprobó:	Página 2 de 3
---	---------	---------	---------------

Un inconveniente para desarrollar y abastecer durante todo el año al mercado interno con nueces de calidad, es la faltante de almacenajes refrigerados de gran tamaño.

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto	Revisó:	Aprobó:	Página 3 de 3
--	----------------	----------------	----------------------

Ingeniería Básica

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	2
2	CAPACIDAD DE LA LÍNEA	2
3	DIAGRAMAS DE INGENIERÍA	2
3.1	DIAGRAMA DE BLOQUES.....	3
3.2	DIAGRAMA DE PROCESOS.....	4
4	CONSIDERACIONES TECNOLÓGICAS PARA LAS ÁREAS DE LA PLANTA	6
4.1	RECEPCIÓN	6
4.2	LIMPIEZA MECANIZADA.....	6
4.3	SECADO.....	7
4.4	CLASIFICACIÓN.....	7
4.5	ALMACENAMIENTO.....	7
4.6	ENVASADO.....	8
4.7	TRANSPORTE DE PRODUCTO	8
4.8	TRAZABILIDAD	8
5	VISTA EN PLANTA (LAYOUT)	8
5.1	LAYOUT DE ZONA SUCIA	10
5.2	LAYOUT DE ZONA LIMPIA	11
5.3	VISTA EN 3D DE ZONA SUCIA.....	11
5.4	VISTA EN 3D DE ZONA LIMPIA	13
6	PERSONAL	14
7	NORMATIVAS APLICADAS	15
7.1	NORMAS	15
7.2	REGLAMENTOS	15

1 Introducción

Para dar solución a la situación problemática y los objetivos antes descritos, se diseñará y calculará una línea de acondicionado (limpieza, secado y clasificado) con almacenamiento en frío y envasado final.

Se propone un sistema de producción continuo, excepto el secado y despelonado que serán por batch.

2 Capacidad de la línea

Según los interesados en el proyecto, el volumen máximo esperado a procesar en estos próximos años será de aproximadamente 250.000 Kg de nueces limpias en unos 50 días laborales, lo que nos lleva a una capacidad de diseño de 700 Kg/h.

Debido a que en un futuro la producción se podría llegar a duplicar, la línea se proyecta para que pueda trabajar a 2 turnos, llegando así a poder procesar 500.000 Kg por zafra.

Al ser una planta de gran tamaño se logrará solucionarles los problemas a muchos productores, además de lograr una competitividad superior debido a la escala de producción y la dilución de costos fijos.

3 Diagramas de Ingeniería

Para el diseño del proceso se consideraron aspectos como los siguientes:

- Identificación de las distintas impurezas (caracterización del material a procesar)
- Eliminar en las primeras instancias las impurezas de mayor volumen y las que dificulten el procesamiento en máquinas posteriores.
- Correlación eficiente de los diferentes procesos.
- Adopción de procesos continuos siempre que fuese posible.

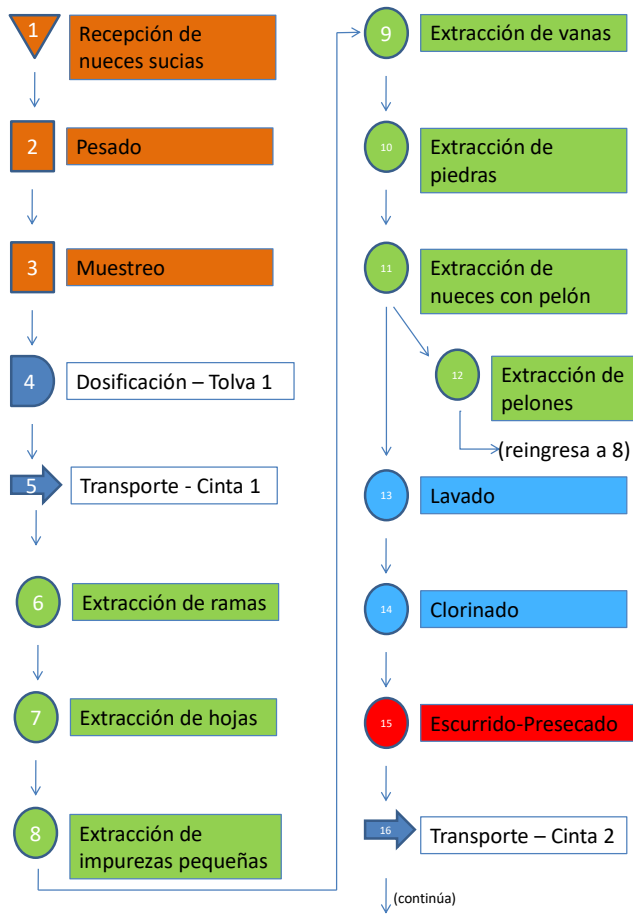
3.1 Diagrama de Bloques

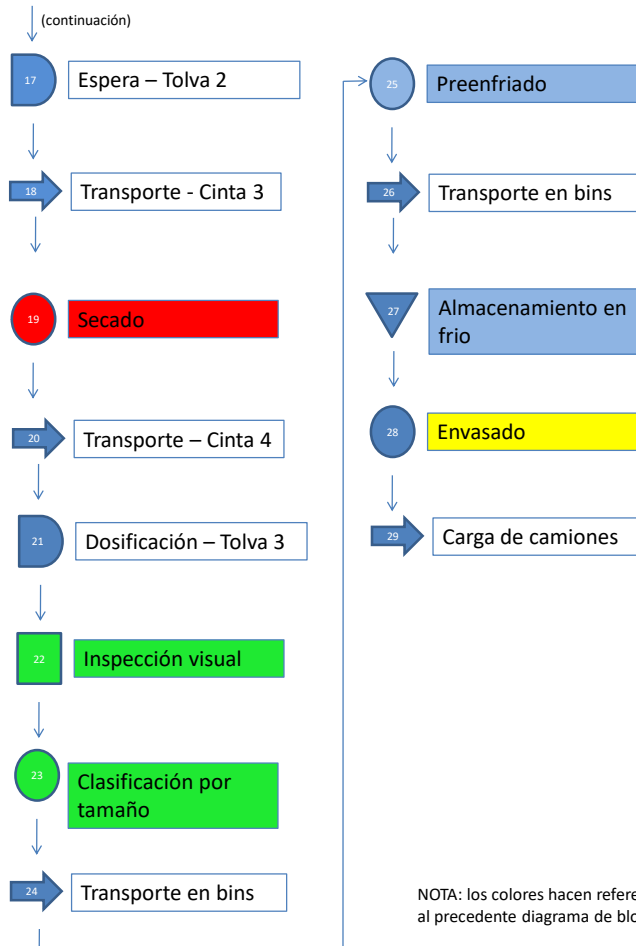


Estos bloques están conformados por varios procesos y subprocesos, vinculados entre sí mediante operaciones de transporte, depósitos intermedios y almacenamiento, lo cual se puede observar en el siguiente Diagrama de Procesos.

Los colores iguales vinculan a los dos diagramas.

3.2 Diagrama de procesos





4 Consideraciones tecnológicas para las áreas de la planta

4.1 Recepción

El producto a ser procesado será recibido en contenedores apilables (bins o day bins), construidos de material plástico y aireados, los cuales permiten independizar lotes de distintas variedades de nueces o de los distintos productores. También permiten un óptimo apilado para realizarles un presecado hasta el momento de ser procesados (se ampliará en el ítem 4.3 “Secado”).

A los distintos lotes se los pesará y se les extraerán muestras a ser analizadas en el laboratorio, para determinar humedad de entrada y porcentajes de impurezas.

4.2 Limpieza mecanizada

Se realizará una limpieza (adicional a la ya realizada en el campo) para retirar materiales extraños, como ser:

- Ramas (hasta 60 cm)
- Hojas
- Palitos
- Pasto
- Capullos sueltos
- Capullos secos adheridos
- Nueces con capullos verdes
- Nueces vanas (vacías)
- Polvo
- Barro
- Terrones de tierra
- Piedras



Se seleccionarán distintas máquinas continuas para extraer las distintas impurezas en varias etapas. Las impurezas que descartarán todas estas máquinas serán extraídas fuera de la sala por una cinta transportadora en común.

4.3 Secado

Para lograr un eficiente secado (crucial para la calidad y vida útil de la nuez) se seleccionará una secadora por batch de gran capacidad. Dispondrá de 4 compartimientos independientes, favoreciendo esto la trazabilidad del producto.

La carga y descarga se realizará por cintas transportadoras.

El aire caliente provendrá de un quemador a gas y será forzado por un ventilador centrífugo. Este aire además, será reutilizado, haciéndolo ingresar a una presecadora, para luego ser transportado (mediante otra tubería) hasta el depósito de bins con producto a procesar, donde se realiza un presecado base/primario (para evaporar el posible porcentaje de “agua libre” existente en la mezcla) mediante circulación de este aire templado (con ventiladores axiales de gran caudal).

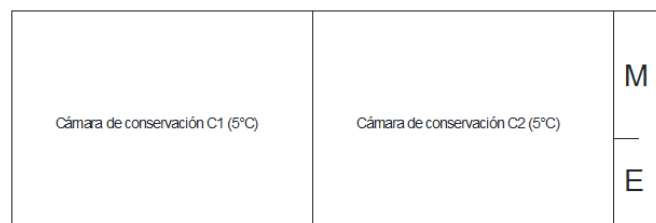
4.4 Clasificación

Las nueces se clasificarán mecánicamente por tamaños, según sus diámetros.

La extracción de unidades defectuosas se hará por observación visual de un operario, sobre cinta de inspección.

4.5 Almacenamiento

Tomando como base abastecer durante todo el año al mercado interno y que se requiere acopiar la producción durante los primeros meses de procesamiento hasta conformar las partidas de exportación, se construirán 2 cámaras de conservación en frío (a 5°C), modulares y de funcionamiento mixto (llenado continuo y por batch). Se proponen dos para lograr más flexibilidad y poder desconectar una cuando el stock anual baje a la mitad. La disposición de las cámaras se plantea en el siguiente croquis.



Con formato: Fuente: (Predeterminada) Times New Roman

El almacenamiento será en bins (plásticos y apilables).

El refrigerante adoptado ser inodoro, o en su defecto muy débil, de manera de que no sea posible transmitir olores al producto. Además será “amigable” con el medio ambiente. HFC (Hidrofluorocarburos).

El aislante será seleccionado en base a comparativas técnicas y comerciales con diferentes materiales aislantes empleados en la industria.

4.6 Envasado

Se confeccionarán bolsas de 10 y 25 Kg mediante embolsadora semiautomática.
Los envases serán bolsas tipo plastillera perforada (para aireación de las nueces)

4.7 Transporte de producto

La mayor cantidad de trasposos de producto de máquina a máquina serán por gravedad.
También habrá 6 cintas transportadoras, de las cuales 4 son inclinadas y harán llegar el producto a los puntos altos de la línea, mientras que para extraer los desechos se propone una cinta horizontal subterránea hasta el exterior, la cual descarga en otra cinta inclinada para realizar la carga en camión.
En el diseño de dichas cintas se realizará estandarización de componentes para bajar costos de stock de repuestos y contribuir a la simplificación del sector de mantenimiento. Esto también reducirá el monto de fabricación de las cintas por contener la mayoría de las piezas iguales y ser sus estructuras muy similares.
Las estructuras serán construidas con perfiles U fabricados por plegado y calado CNC de chapa lisa, y perfiles UPN.
Las bandas serán textiles con recubrimiento de goma y se le adherirán tacos.
La alimentación inicial de la línea, y el transporte hasta la cámara de frío, se harán mediante bins y autoelevador con volcador de bin incorporado.

4.8 Trazabilidad

Se implementará un sistema de trazabilidad mediante el rotulado de los bins y las bolsas. De esta manera se podrá hacer un seguimiento de las nueces de los distintos productores a lo largo de todo el proceso, el almacenamiento y la cadena de distribución del producto, cumpliendo así con un requerimiento específico de algunos clientes, y poder propiciar la mejora continua de la calidad de la nuez informándoles a los distintos productores las anomalías detectadas.

5 Vista en Planta (Layout)

Se consideró que la mayor cantidad de trasposos de producto de máquina a máquina serán por gravedad, lográndose así disminuir notablemente la cantidad de cintas transportadoras, y el consiguiente costo de la instalación.

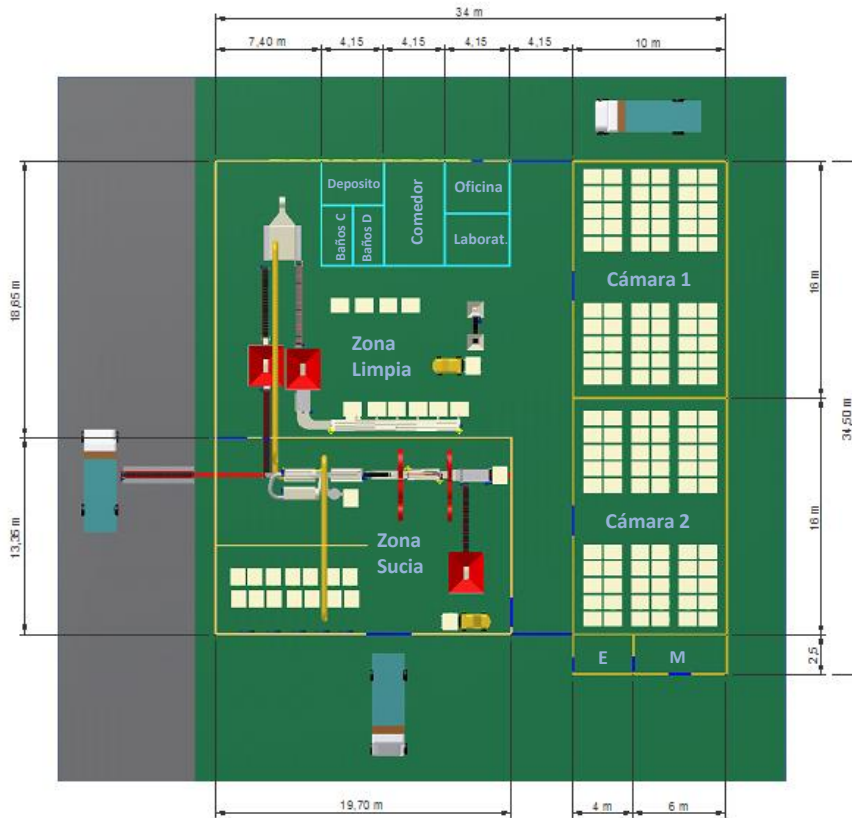
También se tuvo en cuenta:

- ruta mínima del producto y del personal
- diseño bajo la teoría de la utilización del mínimo espacio cúbico
- flexibilidad para posibles futuras ampliaciones
- seguridad y bienestar para el trabajador

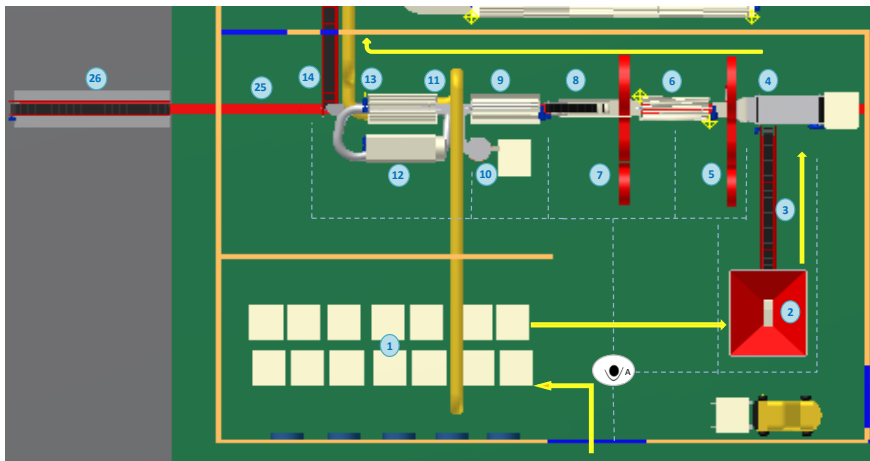
Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó: GP 09-02-16	Aprobó:	Página 8 de 15
--	---------------------	---------	----------------

- espacios acordes para mantenimiento, entre otros.

Se sectorizará el proceso en “Zona Sucia” y “Zona Limpia” como se observa en el siguiente layout:



5.1 Layout de Zona Sucia

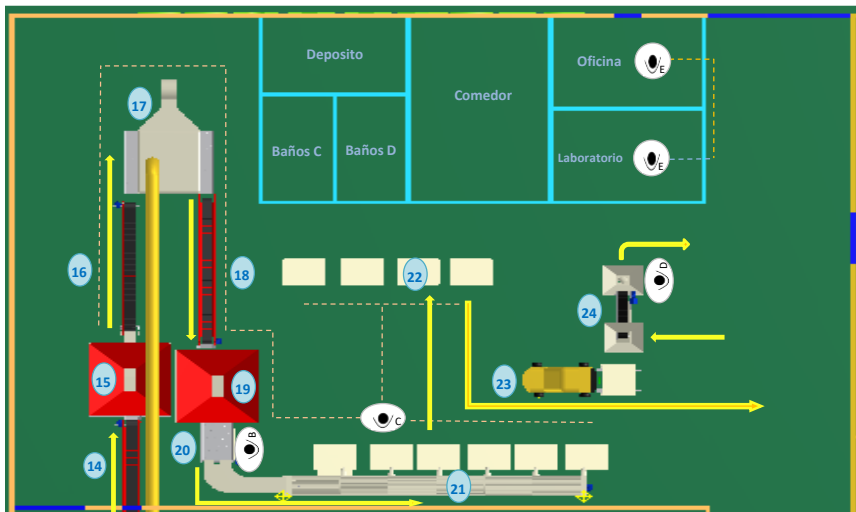


1. Bins con nueces a procesar (Sala de presecado primario)
2. Tolva dosificadora
3. Cinta transportadora 1
4. Extractora de ramas
5. Extractora de hojas por soplado
6. Extractora de impurezas pequeñas
7. Extractora de nueces vanas
8. Extractora de piedras y terrones de tierra
9. Clasificadora de nueces con pelón
10. Despelonadora
11. Lavadora
12. Clorinadora
13. Presecadora
14. Cinta transportadora 2 (a Zona limpia)
15. Cinta transportadora 3
16. Cinta transportadora 4
17. Cinta transportadora 5 (subterránea; extractora de desechos)
18. Cinta transportadora 6 (cargadora de desechos)



Operario A

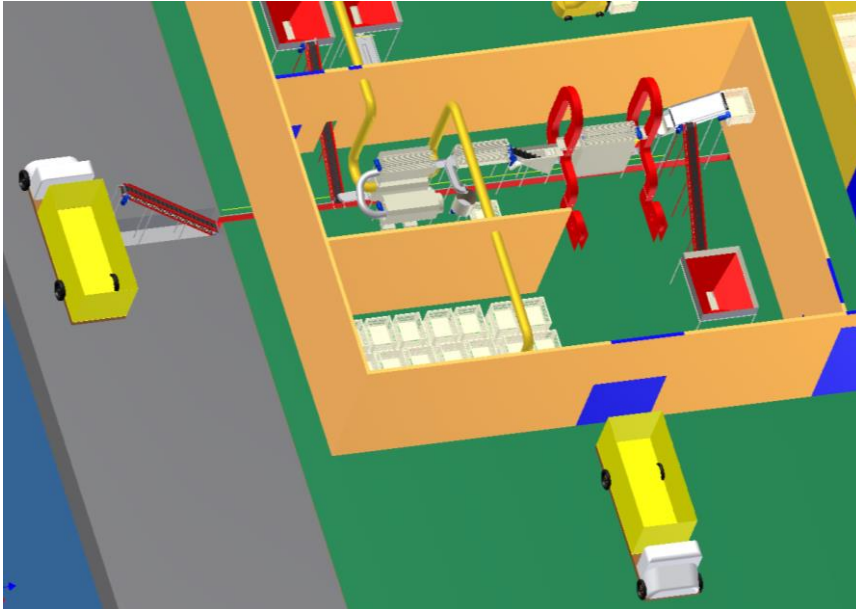
5.2 Layout de Zona Limpia



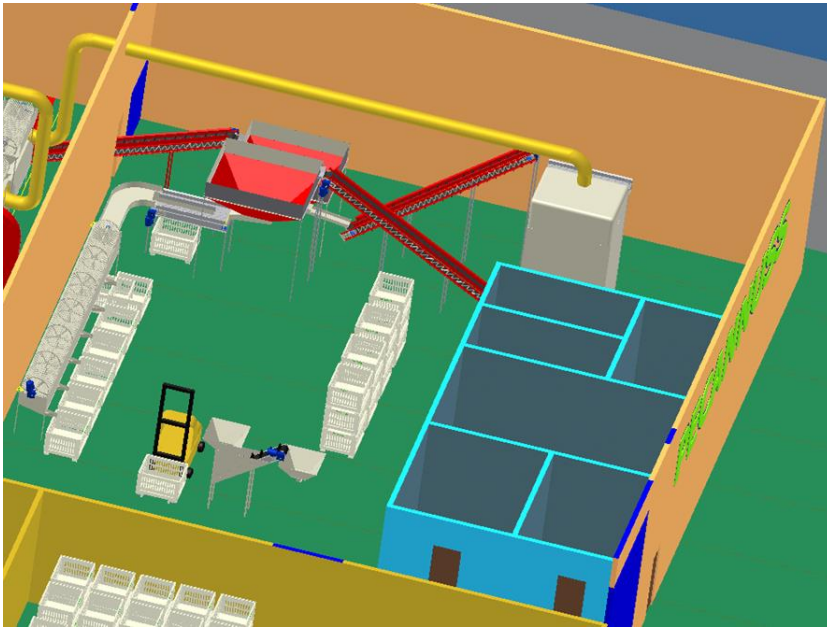
14. Cinta transportadora 2 (desde zona sucia)
15. Tolva 2 (pulmón)
16. Cinta 3: carga de secadora
17. Secadora
18. Cinta 4: descarga secadora
19. Tolva 3 (dosificadora)
20. Cinta de inspección
21. Tamañadora
22. Bins con nueces limpias
23. Transporte a cámaras de frío (Autoelevador)
24. Embolsadora

 Operario

5.3 Vista en 3D de Zona Sucia



5.4 Vista en 3D de Zona Limpia



6 Personal

A continuación se detalla el personal que requerirá la planta, indicando las tareas a realizar por cada uno y especificando el tipo de contrato bajo el cual estarán vinculados.

Operario	Cargo	Tareas	Contrato de empleo
A	Operario	-Recepción del producto. -Encargado de zona sucia. Supervisión de funcionamiento de las máquinas, limpieza y mantenimiento del sector.	Zafral (por temporada)
B	Operario	Extraer productos defectuosos en cinta de inspección.	Zafral
C	Operario	-Encargado de zona limpia. Supervisión de funcionamiento de las máquinas, limpieza y mantenimiento del sector. -Transporte de bins a cámara, y para alimentación de embolsadora.	Zafral
D	Operario	-Encargado de la máquina envasadora (embolsadora). -Encargado del mantenimiento rápido de toda la planta.	Fijo
E	Encargado	-Encargado general. -Atención de la oficina comercial. -Pesado de la mercadería recibida. -Toma de muestras y análisis de laboratorio.	Fijo

NOTA: Es recomendable que el operario B pueda rotar su actividad con otro/s operario/s, debido a su actividad monótona, y agotadora por su nivel de atención visual.

7 Normativas aplicadas

7.1 Normas

- IRAM 4524 – Dibujo técnico.
- DIN 5035 – Iluminación.
- AEA –Instalaciones Eléctricas.

7.2 Reglamentos

- Reglamento técnico sobre Identidad y Calidad de la nuez de Pecán “con cáscara” – SENASA
- Resolución SEAG N° 1352/67 - Reglamentaria del Decreto-Ley N° 9244/63 en lo referente a frutas secas destinadas al mercado interno y a la exportación.
- Resolución SAGPyA N° 48/98 - Normas relativas a la reorganización y actualización de los Registros de Empacadores, Establecimientos de Empaque y Frigoríficos de frutas y hortalizas, y a los componentes del sello clave.

Ingeniería de Detalles

ÍNDICE

TOMO A	3
INGENIERÍA MECÁNICA DE DETALLES	3
1. CODIFICACIÓN (TAG)	3
TAG EN LAYOUT.	4
2. EQUIPAMIENTO SELECCIONADOS	6
2.1 EQUIPAMIENTO EN ZONA SUCIA (10)	6
2.1.1 Contenedores plásticos10-R-01.....	6
2.1.2 Tolda dosificadora10-R-02	7
2.1.3 Cinta transportadora 110-L-03	7
2.1.4 Extractora de Ramas10-L-04.....	8
2.1.5 Extractora de Hojas por soplado10-L-05.....	8
2.1.6 Extractora de impurezas pequeñas10-L-06.....	9
2.1.7 Extractora de nueces vanas10-L-07	10
2.1.8 Extractora de piedras y terrones de tierra10-L-08	10
2.1.9 Clasificadora de nueces con pelón10-L-09	11
2.1.10 Despelonadora10-L-10	11
2.1.11 Lavadora Rotativa10-L-11	12
2.1.12 Clorinadora10-L-12.....	13
2.1.13 Presecadora10-S-13.....	14
2.1.14 Cinta transportadora 2E1-S-14.....	14
2.1.15 Cinta transportadora 510-L-25.....	14
2.1.16 Cinta transportadora 6 10-L-26.....	14
2.1.17 Autoelevador110-R-27.....	15
2.2 EQUIPAMIENTO EN ZONA LIMPIA (20)	16
2.2.1 Tolda 2 (pulmón) 20-S-15	16
2.2.2 Cinta 3: carga de secadora 20-S-16	16
2.2.3 Secadora 20-S-17	16
2.2.4 Cinta 4: descarga secadora 20-C-18.....	17
2.2.5 Tolda 3 (dosificadora) 20-C-19	17
2.2.6 Cinta de inspección 20-C-20	17
2.2.7 Clasificadora por tamaños 20-C-21.....	18
2.2.8 Bins de zona limpia 20-C-22	19
2.2.9 Autoelevador2 (Transporte a cámaras de frío) 20-A-23	19
2.2.10 Embolsadora 20-E-24.....	19
3. EQUIPAMIENTO DISEÑADO	20
CINTAS TRANSPORTADORAS.....	20
3.1 CINTA TRANSPORTADORA 110-L-03	20
3.1.1 Banda:.....	21
3.1.2 Tambores	22
3.1.3 Motorreductor	23
3.1.4 Estructura.....	24
3.2 CINTA TRANSPORTADORA 210-S-14	24
3.2.1 Banda:.....	24

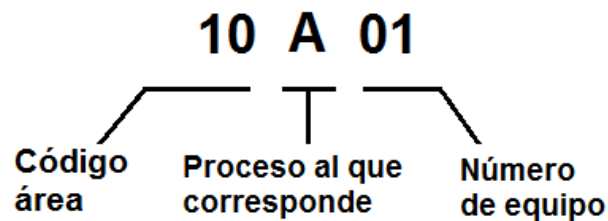
3.2.2	Tambores:	24
3.2.3	Motorreductor:	24
3.2.4	Estructura:.....	24
3.3	CINTA TRANSPORTADORA 3 20-S-16	24
3.3.1	Banda:.....	25
3.3.2	Tambores:	25
3.3.3	Motorreductor:	25
3.3.4	Estructura:.....	25
3.4	CINTA TRANSPORTADORA 4 20-C-18	26
3.4.1	Banda:.....	26
3.4.2	Tambor:.....	26
3.4.3	Motorreductor:	26
3.4.4	Estructura:.....	26
3.5	CINTA TRANSPORTADORA 5 10-L-25	26
3.5.1	Banda	26
3.5.2	Tambor:.....	26
3.5.3	Motorreductor:.....	26
3.5.4	Estructura:.....	26
3.6	CINTA TRANSPORTADORA 6 10-L-26	27
3.6.1	Banda	27
3.6.2	Tambor	27
3.6.3	Motorreductor	27
3.6.4	Estructura.....	28
TOMO B.....		29
INGENIERÍA TÉRMICA DE DETALLES		29
1. EQUIPAMIENTO Y ACCESORIOS SELECCIONADOS.....		29
1.1	EQUIPAMIENTO EN 30	29
3.6.5	Aislante 30-A-01.....	29
3.6.6	Accesorios para la cámara 30-A-02	30
3.6.7	Gas refrigerante 30-A-03	30
3.6.8	Compresor 130-A-04	31
3.6.9	Compresor 230-A-05	31
3.6.10	Evaporador 130-A-06.....	32
3.6.11	Evaporador 230-A-07.....	33
3.6.12	Condensador 130-A-08	33
3.6.13	Condensador 230-A-09	34
3.6.14	Válvula de expansión 130-A-10	34
3.6.15	Válvula de expansión 230-A-11	34
TOMO C.....		35
PRESUPUESTO.....		35

Tomo A

Ingeniería Mecánica de Detalles

1. CODIFICACIÓN (TAG)

Se diseñó el siguiente sistema de codificación para identificar el equipamiento en el layout:



“**10**”: Sector al que corresponde.

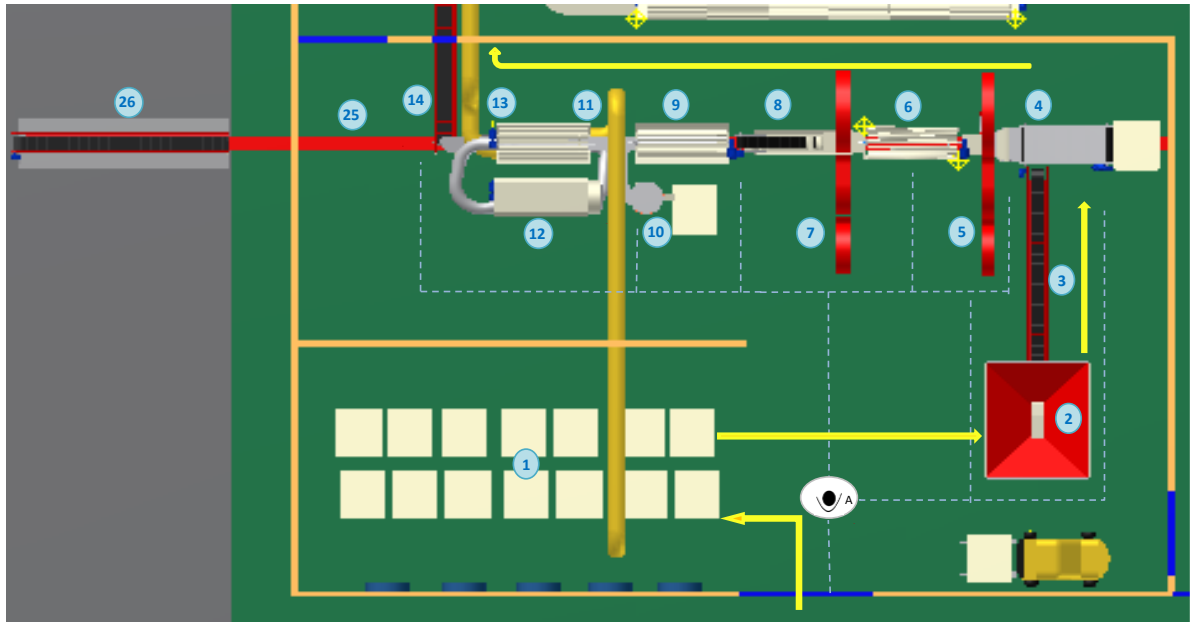
10	Zona sucia
20	Zona limpia
30	Almacenamiento en frío

“**A**”: Proceso al que corresponde.

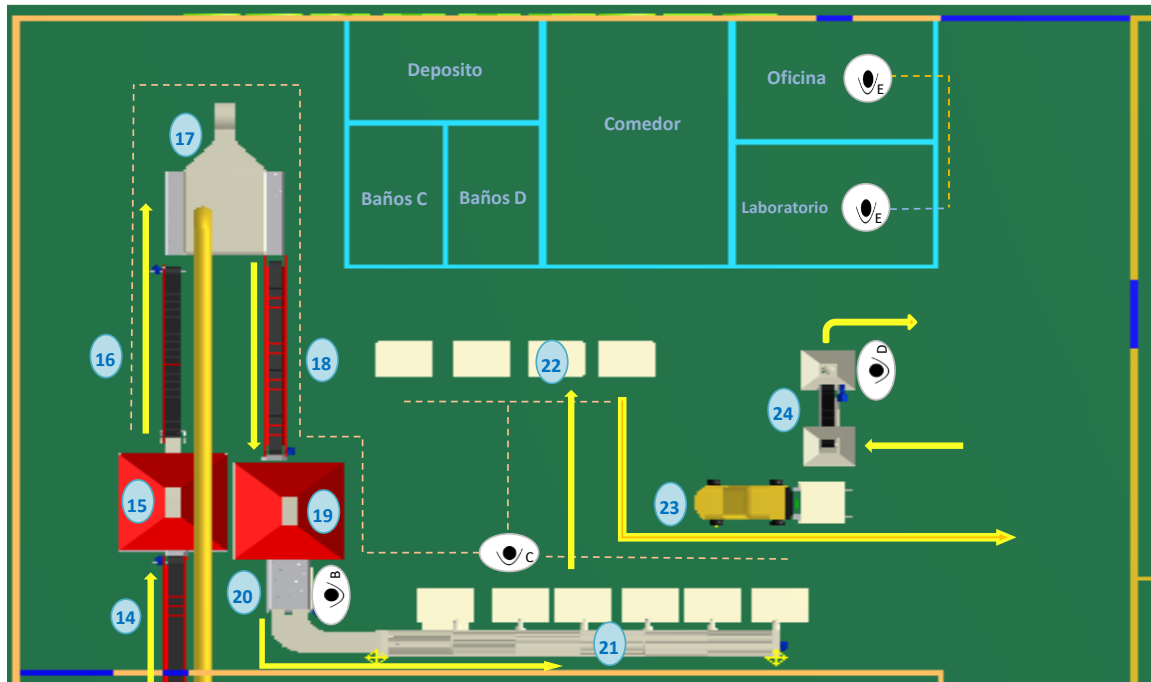
R	Recepción
L	Limpieza
D	Desinfectado
S	Secado
C	Clasificado
A	Almacenamiento en frío
E	Envasado

“**01**”: Número de equipo.

NOTA: La denominación de los equipos para 10 y20 seguirá el orden del proceso propuesto en la Ingeniería Básica.

TAG en layout.**Zona Sucia (10):****Equipamiento y accesorios incluidos en 10 (Zona sucia):**

<i>Equipo N°</i>	<i>Descripción</i>	<i>Código</i>
1	Contenedores plásticos de nueces a procesar (Bins)	10-R-01
2	Tolva dosificadora	10-R-02
3	Cinta transportadora 1	10-L-03
4	Extractor de ramas	10-L-04
5	Extractor de hojas por soplado	10-L-05
6	Extractor de impurezas pequeñas (Precleaner Rotativo)	10-L-06
7	Extractor de nueces vanas	10-L-07
8	Extractor de piedras y terrones de tierra	10-L-08
9	Clasificadora de nueces con pelón	10-L-09
10	Despilonadora	10-L-10
11	Lavadora rotativa	10-D-11
12	Clorinadora	10-D-12
13	Presecadora	10-S-13
14	Cinta transportadora 2 (a Zona limpia)	10-S-14
25	Cinta transportadora 5 (subterránea; extractora de desechos)	10-L-25
26	Cinta transportadora 6 (cargadora de desechos)	10-L-26
27	Autoelevador	10-R-27

Zona Limpia (20):***Equipamientos y accesorios incluidos en Zona Limpia (20):***

<i>Equipo N°</i>	<i>Descripción</i>	<i>Código</i>
14	Cinta transportadora 2 (desde zona sucia)	20-S-14
15	Tolva 2 (pulmón)	20-S-15
16	Cinta 3: carga de secadora	20-S-16
17	Secadora	20-S-17
18	Cinta 4: descarga secadora	20-C-18
19	Tolva 3 (dosificadora)	20-C-19
20	Cinta de inspección	20-C-20
21	Clasificadora por tamaños	20-C-21
22	Bins con nueces limpias	20-C-22
23	Autoelevador	20-A-23
24	Embolsadora	20-E-24

Equipamientos y accesorios incluidos en el Almacenamiento en Frío (30):

<i>Equipo N°</i>	<i>Descripción</i>	<i>Código</i>
n/a	Aislante	30-A-01
n/a	Puerta Cámara	30-A-02
n/a	Gas Refrigerante	30-A-03
n/a	Compresor 1	30-A-04
n/a	Compresor 2	30-A-05
n/a	Evaporador 1	30-A-06
n/a	Evaporador 2	30-A-07
n/a	Condensador 1	30-A-08
n/a	Condensador 2	30-A-09
n/a	Válvula de expansión 1	30-A-10
n/a	Válvula de expansión 2	30-A-11

2. EQUIPAMIENTO SELECCIONADOS**2.1 Equipamiento en Zona Sucia (10).****2.1.1 Contenedores plásticos 10-R-01**

Figura 1

- Marca: Meclaplast
- Modelo: 76-8602
- Material: Polietileno de alta densidad
- Características:
 - Apilables de a 3 unidades.
 - Ventilados.

- Ver catálogo: Anexos\Bins

2.1.2 Tolva dosificadora 10-R-02



Figura 2

- Marca: ALBION Latinoamericana S.A.
- Capacidad: 1000 Kg/hora.
- Volumen de la Tolva: 6m³ (equivalente a la carga de 20bins).
- Especificaciones técnicas:
 - Construida modularmente y estructuralmente en chapa plegada y tubos estructurales en SAE 1010.
 - Rolo de mando y tensor montado sobre rodamientos autocentrantes.
 - Banda transportadora de tela y goma de 500mm. de ancho útil unidas con grampas, con paletas de 60mm paso 300mm.
 - Mando con motoreductor, reductor en baño de aceite. Motor de 1HP trifásico 100% blindado.
 - Pintura anticorrosivo de base y terminación con esmalte sintéticoPU gris Señal. RAL 7004.
- Dimensiones generales: largo 2800mm x ancho 2200mm, altura de carga 1500m.

2.1.3 Cinta transportadora 110-L-03

- Especificaciones técnicas: Ver Apartado N°3

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 7 de 36
--	---------	---------	----------------

2.1.4 Extractora de Ramas 10-L-04



Figura 3

- Marca: Savage
- Línea: “Greenline”
- Modelo: 3436
- Capacidad: 1000 Kg/h.
- Especificaciones técnicas:
 - Construida modularmente y estructuralmente en chapa plegada y tubos estructurales en acero SAE 1010.
 - Rodillo de mando y tensor montado sobre rodamientos autocentrantes.
 - Mando con motoreductor, reductor en baño de aceite.
- Motor de ¾ HP trifásico 100% blindado.
- Cinta transportadora de cadena de 914,4 mm. de ancho útil.
- Pintura anticorrosivo de base y terminación con esmalte sintético PU gris Señal. RAL 7004.
- Dimensiones generales: ancho 1320mm x largo 2170mm x alto 1200mm (ajustable).

2.1.5 Extractora de Hojas por soplado 10-L-05



Figura 4

- Marca: Savage
- Modelo: Airleg 3832
- Capacidad: 1000 Kg/h.
- Especificaciones técnicas:
 - Construida modularmente y estructuralmente en chapa plegada y tubos estructurales en acero SAE 1010.
 - El mismo posee un ducto inferior con un soplador y tolva con descarga en la parte superior para hojas, motor de 3HP.
 - Sistema de ajuste de flujo de aire.
 - Pintura anticorrosiva de base y terminación con esmalte sintético PU gris Señal. RAL 7004.
- Dimensiones generales: ancho 300mm x largo 500mm x alto 4500

2.1.6 Extractora de impurezas pequeñas 10-L-06

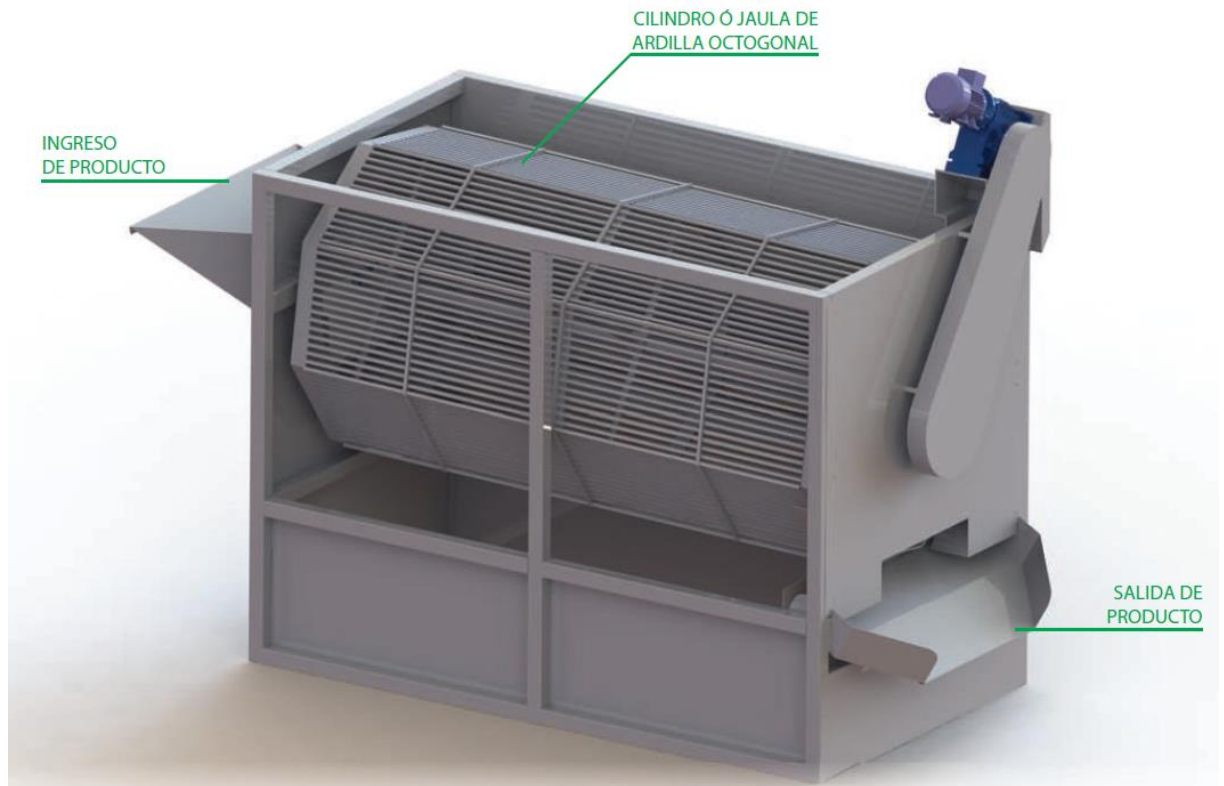


Figura 5

- Marca: ALBION Latinoamericana S.A.
- Capacidad: 700/1000kg
- Especificaciones técnicas:
 - Construida modularmente y estructuralmente en chapa plegada y tubos estructurales en acero SAE 1010.
 - Cilindro con forma de Tambor octogonal con paso libre de 20 mm.
 - Tolva de descarga de basura central.
 - Rueda de asiento de cilindro de fundición gris.
 - Mando con motoreductor, reductor en baño de aceite y motores de 4 HP trifásico 100% blindado.
 - Pintura anticorrosiva de base y terminado con esmalte sintético.
 - Potencia instalada: 4 HP
 - Pintura anticorrosivo de base y terminación con esmalte sintéticoPU gris Señal. RAL 7004.
- Dimensiones generales: ancho 1400mm x largo 2500mm x alto 4200mm.

2.1.7 Extractora de nueces vanas 10-L-07

Especificaciones Técnicas: Ídem 10-L-05 (Extractora de hojas por soplado). [Ver apartado 2.1.5](#)

2.1.8 Extractora de piedras y terrones de tierra 10-L-08



Figura 6

- Marca: ALBION Latinoamericana S.A.
- Capacidad: 700kg/h
- Especificaciones técnicas:
 - Construida estructuralmente en chapa plegada y tubos estructurales en acero SAE 1010.
 - Rolo de mando y tensor montado sobre rodamientos autocentrantes.
 - Banda transportadora de tela y goma de 500mm. de ancho útil unidas con grampas, con paletas de 60mm paso 300mm.
 - Mando con motoreductor, reductor en baño de aceite. Motor de 1HP trifásico 100% blindado.
 - Boca de limpieza

- Válvula manual de desagote tipo mariposa Ø200.
- Válvula manual de desagote tipo mariposa Ø25.
- Pintura anticorrosivo de base y terminación con esmalte sintético PU gris Señal. RAL 7004.
- Potencia instalada: 2HP

- Dimensiones generales: ancho 600 x largo 1500mm x alto 1500mm.

NOTA: No incluye transportador de piedras y terrones. Tampoco tolva de descarga. Se efectuará la limpieza de forma rutinaria.

2.1.9 Clasificadora de nueces con pelón10-L-09

- Marca: ALBION Latinoamericana S.A.
- Capacidad: 700/1000kg
- Especificaciones técnicas:
 - Construida modularmente y estructuralmente en chapa plegada y tubos estructurales en acero SAE 1010.
 - Cilindro con forma de Tambor octogonal con paso libre de 40mm.
 - Tolva de descarga de basura central.
 - Rueda de asiento de cilindro de fundición gris.
 - Mando con motoreductor, reductor en baño de aceite y motores de 4 HP trifásico 100% blindado.
 - Pintura anticorrosiva de base y terminado con esmalte sintético.
 - Potencia instalada: 4 HP
 - Pintura anticorrosivo de base y terminación con esmalte sintéticoPU gris Señal. RAL 7004.
- Dimensiones generales: ancho 1400mm x largo 2500mm x alto 4200mm

NOTA: Este equipo es de similares características al equipo10-L-06. [Ver figura 5](#)

2.1.10 Despelsonadora10-L-10



Figura 7

- Marca: ALBION Latinoamericana S.A.
- Capacidad: 700/1000kg
- Especificaciones técnicas:
 - Construida en chapa de acero SAE 1010.
 - Sistema Rotativo vertical por batch.
 - Mando con motoreductor, reductor en baño de aceite. Motor de 3 HP trifásico 100% blindado.
 - Plataforma para las dos despelsonadoras con barandas y escaleras para la inspección y operación.
 - Potencia instalada3 HP.
 - Pintura anticorrosivo de base y terminación con esmalte sintéticoPU gris Señal. RAL 7004.

- Dimensiones generales: diámetro 930mm, altura 1000mm.

2.1.11 Lavadora Rotativa 10-L-11

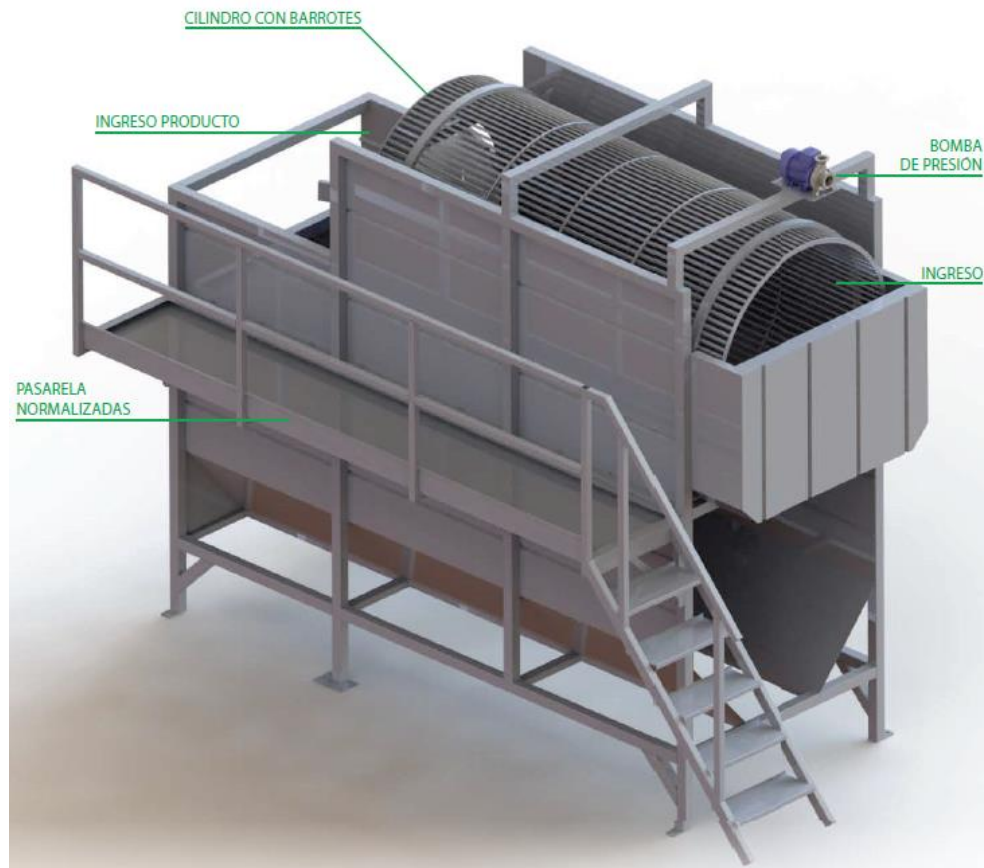


Figura 8

- Marca: ALBION Latinoamericana S.A.
- Capacidad: 700/1000kg
- Especificaciones técnicas:
 - Construida modularmente y estructuralmente en chapa plegada y tubos estructurales en acero SAE 1010.
 - Cilindro tipo “jaula de ardilla” de diámetro del mismo 790mm x largo 5.000 mm. Construido en acero SAE1010.
 - Posee cañería interior para el enjuague con agua; ambos sectores poseen bomba independiente uno de otro de 1HP trifásico 100% blindado c/u.
 - Cañerías de circulación en acero AISI 304.
 - Mando con motoreductor, reductor en baño de aceite y motor de 2 HP trifásico 100% blindado.
 - Consumo de agua: hasta 1.500 litros/ hora (dependiendo del estado de las nueces)
 - Potencia instalada: 4 HP
 - Pintura anticorrosivo de base y terminación con esmalte sintético PU gris Señal. RAL 7004.
- Dimensiones generales: largo 5.000mm., ancho 930mm., altura 2400mm.

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 12 de 36
--	---------	---------	-----------------

2.1.12 Clorinadora10-L-12



Figura 9

- Marca: ALBION Latinoamericana S.A.
- Capacidad: 700/1000kg
- Especificaciones técnicas:
 - Construida modularmente y estructuralmente en chapa plegada y tubos estructurales en acero SAE 1010.
 - Cilindro perforado de diámetro del mismo 790mm x largo 5.000 mm con espiras metálicas en su interior. Construido en acero inoxidable AISI 304.
 - Posee cañería interior dividida en dos sectores: el primero, lavado con hipoclorito y el segundo, es un enjuague de agua; ambos sectores poseen bomba independiente uno de otro de 1HP trifásico 100% blindado c/u.
 - Cañerías de circulación en plástico polipropileno.
 - Mando con motoreductor, reductor en baño de aceite y motor de 2 HP trifásico 100% blindado.
 - La lavadora deberá incluir un tanque de hipoclorito realizado integralmente en acero epoxipado y dos salidas para bomba para la circulación.
 - Consumo de agua: hasta 1.500 litros/ hora (dependiendo del estado de las nueces)
 - Potencia instalada: 4 HP
 - Pintura anticorrosivo de base y terminación con esmalte sintéticoPU gris Señal. RAL 7004.
- Dimensiones generales: largo 5.000mm., ancho 850mm., altura 2400mm.

2.1.13 Presecadora 10-S-13

- Marca: ALBION Latinoamericana S.A.
- Capacidad: 700/1000kg
- Especificaciones técnicas:
 - Construida modularmente y estructuralmente en chapa plegada y tubos estructurales en acero SAE 1010.
 - Cilindro con forma de Tambor octogonal con paso libre de 20 mm, cerrado herméticamente para direccionar el flujo de aire.
 - Rueda de asiento de cilindro de fundición gris.
 - Mando con motoreductor, reductor en baño de aceite y motores de 4 HP trifásico 100% blindado.
 - Soplador con ducto direccional en la salida para flujo a contracorriente, motor de 3HP.
 - Pintura anticorrosivo de base y terminación con esmalte sintético PU gris Señal. RAL 7004.

- Dimensiones generales: ancho 1400mm x largo 2500mm x alto 4200mm.

NOTA: Su construcción y dimensiones son muy similares a la extractora de impurezas (10-L-06). Ver figura 4

2.1.14 Cinta transportadora 2E1-S-14

- Especificaciones técnicas: Ver Apartado 3

2.1.15 Cinta transportadora 510-L-25

- Especificaciones técnicas: Ver Apartado 3

2.1.16 Cinta transportadora 6 10-L-26

- Especificaciones técnicas: Ver Apartado 3

2.1.17 Autoelevador 110-R-27

- Marca: Toyota
- Modelo FGN20 (NAFTA – GLP)
- Modelo motor: 4Y

Figura 10

- Especificaciones Técnicas:
 - Capacidad de carga: 2000kg
 - Ancho total: 1150 mm
 - Radio de giro: 2200 mm

2.2 Equipamiento en Zona Limpia (20)

2.2.1 Tolva 2 (pulmón) 20-S-15

Especificaciones Técnicas: Ídem 10-R-02 (Tolva dosificadora). Ver apartado 2.1.2

2.2.2 Cinta 3: carga de secadora 20-S-16

- Especificaciones técnicas: Ver Apartado 3

2.2.3 Secadora 20-S-17



Figura 11

temperatura de tarea mediante un sistema automático con control PID, corte automático por temperatura máxima y control de temperatura de salida del lecho de nueces.

- Pasarela de inspección y operación construida modularmente y estructuralmente en metal desplegado y perfiles estructurales del mismo material. La misma en uno de sus extremos posee escalera de acceso a la plataforma la cual tiene repartido sus apoyos convenientemente. Esta permite el acceso visual y de maniobra al silo del horno. Dimensiones generales: largo 5.500mm., ancho 500mm.
- Pintura anticorrosivo de base y terminación con esmalte sintéticoPU gris Señal. RAL 7004.

- Marca: ALBION Latinoamericana S.A.
 - Capacidad: 1500kg c/u (6000 kg total)
 - Especificaciones técnicas:
 - Construido modularmente y estructuralmente en chapa estampado y perfiles estructurales de acero SAE 1010.
 - Bastidor construido en chapa plegada de acero SAE 1010, compuesto de 4 silos de 1,5 Ton.
 - El llenado es a través de su parte superior y la descarga por medio de compuertas guillotinas.
- Generador de aire caliente con quemador de 550.000Kcal/h., electro-soplador centrífugo con motor marca Siemens o similar de acople a

transmisión indirecta de 7,5 HP y panel de control en el que se puede programar la

- Dimensiones generales aproximadas de cada módulo: largo 2.000, ancho 1.000mm., altura mayor 3.600mm., altura descarga de nueces: 1.200 mm.

2.2.4 Cinta 4: descarga secadora **20-C-18**

- Especificaciones técnicas: Ver Apartado 3

2.2.5 Tolva 3 (dosificadora) **20-C-19**

Especificaciones Técnicas: Ídem 10-R-02 (Tolva dosificadora). Ver apartado 2.1.2

2.2.6 Cinta de inspección **20-C-20**



Figura 12

- Marca: ALBION Latinoamericana S.A.
- Capacidad: 700/1000 Kg/h
- Especificaciones técnicas:
 - Construida modularmente y estructuralmente en chapa de acero estampado y perfiles de acero SEA 1010.
 - Rolo de mando y tensor montado sobre rodamientos YAR autocentrantes.
 - Banda transportadora de PVC de 300mm. de ancho útil
 - Mando con motoreductor, reductor en baño de aceite y motor de 1/2 HP trifásico 100% blindado.

- Pintura anticorrosivo de base y terminación con esmalte sintéticoPU gris Señal. RAL 7004.
- Dimensiones generales: largo 5.000mm, ancho 400mm.

2.2.7 Clasificadora por tamaños 20-C-21



Figura 13

- Marca: ALBION Latinoamericana S.A.
- Capacidad: 900 Kg/h
- Especificaciones técnicas:
 - Calibra 6 tamaños (cinco laterales y uno por el extremo).
 - Chasis construido modularmente y estructuralmente en chapa de acero estampado SAE 1010 y perfiles del mismo material.
 - Cilindro de diámetro 800mm. x largo 3600 mm realizado en chapa del mismo material perforada dividido en cuatro sectores de los siguientes largos:1200mm
 - En la parte inferior y extrema posee tolvas en plano inclinado con compuertas bolseros.
 - Mando con motorreductor, reductor en baño de aceite y motor de 2 HP trifásico 100% blindado.
 - Potencia instalada: 2 HP.
 - Pintura anticorrosivo de base y terminación con esmalte sintéticoPU gris Señal. RAL 7004.
- Dimensiones generales: largo 4.500mm, ancho 1000mm, altura 1500mm.

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 18 de 36
--	---------	---------	-----------------

2.2.8 Bins de zona limpia 20-C-22

- Especificaciones técnicas: Se adoptan bins como los adoptados para zona sucia. Ver Apartado 2.1.1

2.2.9 Autoelevador2 (Transporte a cámaras de frío) 20-A-23

Especificaciones Técnicas: Ídem 10-R-27 (Ver apartado 2.1.17)

2.2.10 Embolsadora 20-E-24

Figura 14

- Marca: ALBION Latinoamericana S.A.

- Modelo: 60002

- Capacidad: 2000 Kg/h

- Especificaciones técnicas:

- Construida

estructuralmente en chapa plegada y tubos estructurales en acero inoxidable AISI 304.

- Rolo de mando y tensor montado sobre rodamientos autocentrantes.

- Banda transportadora de tela y goma de 500mm. de ancho útil unidas con grampas, con paletas de 60mm paso 300mm.

- Mando con motoreductor, reductor en baño de aceite. Motor de 1HP trifásico 100% blindado.

- Control automático de alimentación y sistema de pesaje de 10 a

50 Kg. Balanza: modelo: PA-80.

- Plataforma de apoyo de sacos regulable en altura.

- Dimensiones generales: largo 2500mm, ancho 1300mm, altura 2190mm.

3. EQUIPAMIENTO DISEÑADO

Cintas transportadoras

3.1 Cinta transportadora 110-L-03

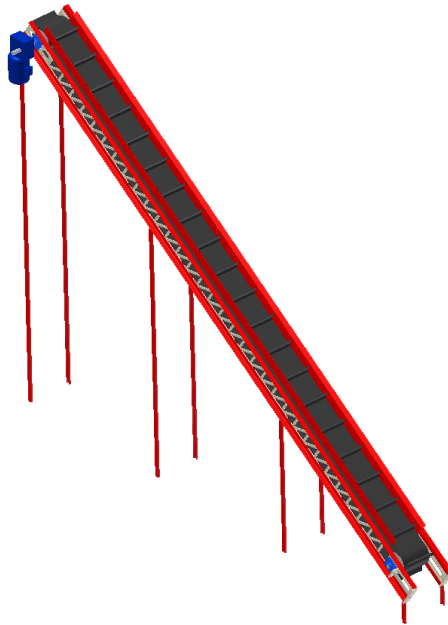


Figura 15

- Especificaciones de Diseño:

- Caudal:
 $Q= 1890\text{Kg/h}$
- Inclinación:
 $\alpha=35^\circ$
- Peso específico
 $\rho=270\text{Kg/m}^3$
- Velocidad
 $v=0.5\text{m/s}$
- Ancho de cinta
 $B=300\text{mm}$
- Distancia entre centro:
 $L=6\text{m}$
- Potencia motor:
 $Nm= 1\text{Cv}$

3.1.1 Banda:

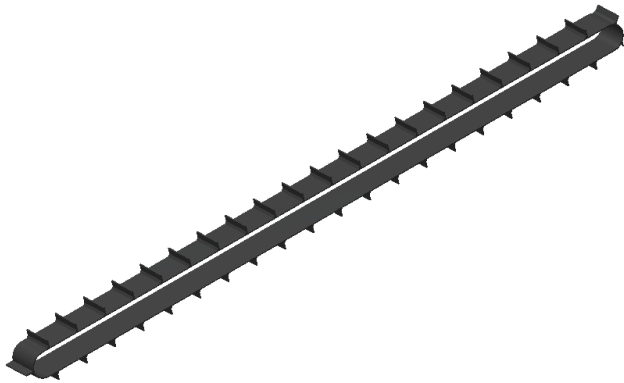


Figura 16

- Fabricante: Kauman
- Modelo: EP100
- Especificaciones:
 - La banda seleccionada del fabricante Kauman será de alma textil modelo EP100 con recubrimiento de goma superior $e=5\text{mm}$, e inferior de $e=3\text{mm}$.
 - Dicha banda será provista de fábrica con tacos modelo T-75 los cuales vendrán montados a una distancia de 200mm. (Ver Figura 16)

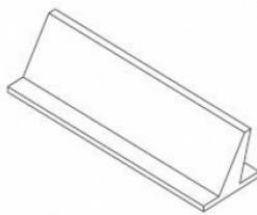
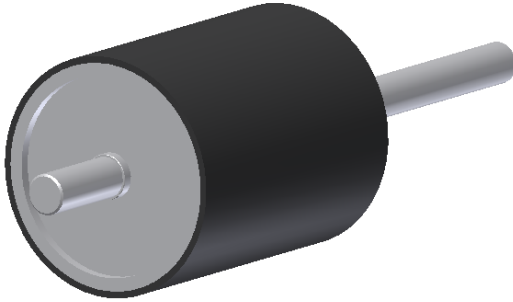


Figura 17

3.1.2 Tambores

3.1.2.1 Tambor motriz:

- Fabricante: Kauman
- Especificaciones técnicas
 - El



fabricante Kauman proveerá el tambor motriz normalizado según la norma DIN 22101, con recubrimiento en goma sobre la superficie de contacto. Tendrá un diámetro de 200mm y un ancho de 300mm.

Figura 18

3.1.2.2 Tambor loco:

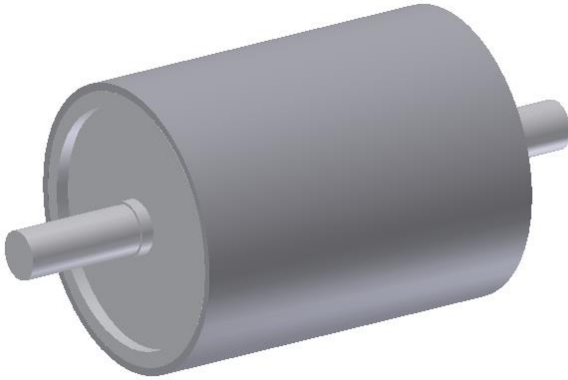
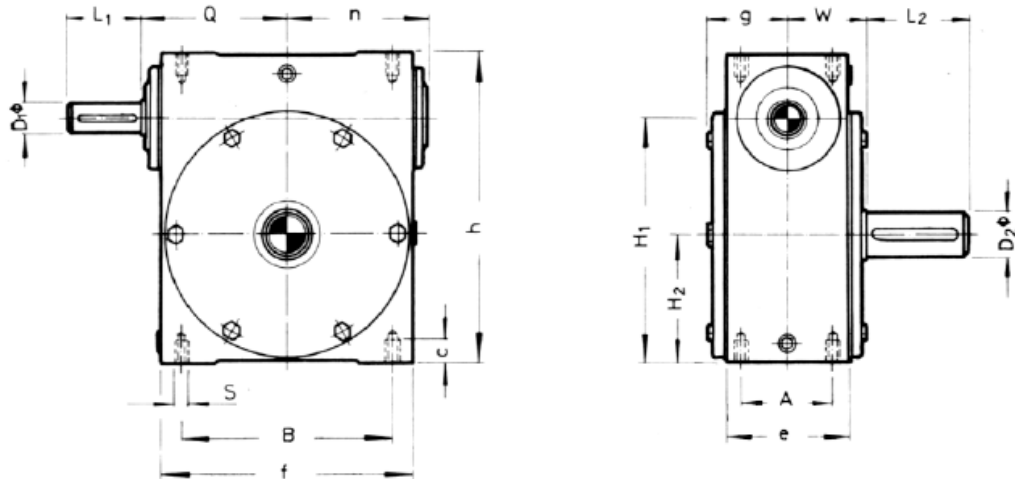


Figura 19

- Fabricante: Kauman
- Especificaciones técnicas:
 - El fabricante Kauman proveerá el tambor motriz normalizado según la norma DIN 22101, la superficie de contacto será acero mecanizado propio del tubo con el que es construido, tendrá un diámetro de 200mm y un ancho de 300mm.

3.1.3 Motorreductor

TABLA DE MEDIDAS - SERIE "R"



Modelo	D ₁	L ₁	Chav 1	D ₂	L ₂	Chav 2	H ₁	H ₂	A	B	S	Q	W
R20	12	30	5 X 5	14	30	5 X 5	81	43	32	65	1/4"	55	40
R21	14	30	5 X 5	19	40	6 X 6	110	60	50	95	1/4"	70	45
R22	19	40	6 X 6	24	50	8 X 7	133	70	55	115	5/16"	82	52
R23	24	50	8 X 7	28	60	8 X 7	161	85	65	135	3/8"	100	60
R24	28	60	8 X 7	38	80	10 X 8	215	115	85	190	1/2"	130	70
R25	32	80	10 X 8	48	110	14 X 9	265	140	100	230	5/8"	160	85
R26	38	80	10 X 8	58	110	16 X 10	135	165	120	265	3/4"	180	105

Figura 20

- Marca: Lentax
- Modelo: 23 - 100/4 – Pn1b – Hu
- Especificaciones técnicas:
 - Potencia: 1Cv
 - Velocidad de motor: 1420 RPM
 - Velocidad de salida: 48 RPM
 - Color: azul
 -

POSICIONES DE MONTAJE

SERIE "U"

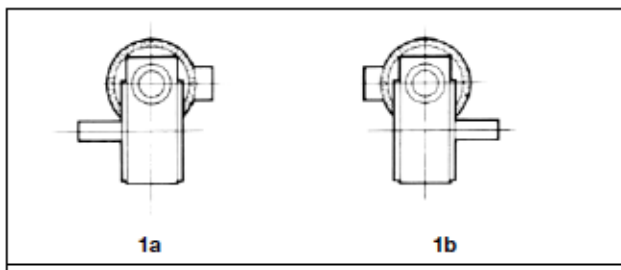


Figura 21

3.1.4 Estructura

La estructura será provista por la empresa Tecnopecán, la cual será construida con 4 pilares dobles de perfil UPN 40, uno en cada extremo y los otros dos juegos separados en forma equidistante. Dichos pilares contiguos y adyacentes estarán unidos por ángulos de 1" ½ x1/8 en forma de zig-zag. El montaje y la instalación de la misma se hará en la propia planta. Color: rojo, el mismo se aplicará precedido de dos manos de fondo anti oxido.

3.2 Cinta transportadora 210-S-14

- Especificaciones de diseño:

- Caudal: $Q= 840\text{Kg/h}$
- Inclinación: $\alpha=21^\circ$
- Peso específico $\rho=500\text{Kg/m}^3$
- Velocidad $v=0.5\text{m/s}$
- Ancho de cinta $B=300\text{m}$
- Distancia entre centro: $L=6\text{m}$
- Potencia motor: $Nm= 1\text{Cv}$

3.2.1 Banda:

Ídem cinta transportadora 1 según apartado 3.1.1

3.2.2 Tambores:

Ídem cinta transportadora 1 según apartado 3.1.2

3.2.3 Motorreductor:

Ídem cinta transportadora 1 según apartado 3.1.3

3.2.4 Estructura:

Ídem cinta transportadora 1 según apartado 3.1.4

3.3 Cinta transportadora 3 20-S-16

- Especificaciones de Diseño:

- Caudal: $Q= 24000\text{Kg/h}$
- Inclinación: $\alpha=40^\circ$
- Peso específico $\rho=500\text{Kg/m}^3$
- Velocidad $v=1.5\text{m/s}$
- Ancho de cinta $B=300\text{m}$
- Distancia entre centro: $L=6\text{m}$
- Potencia motor: $Nm= 4\text{Cv}$

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 24 de 36
--	---------	---------	-----------------

3.3.1 Banda:

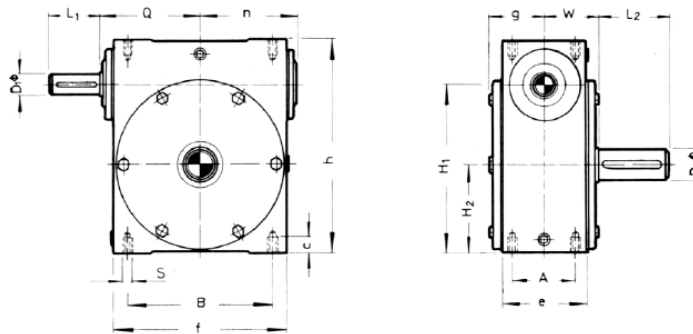
Ídem cinta transportadora 1 según apartado 3.1.1

3.3.2 Tambores:

Ídem cinta transportadora 1 según apartado 3.1.2

3.3.3 Motorreductor:

TABLA DE MEDIDAS - SERIE "R"



Modelo	D ₁	L ₁	Chav 1	D ₂	L ₂	Chav 2	H ₁	H ₂	A	B	S	Q	W
R20	12	30	5 X 5	14	30	5 X 5	81	43	32	65	1/4"	55	40
R21	14	30	5 X 5	19	40	6 X 6	110	60	50	95	1/4"	70	45
R22	19	40	6 X 6	24	50	8 X 7	133	70	55	115	5/16"	82	52
R23	24	50	8 X 7	28	60	8 X 7	161	85	65	135	3/8"	100	60
R24	28	60	8 X 7	38	80	10 X 8	215	115	85	190	1/2"	130	70
R25	32	80	10 X 8	48	110	14 X 9	265	140	100	230	5/8"	160	85
R26	38	80	10 X 8	58	110	16 X 10	135	165	120	265	3/4"	180	105

- Marca: Lentax
- Modelo: 24 - 100/4 - Pn1b - Hu
- Especificaciones técnicas:
 - Potencia: 1Cv
 - Velocidad de motor: 1420 RPM
 - Velocidad de salida: 143 RPM
 - Color: azul

Figura 22

POSICIONES DE MONTAJE

SERIE "U"

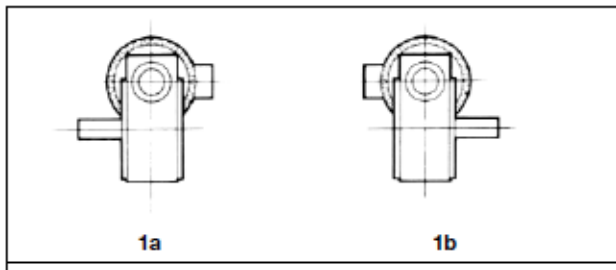


Figura 23

3.3.4 Estructura:

Ídem cinta transportadora 1 según apartado 3.1.4

3.4 Cinta transportadora 4 20-C-18

- Especificaciones de diseño:
 - Caudal: $Q= 24000\text{Kg/h}$
 - Inclinación: $\alpha=29^\circ$
 - Peso específico $\rho=500\text{Kg/m}^3$
 - Velocidad $v=1.5\text{m/s}$
 - Ancho de cinta $B=300\text{m}$
 - Distancia entre centro: $L=6\text{m}$
 - Potencia motor: $Nm= 4\text{Cv}$

3.4.1 Banda:

Ídem cinta transportadora 1 según apartado 3.1.1

3.4.2 Tambor:

Ídem cinta transportadora 1 según apartado 3.1.2

3.4.3 Motorreductor:

Ídem cinta transportadora 3 apartado 3.3.3

3.4.4 Estructura:

Ídem cinta transportadora 1 según apartado 3.1.4

3.5 Cinta transportadora 5 10-L-25

- Especificaciones de diseño:
 - Caudal: $Q= 1890\text{Kg/h}$
 - Inclinación: $\alpha=35^\circ$
 - Peso específico $\rho=270\text{Kg/m}^3$
 - Velocidad $v=0.5\text{m/s}$
 - Ancho de cinta $B=300\text{mm}$
 - Distancia entre centro: $L=6\text{m}$
 - Potencia motor: $Nm= 1\text{Cv}$

3.5.1 Banda

Ídem cinta transportadora 1 según apartado 3.1.1

3.5.2 Tambor:

Ídem cinta transportadora 1 según apartado 3.1.2

3.5.3 Motorreductor:

Ídem cinta transportadora 1 según apartado 3.1.3

3.5.4 Estructura:

Ídem cinta transportadora 1 según apartado 3.1.4

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 26 de 36
--	---------	---------	-----------------

3.6 Cinta transportadora 6 10-L-26

- Especificaciones de diseño:

- Caudal: $Q= 1890\text{Kg/h}$
- Inclinación: $\alpha=0^\circ$
- Peso específico: $\rho=270\text{Kg/m}^3$
- Velocidad: $v=0.5\text{m/s}$
- Ancho de cinta: $B=300\text{mm}$
- Distancia entre centro: $L=m$
- Potencia motor: $Nm= 3\text{Cv}$

3.6.1 Banda

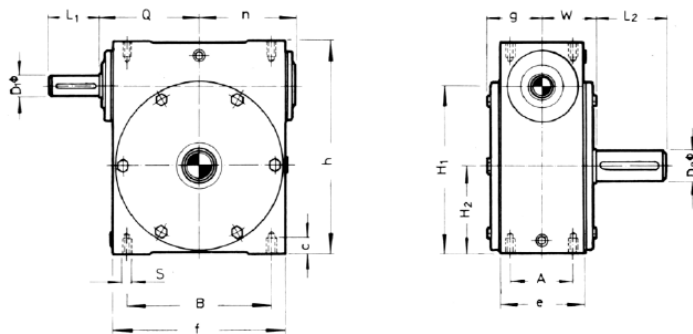
Ídem cinta transportadora 1 según apartado 3.1.1

3.6.2 Tambor

Ídem cinta transportadora 1 según apartado 3.1.2

3.6.3 Motorreductor

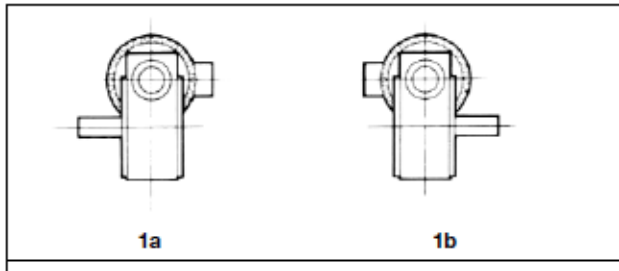
TABLA DE MEDIDAS - SERIE "R"



Modelo	D ₁	L ₁	Chav 1	D ₂	L ₂	Chav 2	H ₁	H ₂	A	B	S	Q	W
R20	12	30	5 X 5	14	30	5 X 5	81	43	32	65	1/4"	55	40
R21	14	30	5 X 5	19	40	6 X 6	110	60	50	95	1/4"	70	45
R22	19	40	6 X 6	24	50	8 X 7	133	70	55	115	5/16"	82	52
R23	24	50	8 X 7	28	60	8 X 7	161	85	65	135	3/8"	100	60
R24	28	60	8 X 7	38	80	10 X 8	215	115	85	190	1/2"	130	70
R25	32	80	10 X 8	48	110	14 X 9	265	140	100	230	5/8"	160	85
R26	38	80	10 X 8	58	110	16 X 10	335	165	120	265	3/4"	180	105

- Marca: Lentax
- Modelo: 24 - 300/4 - Pn1b - Hu
- Especificaciones técnicas:
 - Potencia: 3Cv
 - Velocidad de salida: 46 RPM
 - Color: azul

Figura 24

POSICIONES DE MONTAJE**SERIE "U"***Figura 25***3.6.4 Estructura**

Se proveerá la estructura soporte para dicha cinta la cual tendrá como sostén soportes de pie tipo patín rígido amurado al suelo, los mismos deberán ser pintados con tres manos de fondo anti oxido y luego una mano de pintura terminación. El montaje de dicha estructura podrá ser fabricando en taller.

Tomo B

Ingeniería Térmica de Detalles

1. EQUIPAMIENTO Y ACCESORIOS SELECCIONADOS

1.1 Equipamiento en 30

3.6.5 Aislante 30-A-01



Figura 26

- Marca: INCA
- Modelo: Incapanel
- Especificaciones técnicas:
-

- Núcleo de poliestireno expandido con junta de encastre tipo "ISOWALL".

Coefficiente de conductibilidad térmica: Para + 10°C de temperatura media y poliestireno expandido de 20kg/m³. $\lambda=0,026$ Cal.m/m². °C.h. Espesor 125mm.

- Revestimiento: chapa de acero galvanizado pre-pintada con pintura poliéster al horno, lisa en ambas caras. Espesor BWG N°25.



Figura 27

- Los criterios de selección así como los cálculos del espesor del aislante se encuentran en la Memoria de Cálculo, Apartado 3.3.
- Ver catálogo: Anexo 3/Aislante

3.6.6 Accesorios para la cámara 30-A-02



Figura 28

Puerta Frigorífica:

- Marca: MTH Refrigeración
- Modelo: 480 LWT
- Características: Corrediza. Apta para todo tipo de cámaras a baja temperatura.

Accesorios:

La gama de accesorios formada por omegas para la sustentación y unión de los paneles de techos; ángulos de aluminio y de chapa, curva sanitaria, serán provistas por “MTH Refrigeración”.

- Ver catálogo: Anexo 3/Aislante

3.6.7 Gas refrigerante 30-A-03



Figura 29

- Marca: FIASA (Frio Industrias Argentina S.A)
- Refrigerante: Necton R-134^a
- Fórmula química: $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$

- Ver catálogo: Anexo 3/Refrigerante
- El criterio para la selección del Refrigerante se encuentra en la Memoria de Cálculo, Apartado 5.2.

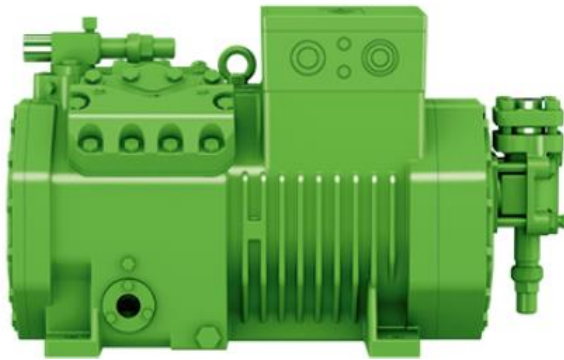
3.6.8 Compresor 130-A-04

Figura 30

- Marca: Bitzer
- Modelo: 4CES-6Y-40S
- Especificaciones técnicas:
 - Compresor de pistones tipo octagón, semi-hermético 380V. Línea ECOLINE.
 - Potencia frigorífica: 10,95kW
 - Volumen desplazado (1450rpm a 50Hz): 32,48 m³
- Adicionales: Inversor de frecuencia integrado con regulación de capacidad de 100-10%.
- Informaciones motor:

Versión del motor	2
Tensión del motor (otro bajo demanda)	380-420V -50Hz
Intensidad máxima en funcionamiento	17.7 A
Intensidad en arranque (rotor bloqueado)	82.4 A
Potencia máx. absorbida	9,7 Kw

- Los criterios de selección así como los cálculos del compresor se encuentran en la Memoria de Cálculo, Apartado 5.5.
- Ver catálogo: Anexos 3/Selección de Equipos\Compresor

3.6.9 Compresor 230-A-05

- Especificaciones: Ídem 30-A-04 (Compresor 1)

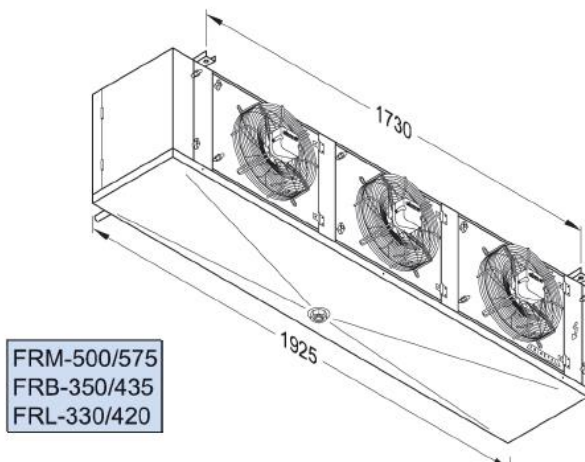


Figura 31

3.6.10 Evaporador 130-A-06

- Marca: FRIMETAL
- Modelo: FRM-500

Especificaciones técnicas:

- Capacidad nominal: 9120W

- Tipo evaporador cúbico con circulación forzada de aire.

- Paso de aletas: 4,2mm

- Especificaciones técnicas:

- Las baterías intercambiadoras están fabricadas con tubo de cobre de $\varnothing=300\text{mm}$ aletas de

aluminio corrugadas.

- Carcasa exterior en chapa de aluminio y galvanizada lacada en resina poliéster blanco RAL-9002.
 - Ventiladores axiales de rotor externo con protección térmica, de diámetro 300 y 400mm, monofásicos 230V/50Hz, IP-44.
 - El sistema de desescarche es por ventilación de aire.
- Dimensiones generales: largo 1925mm x ancho 535mm x altura 460mm
 - Los criterios de selección así como los cálculos del evaporador se encuentran en la Memoria de Cálculo, Apartado 5.6.
 - Ver catálogo: Anexo 3/Selección de Equipos\EVAPORADOR

Corte de la cámara.

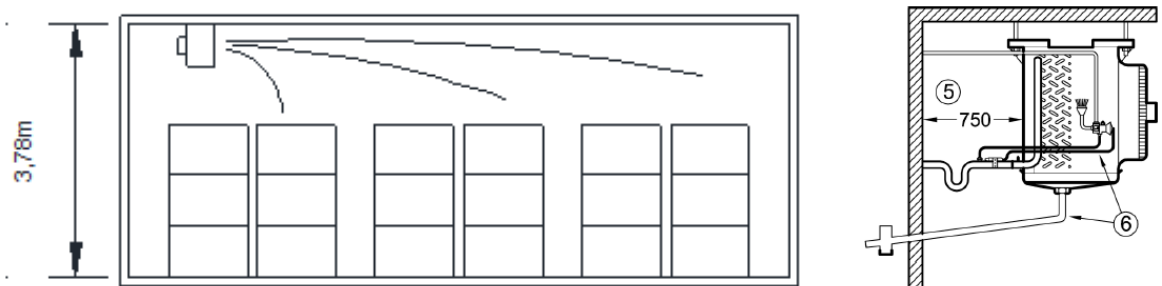
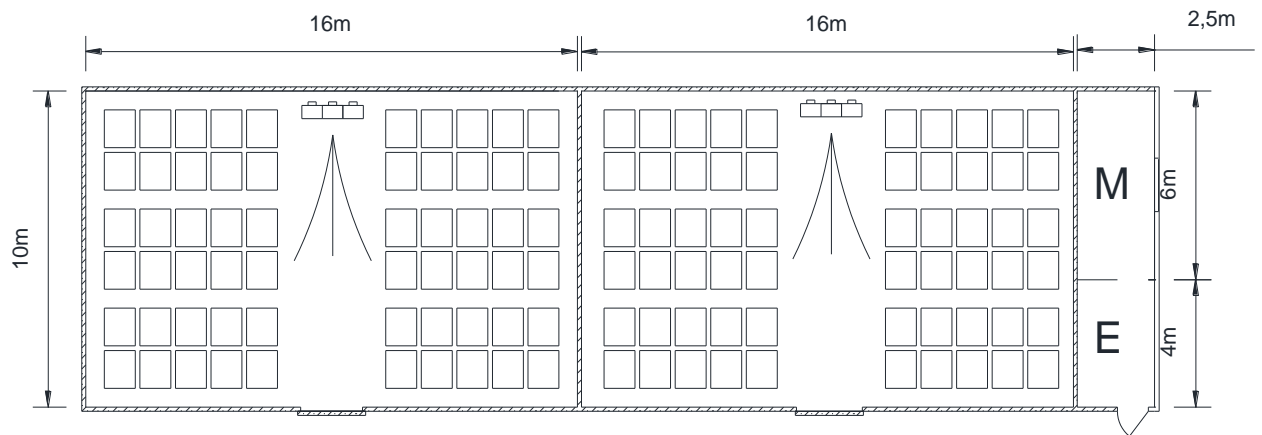


Figura 32

Layout de las cámaras



Plano 1

- Los planos de la cámara se encuentran en Autocad en la carpeta: Diseño Cámara Frigorífica\Planos

3.6.11 Evaporador 230-A-07

- Especificaciones: Ídem 30-A-07 (Evaporador 1)

3.6.12 Condensador 130-A-08

- Marca: Bitzer
- Modelo: Modelo K203H
- Capacidad nominal: 20500W
- Tipo: Multitubular de 4 pases refrigerado por agua.
 - 2 Motoventiladores de 400mm, 075Kw
 - Tanque de líquido de 18 lts.
 - Presostato de alta y baja.
 - Filtro de carcasa en succión y

línea de líquido.

- Visor de líquido.
- Este modelo de condensador conforma el grupo con el compresor semi hermético seleccionado K203H(B)/4CES-6Y.

- Los criterios para la selección y cálculos se encuentran en la Memoria de Cálculo, Apartado 5.7.
- Ver catálogo: Anexos\Selección de Equipos\CONDENSADOR

3.6.13 Condensador 230-A-09

- Especificaciones: Ídem 30-A-08(Condensador 1)

3.6.14 Válvula de expansión 130-A-10



- Marca: Danfoss
- Serie: 068Z3347
- Capacidades Nominales: 0,4-10,5kW
- Orificio: N°6
- Tipo: válvula de expansión termostática TipoTN2

- Los criterios para la selección de la válvula de expansión se encuentran en la Memoria de Cálculo, Apartado 5.8.
- Ver catálogo: Anexos\Selección de Equipos\VÁLVULAS

3.6.15 Válvula de expansión 230-A-11

- Especificaciones: Ídem 30-A-11 (Válvula de Expansión 1)

Tomo C

Presupuesto

<i>Código</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo unitario(USD)</i>	<i>Total (USD)</i>
	Equipamientos y accesorios DE1:			119325,2
DE1-R-01	Contenedores plásticos de nueces a procesar	180	10,14	1825,2
DE1-R-02	Tolva dosificadora	1		94600
DE1-L-04	Extractor de ramas	1		
DE1-L-05	Extractor de hojas por soplado	1		
DE1-L-06	Extractor de impurezas pequeñas	1		
DE1-L-07	Extractor de nueces vanas	1		
DE1-L-08	Extractor de piedras y terrones de tierra	1		
DE1-L-09	Clasificadora de nueces con pelón	1		
DE1-L-10	Despilonadora	1		
DE1-D-11	Lavadora rotativa	1		
DE1-D-12	Clorinadora	1		
DE1-S-13	Presecadora	1		
DE1-L-03	Cinta transportadora 1	1		
DE1-S-14	Cinta transportadora 2 (a Zona limpia)	1		
DE1-L-25	Cinta transportadora 5	1		
DE1-L-26	Cinta transportadora 6	1		
DE1-R-27	Autoelevador	1	22900	22900
	Equipamientos y accesorios DE2:			99900
DE2-S-14	Tolva 2 (pulmón)	1		65500
DE2-S-15	Cinta 3: carga de secadora	1		
DE2-S-16	Secadora	1		
DE2-S-17	Cinta 4: descarga secadora	1		
DE2-C-18	Tolva 3 (dosificadora)	1		
DE2-C-20	Cinta 5: de inspección	1		
DE2-C-21	Clasificadora por tamaños	1		
DE2-C-23	Autoelevador	1	22900	22900
DE2-C-24	Embolsadora	1		11500
	Equipamientos y accesorios DE3:			36496
DE3-A-01	Aislante	400	56,7	22680
DE3-A-02	Accesorios para la cámara			

DE3-A-03	Gas refrigerante	2		0
DE3-A-04	Compresor 1	1	5648	5648
DE3-A-05	Compresor 2	1	5648	5648
DE3-A-06	Evaporador 1	1	1260	1260
DE3-A-07	Evaporador 2	1	1260	1260
DE3-A-08	Condensador 1	1		
DE3-A-09	Condensador 2	1		
DE3-A-10	Válvula de expansión 1	1		
DE3-A-11	Válvula de expansión 2	1		
			TOTAL (USD)	255721,2

Nota: La cotización del dólar fue consultada mediante la página web www.bna.com.ar del Banco de la Nación Argentina" con precio vendedor 14,80. Fecha 19/02/2016

Tomo 1

Acondicionamiento, almacenaje y envasado de Nuez Pecan.

ÍNDICE

1. PROCESO PRODUCTIVO.....	2
1.1 MIRADA HACIA EL FUTURO	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO A PROCESAR.....	3
1.2.1 Estructura del fruto	3
1.2.2 Composición de la mezcla (según el método de cosecha).....	4
1.3 CAPACIDAD DE LA LÍNEA.....	5
1.4 ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO:.....	6
1.4.1 Diagrama de bloques	6
1.4.2 Diagrama de procesos	7
1.4.3 Vista en Planta (Layout).....	9
1.4.4 Recepción	11
1.4.5 Alimentación de la línea.....	11
1.4.6 Limpieza	12
1.4.7 Secado.....	15
1.4.8 Clasificado	16
1.4.9 Tamañado	16
1.4.10 Envasado y etiquetado	17
1.4.11 Almacenaje	17
2. NORMATIVAS APLICADAS	18
5.1 NORMAS	18
1.5 REGLAMENTOS	18

1. PROCESO PRODUCTIVO

1.1 Mirada hacia el futuro

“La importante demanda de países consumidores de nueces como USA, UE y fundamentalmente la aparición en 2007 de China como importador de nueces pecan con cáscara ha provocado un aumento en los precios históricos por la aparición de un comprador no habitual y ha mejorado la rentabilidad de los productores que siguen ampliándose invirtiendo en nuevas plantaciones”.

(Consortio Argentino de Exportadores de Pecan, 2013)

”La exportación, el salto que necesita la nuez pecan”

“La posición geográfica de la Argentina y sus condiciones agroclimáticas la hacen incomparable para el cultivo de nuez pecan en el Hemisferio Sur.

La exportación en contrastación es un hecho. Hemos realizado desde Gualaguay (Entre Ríos) y Campo Grande (Misiones) cuatro exportaciones de pecan con cáscara a Italia y a los Estados Unidos y preparamos la quinta. Es imperioso que la Argentina se afiance rápidamente como exportador de crecientes volúmenes de pecan con cáscara.

Nuestro mercado interno en 2012 igualó y superó el valor de exportación, pero ha quedado mucho pecan sin vender, con el consiguiente quebranto del productor. En otro orden, se deberían eliminar las retenciones por completo o por un lapso de 10 años hasta afianzarnos como exportadores, pues este impuesto nos restringe notablemente. También hay que agilizar la importación de maquinaria específica. El éxito del cultivo de pecan en la Argentina depende de lograr una correcta y cuantiosa exportación de pecan con cáscara.”

LA NACIÓN -Sábado 23 de marzo de 2013

1.2 Descripción del producto a procesar

1.2.1 Estructura del fruto



Figura 1



Figura 2

El pecan es un árbol que alcanza una altura de 30m y llega a una edad de más de 100 años produciendo en ese momento más de 100kg de nueces por planta.

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 3 de 19
--	---------	---------	----------------

Se cosecha en Otoño a principios de invierno y cuanto más anticipada sea la cosecha o sea cosecha en verde, con los rueznos recién en proceso de apertura mayor será la humedad (20 – 30 %) que tendrá la nuez.

La cosecha anticipada genera mayores costos de secado para llevar la humedad al 4 % lo antes posible para no perder calidad, generándose además mayores costos de desrueznado (despegar el ruezno de la cáscara) por lo que hay que evaluar bien los costos y beneficios de ésta práctica.

1.2.2 Composición de la mezcla (según el método de cosecha)

Cosecha Manual:

Recolección a mano de las nueces del suelo (generalmente una a la vez, no usando rastrillos). A medida que van cayendo de los árboles. Varias pasadas por árbol por temporada.

También puede ser con mínima infraestructura (lonas + sacudida manual de ramas chicas).

Las nueces así cosechadas resultan bastantes limpias.



Figura 3

Si se cosecha con la debida periodicidad el contenido de humedad no es alto (de 7 a 10%). Si se cosechan luego de una lluvia pueden llegar a contener un 25%.

Cosecha Mecanizada:

- Con sacudidor (shaker) y lonas en suelo.
- Con sacudidor, barredora y recolector.

Este método genera un producto con más alto contenido hojas y ramas. Pero tiene la ventaja de que permite una planificación eficiente de la cosecha y obtener una nuez de calidad.

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 4 de 19
--	---------	---------	----------------



Figura 4

Por acelerar la caída natural de las nueces con este método, el contenido de humedad suele ser mayor (entre 10 y 24%).

En todos los casos el objetivo fundamental del productor debiera ser recolectar las nueces lo antes posible del suelo, para poder reducirles el nivel de humedad rápidamente y así lograr una acorde y prolongada vida útil del producto, minimizando los riesgos de enranciamiento y de desarrollo de hongos y bacterias. Si las nueces quedan en el suelo su nivel de humedad va aumentando considerablemente, pudiendo llegar a un 40%.

1.3 Capacidad de la línea

Según los interesados el volumen máximo esperado a procesar en estos próximos años será de aproximadamente 250.000 Kg limpios, volumen que se tomará como de diseño para este primer módulo proyectado.

Debido a que en un futuro la producción se podría llegar a duplicar, a la línea se la proyecta para que pueda trabajar a 2 turnos, llegando así a los 500.000 Kg por zafra.

Los productores entregaran nueces a la planta procesadora a medida que las vayan cosechando y de manera planificada o pre acordada, esperándose algunos picos de entrega de unos 5.500 kg/día como máximo. El producto se quiere procesar en el mismo día de recepcionado (dentro de las primeras 18 hs.) para lograr así excelentes calidades finales del producto por el pronto secado.

La época de cosecha se extiende desde mediados de abril hasta mediados de junio (60/70 días, al menos 50 días laborables).

Capacidad de la línea = kilos por zafra/horas productiva

Siendo la capacidad igual a:

$250000\text{kg}/360\text{hs}=694,4\text{kg/horas productivas}$

Capacidad = 694,4 Kg/h

Capacidad de diseño = 700 Kg/h

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 5 de 19
--	---------	---------	----------------

1.4 Etapas del proceso productivo:

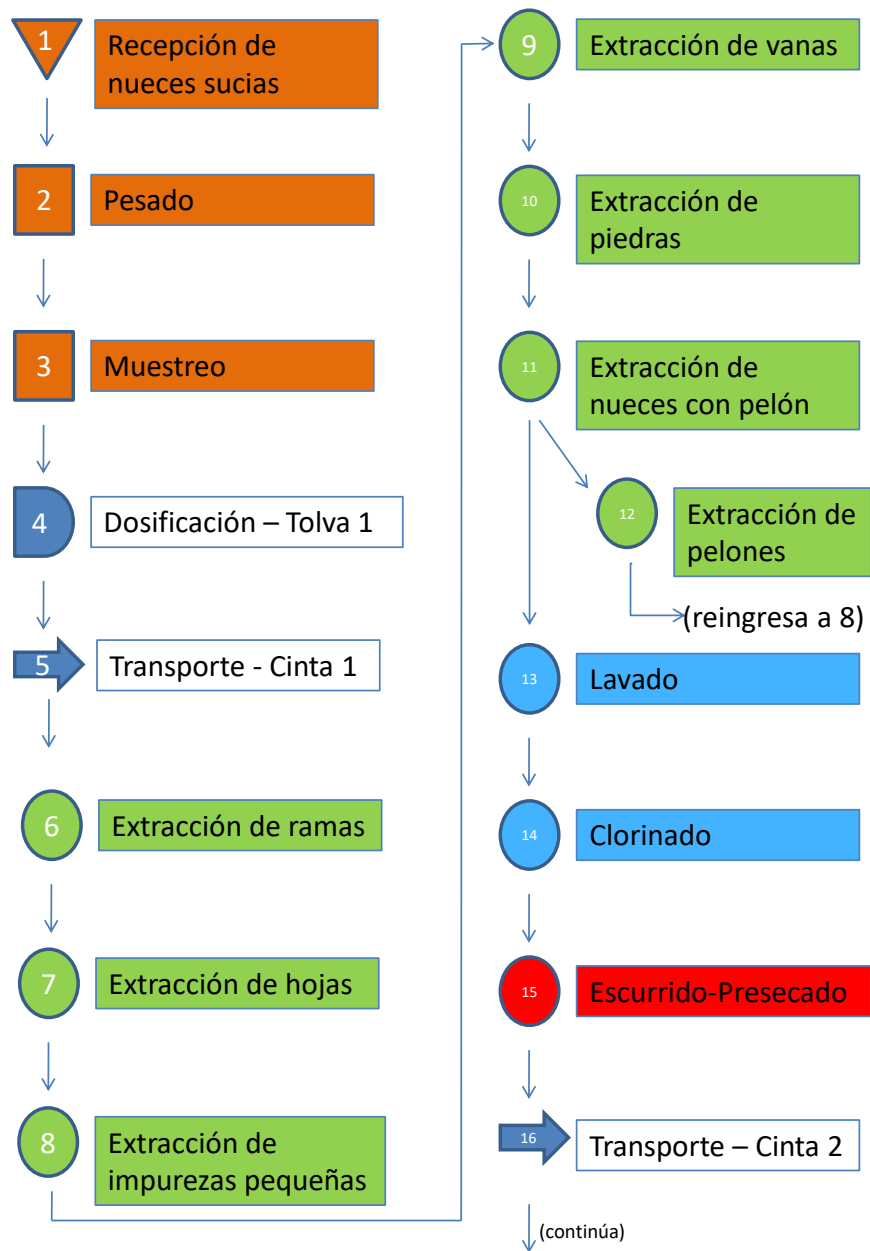
1.4.1 Diagrama de bloques

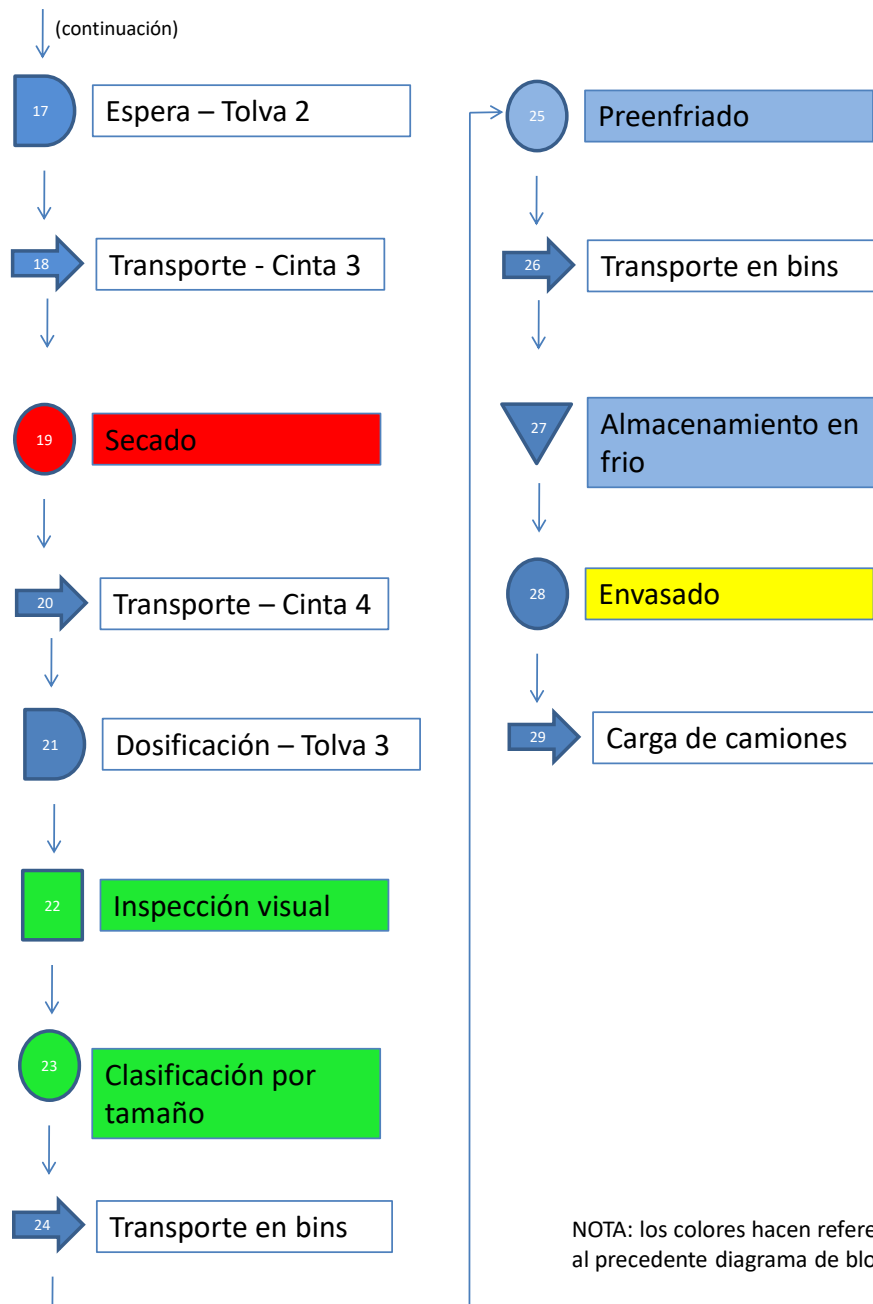


Estos bloques están conformados por varios procesos y subprocesos, vinculados entre sí mediante operaciones de transporte, depósitos intermedios y almacenamiento, lo cual se puede observar en el siguiente Diagrama de Procesos.

Los colores iguales vinculan a los dos diagramas.

1.4.2 Diagrama de procesos





1.4.3 Vista en Planta (Layout)

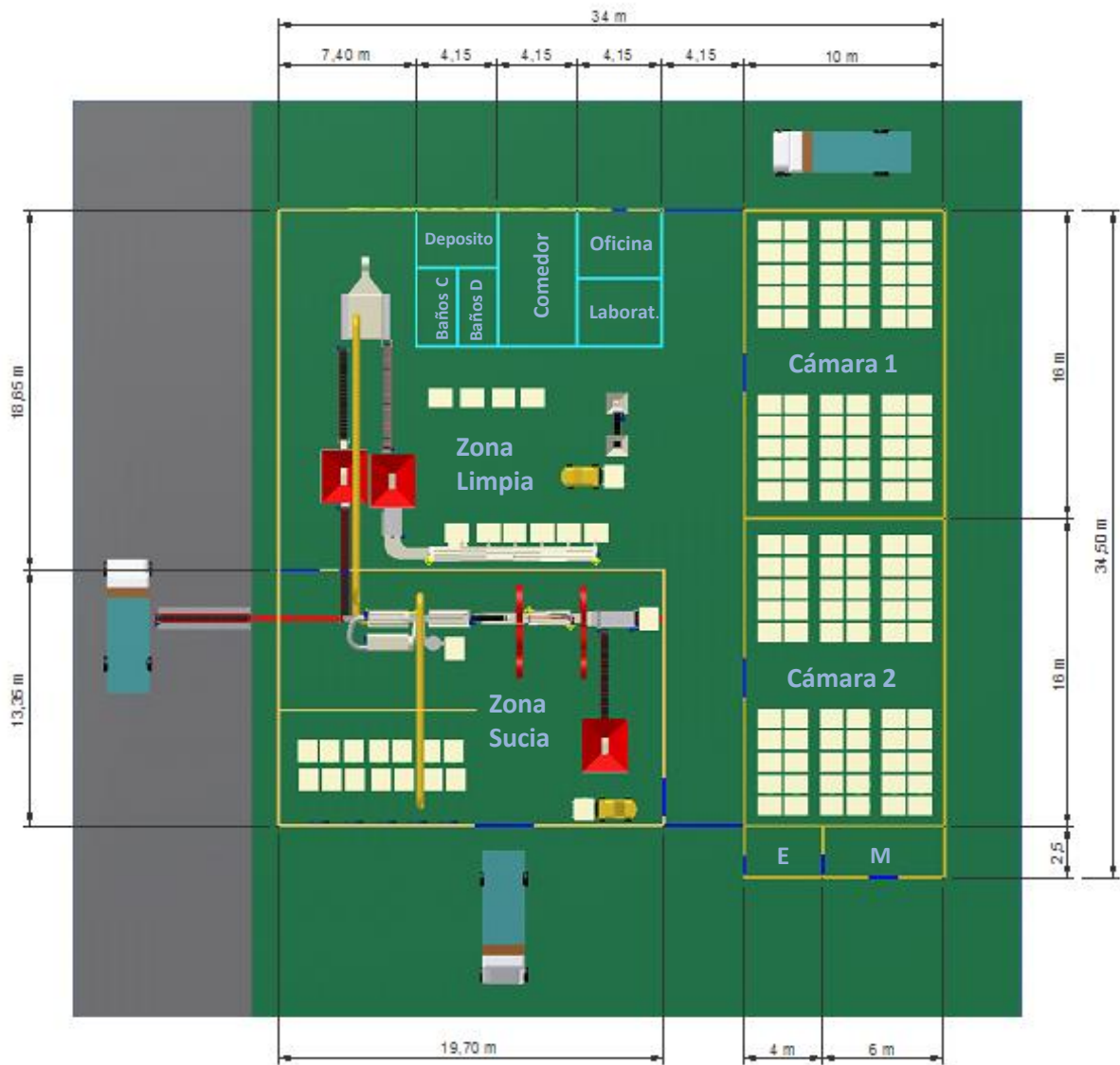


Figura 5

Zona Sucia:

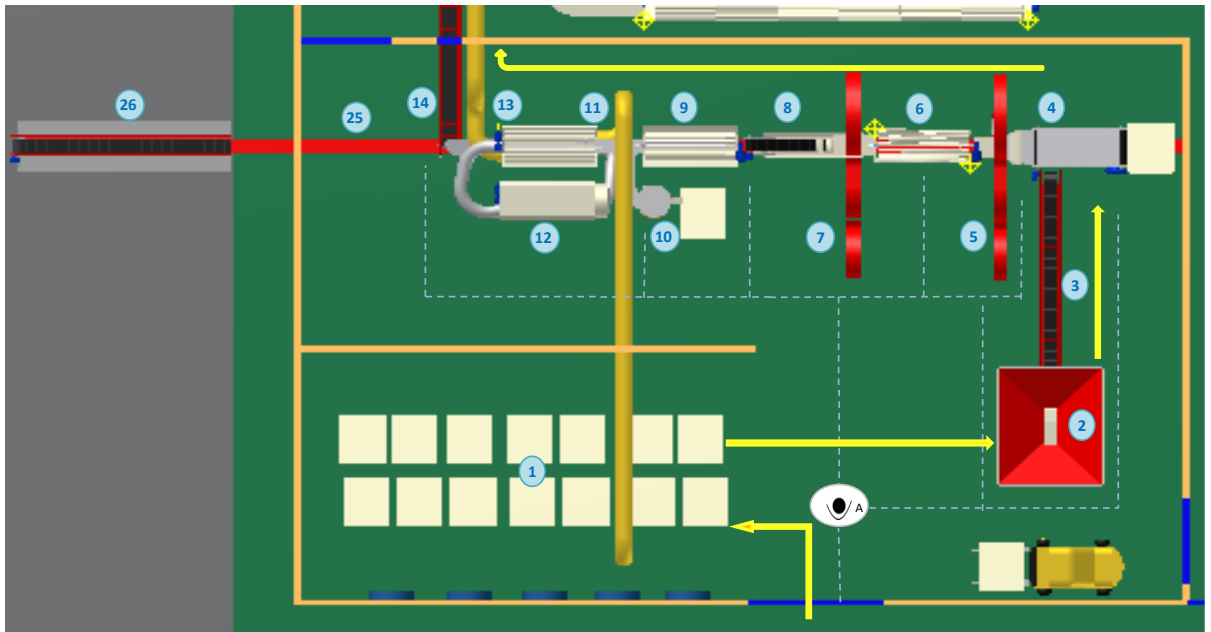


Figura 6

Zona Limpia:

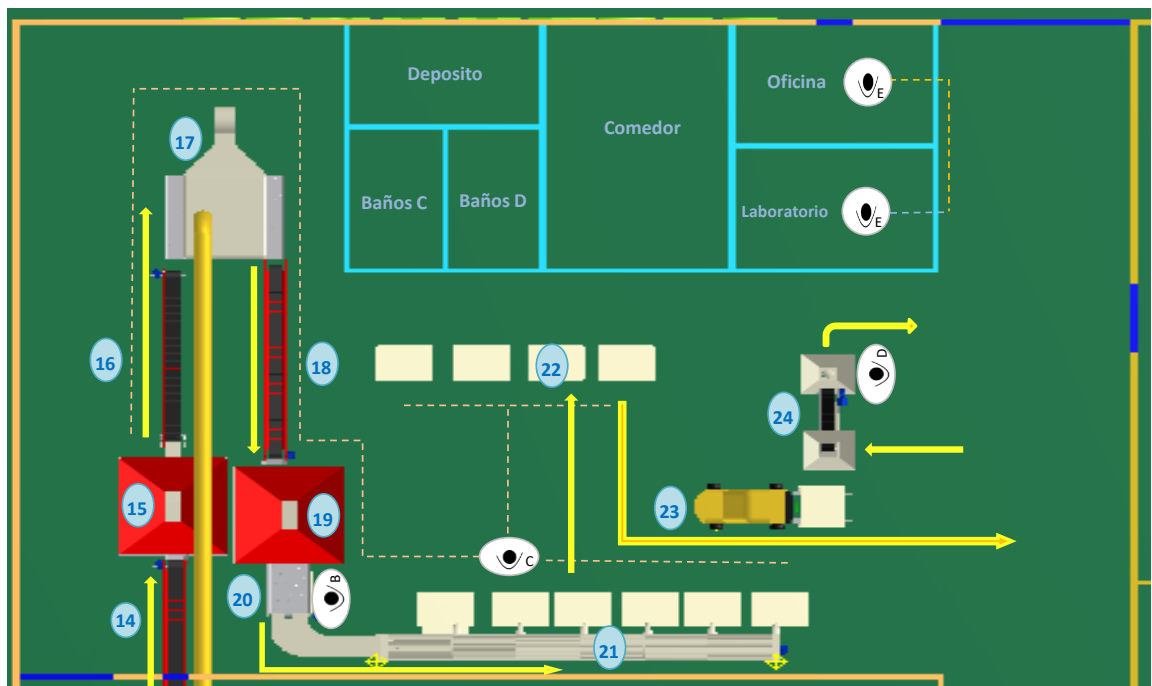


Figura 7

1.4.4 Recepción

El producto vendrá de los campos en bins ventilados favoreciendo así el secado previo que tendrá lugar del campo a la planta de procesamiento. Los que justo no lo traigan así, podrán pasarlo a bins en la misma planta.



Figura 8

Estos bins antes de entrar al proceso serán pesados y se realizará un muestreo para analizar la calidad de cada lote. Se seguirá un **método de muestreo y categorización** de las nueces para establecer el precio que se le cobrará al socio o productor externo, según el porcentaje de humedad y la cantidad de las diferentes suciedades que traen de la cosecha.

Luego del muestreo, estos bins se apilarán en una zona de espera, en la cual estarán expuestos a una gran corriente de aire forzado por ventiladores adecuados. Este aire además será templado aprovechando el de salida de la secadora.

Los días de mucha humedad se lo podrá precalentar aún más con la ayuda de un quemador extra a gas (u otro combustible con intercambiador de calor cerrado).

Así se conformará una zona de pre secado básico, donde las nueces muy húmedas o hasta las que lleguen a estar mojadas (por cosechas en días de lluvia) puedan ir realizando un secado básico y eliminando así el agua libre.

La disposición de los bins tendrá lugar en la “Zona Sucia” Ver punto 1 de la Figura 1.

1.4.5 Alimentación de la línea

Se adaptará un sistema neumático tipo volcadora a un autoelevador, quien será el encargado de ir llenando la tolva de recepción. La tolva cumplirá la función de “pulmón” y tendrá un volumen equivalente a 10 bins. Esto facilitará la operativa y permitirá que el operador pueda mientras tanto desarrollar otras tareas en el área.

La descarga de la tolva será mediante dosificado continuo a través de un dosificador ubicado en la parte inferior de la misma y lo hará sobre una cinta transportadora para ingresar luego al proceso de limpieza.

En la siguiente plano (Figura 10) se muestra la disposición de la tolva y la cinta de alimentación al proceso.

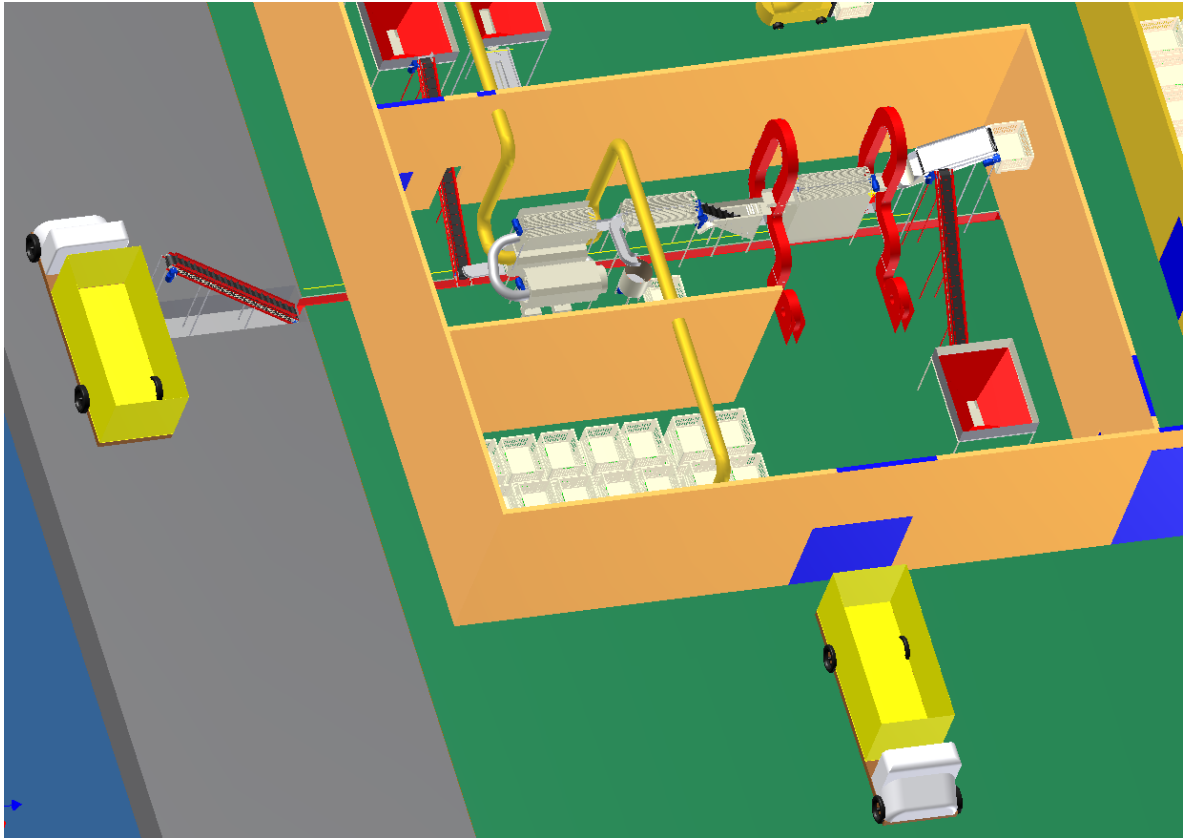


Figura 9

Una sola persona llenara esta tolva en unos minutos y luego quedará disponible para otras tareas. También se contemplará un sector para almacenar momentáneamente la producción en los momentos que los productores entreguen mucha mercadería en un mismo día. Se utilizaran bins perforados y expuestos a una gran corriente de aire forzado por ventiladores adecuados. Este sector será importante si se recibe producto con muy alto contenido de humedad, ya que permitirá un presecado importante, bajando la humedad considerablemente.

1.4.6 Limpieza

En el momento que las nueces se reciben, en la planta se realiza un limpieza adicional (a la ya realizada en el campo) para retirar materiales extraños, como ser:

- Ramas
- Hojas
- Palitos
- Pasto
- Capullos sueltos
- Capullos adheridos
- Nueces verdes
- Nueces vanas (vacías)

- Polvo
- Barro
- Terrones de tierra
- Piedras

La limpieza se realizará en distintas etapas:

1.4.6.1 Extracción de ramas:

Este proceso consiste en retirar las ramas y materiales que posean un tamaño mayor al de las nueces. Se realizara mediante una máquina que trabaja bajo el concepto de una zaranda lineal autolimpiante.

1.4.6.2 Extracción de hojas:

Se basa en una maquina que por medio de una corriente de aire elimina las hojas, polvo, nueces vanas, valvas, palitos y demás objetos que no fueron retirados en el proceso anterior por ser más pequeños que la zaranda de extracción de ramas.

1.4.6.3 Extracción de impurezas pesadas pequeñas y de capullos abiertos adheridos :

Se necesita extraer las partículas pequeñas que no fueron apartadas por la corriente de aire de la anterior maquina sopladora.

Las nueces también pueden venir con barro (si se cosecho en época de lluvia) y con un tizne negro característico del pecan. Esta operación se realiza por pulido, producto de la fricción de las nueces entre sí.

Todas estas operaciones pueden ser solucionadas por un cilindro rotativo por el que van avanzando las nueces, permite desprender el pelón que se está por soltar del fruto. El diseño de jaula de ardilla posee espacios libres donde caerá la suciedad, permitiendo seguir proporcionando limpieza al producto.

El tiempo de pulido estará dado por el nivel de suciedad que presenta el producto, dicho tiempo será regulado variando levemente la inclinación del cilindro. Se tendrá en cuenta este aspecto al momento de dimensionar el equipo. Su capacidad será superior al de la máquina que lo antecede y sucede de manera de evitar “cuello de botella”.

1.4.6.4 Extracción de piedras y terrones de tierra (del tamaño de las nueces)

En esta etapa se eliminarán las piedras que pudieron haber sorteado las limpiezas anteriores. Se puede realizar por flotación, extrayendo las piedras del fondo de una batea con agua.

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 13 de 19
--	---------	---------	-----------------

1.4.6.5 Lavado

Esta línea está concebida como primer eslabón medio de una de mayor producción, haciendo el trabajo de lavado y separación por aire de nueces vanas y cáscaras, antes de ser secadas.

Para cosecha de tipo combinadas entre manual y mecánica, se deberá agregar adicionalmente, una estación de despelonado.



El proceso de lavado propiamente dicho se lleva a cabo mediante el paso de los frutos por una lluvia de agua a alta presión en un cilindro rotativo con barrotos tipo jaula de ardilla. El tiempo de lavado también estará dado por el nivel de suciedad que presenta el producto, dicho tiempo será variando levemente la inclinación del cilindro.

Se tendrá en cuenta este aspecto al momento de dimensionar el equipo. Su capacidad será superior al de la máquina que lo antecede y sucede de manera de evitar “cuello de botella”.

1.4.6.6 Clorinado (desinfección)

El objetivo de esta etapa es eliminar la carga microbiana y minimizar la carga de hongos presente en la cáscara para prevenir la formación de aflatoxinas. Además será utilizado para blanquear la nuez dejándole el color natural del producto.

El proceso consiste en exponer a la nuez en una solución de agua con cloro al 2% durante un tiempo de 2 a 3 minutos.

El equipo constará de un cilindro dividido en dos sectores con cañería central de dos ingresos, uno de líquido blanqueador por medio de una bomba y aspersores, y otro con agua para lavado y enjuague que es inyectada también con una bomba con presión y aspersores.

Se deberá incluir un tanque de hipoclorito y dos salidas para bomba para la circulación. Será integramente construido en acero epoxipado para prevenir daños ocasionados por corrosión.



1.4.7 Secado



Una vez cosechadas las nueces deberán ser secadas hasta obtener un porcentaje de humedad del 4% para evitar el desarrollo de hongos y moho, la decoloración de la nuez y la oxidación de los aceites que provocan el enranciamiento.

Como ya dijimos en el comienzo en el punto 1.1.2, el fruto cae con distintos grados de humedad según la cosecha sea:

- Mecánica (con sacudidor o shaker): de 10 a 24% de humedad.
- Manual: hasta un 40% dependiendo de la humedad ambiente durante la cosecha y del tiempo de permanencia en el suelo.

El secado se realiza con circulación de aire caliente cuya temperatura máxima es de 35°C, a fin de mantener óptimas condiciones de calidad de los aceites. Con el secado se previene crecimiento de

hongos y se asegura el color brillante.

Para reducir los tiempos de secado se usarán altas velocidades del aire.

Durante el proceso se irán realizando mediciones con un humidímetro hasta lograr una humedad del 8 % para la nuez con cascara (Una vez pelada se requiere una humedad final de 4% a 4,5% de la pepa comestible).

La instalación va a estar dividida en varios módulos a fin de secar al mismo tiempo distintos lotes, de distintos productores o distintas variedades.

Los rangos de secado están comprendidos entre 8 y 12 hs, según la humedad de ingreso.

1.4.7.1 Pre secado

Esta etapa tiene como finalidad extraer el agua libre. Como reaprovechamiento del calor excedente de los módulos de secado, se construirá un ducto para la circulación de aire caliente, que será disipado sobre entre las nueces que se encuentran en la zona de carga (zona sucia). Ver Figura 7

1.4.8 Clasificado

Se eliminarán manualmente a la salida de la secadora las unidades que estén rotas, manchadas, inmaduras, con restos de valvas pegadas al fruto, etc. Este proceso se realiza en la misma cinta transportadora que comunica la secadora con la tamañadora.



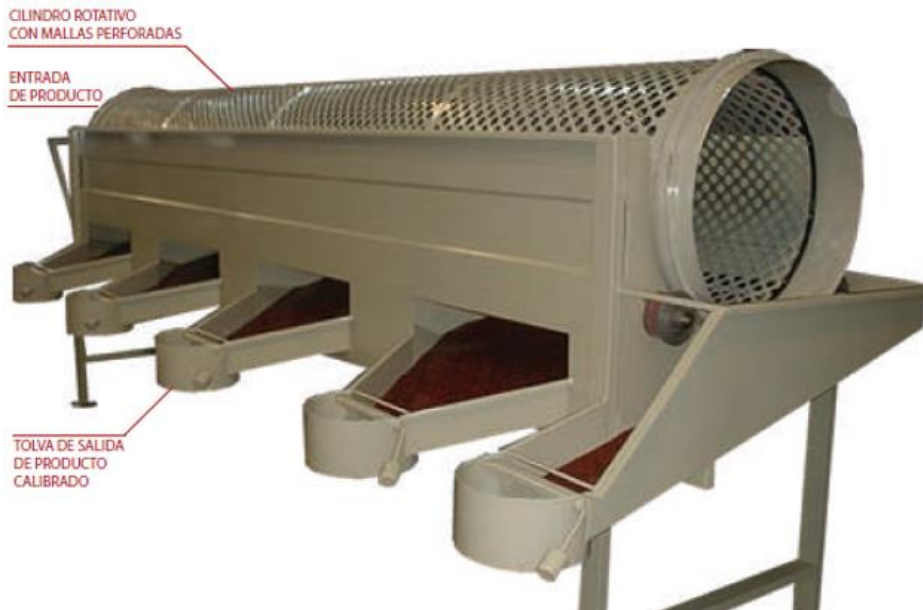
1.4.9 Tamañado

En este proceso se procede a homogeneizar el producto según los distintos tamaños de las nueces. Esto es necesario para el momento de fijar el precio de venta del producto con cascara.

Una buena clasificación por tamaño también es fundamental para maximizar la futura producción de nueces peladas durante el proceso mecanizado de quebrado y pelado de la nuez.

Las nueces se separan en relación al tamaño por diámetro mediante una máquina clasificadora. La cual se basa en un cilindro rotativo con perforaciones de 4 diámetros distintos además de una salida final, lo que permite una clasificación de 5 tamaños. Cada una de estas 4 salidas desembocarán en bins y de almacenamiento.

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 16 de 19
--	---------	---------	-----------------



1.4.10 Envasado y etiquetado

Este proceso sucederá al equipo de tamañado y será semi-automático. Incluirá un sistema de pesado y llenado de bolsas.

Su función radica en separar físicamente la nuez mediante bolsas aireadas de 25Kg las destinadas a la exportación y para el mercado interno de 10Kg (como opcional de las de 25), además será necesario identificar el producto de manera de continuar con su trazabilidad.

El equipo tendrá una capacidad de 2000kg/h.

1.4.11 Almacenaje

1.4.11.1 Conservación en cámara de frío

Para mantener la calidad de las nueces por extensos períodos, se requiere seguir los pasos correctos de un buen almacenaje y envasado para evitar el desarrollo de procesos químicos y biológicos que condicionen la calidad. El almacenaje refrigerado y con control de humedad previene el desarrollo de hongos, el envejecimiento y la rancidez. También inhibe la contaminación por insectos y preserva el color, sabor y textura de las nueces.

Los distintos lotes se almacenarán embolsados en bins de hasta 285kg de capacidad, de material plástico, lo que permitirá apilarlos para aumentar la eficiencia del espacio de stock.

Los bins serán almacenados en una sala hermética y con ventilación controlada por filtros adecuados para evitar cualquier tipo de ingreso de roedores, insecto, bacterias, etc. Esta sala será una cámara frigorífica, la cual será necesaria para refrigerar el producto en los meses cálidos y podrá controlar la humedad ambiente de conservación, la cual se debe mantener entre el 60 y 65 % para que el pecan se mantenga con 4,5 % de humedad.

Las cámaras se construirán modularmente para que a medida que se vayan vaciando, se puedan ir sacando de servicio, disminuyendo así el costo energético.

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 17 de 19
--	---------	---------	-----------------

La conservación propiamente dicha tendrá como fin lograr un clima “seco” (65 a 70% de humedad relativa) y con temperaturas de entre 2-5°C para conservar correctamente el producto con cascara por los 12 meses hasta la próxima cosecha. Las temperaturas bajo 0°C, si bien alargan aún más la vida del producto tienen un alto costo.

En el siguiente cuadro se muestra la diferente durabilidad del producto según la temperatura de conservación:

T(°C)	Meses	
	Nueces con cáscara	Nueces peladas
21°C	4	3
10°C	9	6
0°	19	12
-17°	24	24

Fuente: Reichart Norberto (1986)

1.4.11.2 Transporte interno

Se deberá contar con al menos 2 apiladores manuales o eléctricos para el transporte y apilado de los bins.

Estos bloques están conformados por varios procesos y subprocesos, vinculados entre sí mediante operaciones de transporte, depósitos intermedios y almacenamiento, lo cual se puede observar en el siguiente Diagrama de Procesos.

Los colores iguales vinculan a los dos diagramas.

2. Normativas aplicadas

1.1 Normas

- IRAM 4524 – Dibujo técnico.
- DIN 5035 – Iluminación.
- AEA – Instalaciones Eléctricas.

1.5 Reglamentos

- Reglamento técnico sobre Identidad y Calidad de la nuez de Pecán “con cáscara” – SENASA
- Resolución SEAG N° 1352/67 - Reglamentaria del Decreto-Ley N° 9244/63 en lo referente a frutas secas destinadas al mercado interno y a la exportación.

- Resolución SAGPyA N° 48/98 - Normas relativas a la reorganización y actualización de los Registros de Empacadores, Establecimientos de Empaque y Frigoríficos de frutas y hortalizas, y a los componentes del sello clave.

Tomo 2

Diseño y cálculo de cintas transportadoras.

ÍNDICE

Tomo 2	1
1 DESCRIPCIÓN GENERAL:.....	3
2 FUNDAMENTO TEÓRICO	3
2.1 Cálculo de ancho de banda	3
3 DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS A VENCER:.....	4
3.1 Cálculo de fuerza en vacío:	4
3.2 Cálculo de fuerza del material:	5
3.3 Cálculo de fuerza necesaria para elevar o descender la carga:	5
3.4 Cálculo de fuerza necesaria para vencer descargadores:.....	5
4 POTENCIA NECESARIA:.....	5
5 CÁLCULO DE POTENCIA ADICIONAL:.....	6
6 CALCULO DE LA TENSION EN LOS RAMALES DE LA CINTA:.....	7
7 CÁLCULO DE NÚMERO DE TELAS:	8
8 CÁLCULO DEL RECUBRIMIENTO:.....	8
9 CÁLCULO DEL DIÁMETRO MÍNIMO DEL TAMBOR:	9
10 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSMISIÓN DEL GRUPO MOTOR:	9
11 VERIFICACIÓN DE LA TENSION EN EL RAMAL FLOJO:	9
12 CALCULO DE CINTAS:	9
12.1 Ancho de banda.	9
12.2 Fuerzas a vencer.....	12
12.2.1 Fuerza en vacío:.....	12
12.2.2 Fuerza de material:	14
12.2.3 Fuerza necesaria para elevar o descender la carga:	15
12.2.4 Fuerza debido a descargadores:	16
12.3 Potencia necesaria:	16

12.4	Cálculo de potencia adicional:	16
12.5	Cálculo de tensión en los ramales:.....	19
12.6	Cálculo de número de telas:.....	19
12.7	Cálculo de recubrimiento:.....	20
12.8	Cálculo del diámetro mínimo del tambor:	20
12.9	Determinación de la relación de transmisión del grupo motor:.....	21
12.10	Motorreductor selección	22
12.11	Verificación del ramal flojo:	31
13	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1 DESCRIPCIÓN GENERAL:

Se construirán cintas transportadoras para satisfacer la necesidad de elevar el producto a una altura, inclinación determinadas para cada caso, la distancia entre centros será de 6m un largo estándar que el fabricante TECNOPECAN recomienda, ésta estandarización tendrá como ventaja económica la reducción de costos de inventario en lo que hace a repuestos de estos equipos, además en un proceso tan intenso de 50-60 días de zafra hay que prever posibles roturas o desperfectos, en caso que esto suceda se podrá utilizar otra cinta transportadora sin la estructura (ya que éstas se construirán en forma desmontable “atornilladas”), por ejemplo cualquiera de las cintas de carga o descarga de la secadora, debido a que éstas trabajan por bache y lo hacen en muy corto período de tiempo. Se construirá además una cinta horizontal que ira montada en forma subterránea para la extracción de todos los descartes que irán clasificando las distintas máquinas de la zona sucia.

2 FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Cálculo de ancho de banda

La densidad del material a transportar varía entre 270Kg/m^3

$$V_c = A_t * B$$

$$V_L = V_c * Ncl$$

$$Q = \rho * V_L * v$$

De las tres expresiones concluimos que el ancho de la cinta con tacos estará representado por la siguiente expresión:

$$B = \frac{Q}{(3600 * \rho * v * A_t * N_{cl})}$$

Dónde:

- Q: caudal de nueces [Kg/h]
- L: distancia entre centros de la cinta [m]
- A_t : sección transversal de compartimiento [m^2]
- v : velocidad de cinta[m/s]
- H: Diferencia de altura de transporte [m]
- B: ancho de banda [m]
- V_c : volumen de compartimiento [m^3]

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 3 de 31
--	---------	---------	----------------

- VL : volumen lineal [m³/m]
- N_{cl}: número de canchales por metro.
- ρ: peso específico[Kg/m³]

En el caso de la cinta de inspección el ancho de banda viene dado por la siguiente expresión:

$$B = \frac{Q}{(3600 * \rho * v * Atci)}$$

Dónde:

- Atci: es el área transversal por metro de cinta de inspección.

3 DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS A VENCER:

Según “Zignoli” la fuerza quedará determinada por la siguiente expresión:

$$F = T - t = Fv + Fm \pm Fh + Fd$$

Donde:

- F: fuerza a vencer
- T: tensión en el ramal tenso
- t: tensión en el ramal flojo
- Fv: fuerza en vacío
- Fm: fuerza para mover el material
- Fh: fuerza debida a la altura
- Fd: fuerza debida a los descargadores

3.1 Cálculo de fuerza en vacío:

$$Fv = (1 + \Sigma r) * f * q_s * (L + L_o)$$

Dónde:

- r: resistencia debida a tensores, rodillos de aumento de ángulo de abrace, carritos descargadores etc; en gral r=0.03
- f: resistencias equivalentes por mazas rotantes
 - Rodamientos f = 0.03
 - Bujes f=0.045
- q_s: peso de las partes móviles por metro
- L: distancia entre centro de tambores
- L_o=longitud equivalente que se suma para contemplar la incertidumbre del cálculo, en general 50% de L.

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 4 de 31
--	---------	---------	----------------

El peso de las bandas textiles puede estimarse según “*Kauman*” con la siguiente expresión.

$$Pb = B * (1.5e + Pl * z)$$

Dónde:

- Pl: peso por m² de cada capa textil.
- e: espesor del recubrimiento.
- Z: número de capas textiles.

3.2 Cálculo de fuerza del material:

$$Fm = f * qm * (L + L_o)$$

Dónde:

- f: 0.8 coeficiente de rozamiento entre chapa y goma.
- qm: peso de material por metro de cinta [Kg/m]

$$qm = \frac{Q}{v * 3.6}$$

Donde:

- Q: caudal [tn/h]
- v: velocidad de la cinta [m/s]

3.3 Cálculo de fuerza necesaria para elevar o descender la carga:

$$Fh = qm * H$$

Donde:

- qm: peso de material por metro de cinta [Kg/m]
- H: Diferencia de altura de transporte [m]

3.4 Cálculo de fuerza necesaria para vencer descargadores:

Fd: no hay descargadores presentes en las cintas.

4 POTENCIA NECESARIA:

$$N = \frac{F * v}{75 * \eta}$$

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 5 de 31
--	---------	---------	----------------

Donde:

- N: Potencia [Cv]
- F: fuerza a vencer [Kg]
- v : velocidad de la cinta [m/s]
- η : eficiencia de la instalación.

Esta potencia es calculada en estado de régimen, o cargada a total capacidad, pero deberá además proveerse las potencias adicionales como por ejemplo, defectos de lubricación, esfuerzo de arranque etc, estas resistencias dependen fundamentalmente de las fuerzas de inercia y del coeficiente de rozamiento.

5 CÁLCULO DE POTENCIA ADICIONAL:

$$N_a = N * K_i * K_a * K_d$$

Donde:

- K_i : coeficiente que tiene en cuenta las sobrecargas imprevistas para motores eléctricos K_i 1 a 1,2
- K_a : coeficiente que tiene en cuenta las fuerzas de inercia y la aceleración
- K_d : coeficiente que tiene en cuenta la resistencia a vencer que ofrece el sistema para pasar de estado estacionario al movimiento.

→ Adoptamos $K_i=1,1$

K_a : es el coeficiente que tiene en cuenta la aceleración, se calcula teniendo en cuenta el incremento de potencia necesario para vencer la inercia de las mazas al ponerse en movimiento:

$$K_a = \frac{N + N_i}{N}$$

Donde:

- N: potencia de régimen
- N_i : incremento de potencia de inercia

$$N_i = \frac{F_a * v}{75 * \eta}$$

Sabemos de movimiento uniforme acelerado que:

$$a = \frac{v}{t}$$

$$F_a = m * a$$

Entonces sustituyendo podemos concluir que:

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 6 de 31
--	---------	---------	----------------

$$N_i = \frac{F_a * v}{75 * \eta} = \frac{m * a * v}{75 * \eta} = \frac{m * v^2}{75 * \eta * t}$$

Donde:

- F_a : es la fuerza correspondiente a la aceleración aplicada a la maza de cinta más material a transportar.
- m : masa de material a transportar más masa de la cinta
- l : longitud total de la cinta
- L : distancia entre centros de la cinta [m]
- D : diámetro del rodillo

$$l = 2 * L + \pi D$$

$$m = \left(\frac{q_s * l}{g} \right) + \left(\frac{q_m * L}{g} \right)$$

La experiencia nos indica que en 5 segundos el sistema deberá de ser capaz de reestablecer la velocidad y la aceleración desaparece.

El coeficiente K_d se calcula:

$$K_d = \frac{F_1}{F}$$

Coficiente que tiene en cuenta μ_e y μ_d , en este coeficiente se estima que la resistencia en el arranque es un 50% mayor que en funcionamiento cuando está montada sobre rodamientos,

$$F_1 = 1.5 * (F_v + F_m) \pm F_h + F_d$$

Ahora que tenemos los 3 coeficientes definidos pasamos a calcular:

$$N_a = N * K_i * K_a * K_d$$

6 CÁLCULO DE LA TENSIÓN EN LOS RAMALES DE LA CINTA:

La adherencia del grupo motriz (rodillo) con la banda es de vital importancia ya que cuanto mayor adherencia exista entre estos la tensión en el ramal tenso T será menor (se le da menos tensión a la cinta) y al ser menor T el número de telas de la banda será menor por consecuencia el peso por metro de banda será menor, la inercia de la banda será menor.

Según la ecuación de *Prony*;

$$\frac{T}{t} = e^{\mu\alpha} \text{ y además } F = T - t$$

Donde:

- T : tensión en el ramal tenso
- t : tensión en el ramal flojo

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 7 de 31
--	---------	---------	----------------

- μ : coeficiente de rozamiento entre cinta y polea
- α : angulo de abrace entre cinta y polea

Operando tenemos:

$$T = \left(1 + \frac{1}{(e^{\mu\alpha} - 1)}\right) * F$$

$$t = \left(\frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1}\right) * F$$

7 CÁLCULO DE NÚMERO DE TELAS:

$$Nt = \frac{T}{100 * K * B}$$

Dónde:

- K: capacidad de absorber o transmitir esfuerzo por cada cm de ancho por tela (lo da el fabricante Kg/cm)
- T: tensión en el ramal tenso
- B: ancho de cinta
- Seleccionamos empalme mecánico para la unión de la banda esto nos reduce 4 veces la tensión a transmitir, EP100 es decir $\frac{100N}{4mm} = \frac{25 Kg}{cm}$

$$Nt = \frac{T}{100 * K * B}$$

8 CÁLCULO DEL RECUBRIMIENTO:

El espesor del recubrimiento es influenciado en gran medida por la duración del ciclo de la banda, así como también por el grado de abrasión del material.

La duración está dada por:

$$Tc = \frac{l}{v} \text{ [seg]}$$

Donde:

- l: longitud total de la cinta
- v: Velocidad de la cinta [m/s]

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 8 de 31
--	---------	---------	----------------

9 CÁLCULO DEL DIÁMETRO MÍNIMO DEL TAMBOR:

Mediante la siguiente ecuación podemos calcular el diámetro:

$$Dt = \frac{360 * F}{P * \pi * \alpha * Ba}$$

Donde:

- F: fuerza de accionamiento = F: fuerza a vencer
- P: capacidad de transmisión tambor/banda [Kg/m²] rodillo engomado P=3000Kg/m²
- α : ángulo de abrace[rad]

10 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSMISIÓN DEL GRUPO MOTOR:

n_{motor} : 1450 RPM

v : velocidad de la cinta [m/s]

D_{tambor} = diámetro tambor

$$n_{tambor} = \frac{v_{cinta} * 60}{\pi * D_{tambor}} \text{ [RPM]}$$

$$i = \frac{n_{motor}}{n_{tambor}}$$

Por último se selecciona el grupo motor.

11 VERIFICACIÓN DE LA TENSIÓN EN EL RAMAL FLOJO:

La tensión en la banda en el ramal flojo no deberá ser inferior a un valor t_o que se calculará a continuación, esto evitará que la banda se flexione demasiado y acorte su vida útil.

$$t_o = 50 * Nt * Ba$$

→ $t \geq t_o$ verifica.

12 CALCULO DE CINTAS:

12.1 Ancho de banda.

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 9 de 31
--	---------	---------	----------------

Se adopta $ht=75\text{mm}$ debido a características de la materia prima.

Área transversal de compartimiento:

Tabla 1

	α	αrad		ht	dt	dt2
Cn1	35	0,61086667		0,075	0,107	0,200
Cn2	21	0,36652		0,035	0,091	0,200
Cn3	40	0,69813333		0,075	0,089	0,200
Cn4	29	0,50614667		0,075	0,135	0,200
Cn5	idem CN1					
Cn6	0	0		0,075		0,2

Donde:

- ht: altura de taco
- dt: distancia entre tacos
- dt2 distancia entre tacos adoptada por adaptarse mejor al producto y ser más económico reducir la cantidad de éstos.

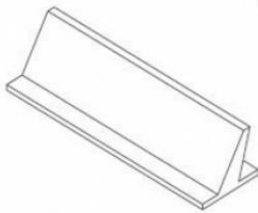


Figura 1

Geometría de área transversal del compartimiento:

Tabla 2

	α	β	φ	d'	ω	dt	$\omega\text{ rad}$	J
Cn1	35	55	30	24	79	0,200	1,379	0,039
Cn2	21	69	30	24	93	0,200	1,623	-0,010
Cn3	40	50	30	24	74	0,200	1,292	0,057
Cn4	29	61	30	24	85	0,200	1,484	0,017
Cn5								
Cn2	21	69	30	24	3	0,200	0,052	0,010

Donde:

- At: área total de compartimiento.

Tabla 3

	ht	Z		A1	A2	At
Cn1	0,075	0,036		0,00388754	0,00722492	0,011112461
Cn2	0,035	0,025		0,00104816	0,00490368	0,005951842
Cn3	0,075	0,018		0,00573484	0,00353032	0,009265158
Cn4	0,075	0,058		0,0017497	0,01150059	0,013250297
Cn5	idem Cn1					
Cn6	0,075			0,015		0,015

- :

Tabla 4

	dt2	1m		Ncl
Cn1	0,200	1		5
Cn2	0,200	1		5
Cn3	0,200	1		5
Cn4	0,200	1		5
Cn5	idem Cn1			
Cn6	0,2	1		5

Ancho de banda:

Tabla 5

	L	Q		ρ	v	B	fL	B2
Cn1	6	1890		270	0,5	0,069991498	0,25	0,28
Cn2	6	840		500	0,5	0,03136284	0,6	0,05
Cn3	6	24000		500	1,5	0,191877769	0,6	0,32
Cn4	6	24000		500	1,5	0,134168904	0,6	0,22
Cn5	idem Cn1					#¡DIV/0!		
Cn6	20	1890		270	0,5	0,051851852	0,25	0,21

- fL: factor de llenado

Cn2 el caudal es el 20% mayor a el caudal objetivo 700kg/h o sea 840Kg/h.

Cn1 el caudal 1890 Kg/h es el producto proveniente del campo con un peso específico de 270Kg/h de los cuales 100 Kg/h son de nueces y los 170 Kg/h restante son de impurezas a extraer.

Según los ancho de banda calculados, seleccionamos el ancho de banda mínimo normalizado para las cintas Cn1, Cn2, Cn3, Cn4, Cn5, Cn6 B2=300mm EP100 es decir $\frac{100N}{4mm} = \frac{25 Kg}{cm}$

Tabla 6

ANCHOS DE BANDAS NORMALIZADOS

300	400	500	600	650	800	1.000	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabla 7

	Ba
Cn1	0,3
Cn2	0,3
Cn3	0,3
Cn4	0,3
Cn5	idem Cn1
Cn6	0,3

12.2 Fuerzas a vencer.

$$F = T - t = Fv + Fm \pm Fh + Fd$$

12.2.1 Fuerza en vacío:

Peso de la banda:

$$Pb = B * (1.5e + Pl * z)$$

Según el catalogo del fabricante *Kauman*, el espesor del recubrimiento de la banda será(ver anexo):

Tabla 8

ESPESOR DE RECUBRIMIENTO SUPERIOR RECOMENDADO (MM.)									
Tamaño mm	Abrasión grado A			Abrasión grado B			Abrasión grado C		
	0÷50	50÷150	>150	0÷50	50÷150	>150	0÷50	50÷150	>150
Tiempo de recorrido									
< 0,2 min.	5÷6	6÷8	8÷10	3÷5	5÷6	6÷8	2÷3	3÷4	4÷6
0,2÷0,4 min	4÷5	5÷6	6÷8	3÷4,5	>=5	>=6	2÷2,5	2,5÷4	4÷5
0,4÷1 min.	4÷5	>=6	>=8	3÷4	4÷5	5÷6	2÷2,5	2,5÷3,5	3,5÷4
1÷ 5 min.	3÷5	5÷6	7÷8	3÷5	4÷5	5÷6	2÷2,5	2,5÷3,5	3,5÷4
> 5 min.	3÷5	5÷6	7÷8	3÷5	4÷5	5÷6	2÷2,5	2,5÷3,5	3,5÷4

El peso por m² de cada capa textil será:

Tabla 9

VALORES DE PL (KG/ M ² , CAPA)	
Tipo de Lona	PI (Kg/m ²)
EP-100	1,12
EP-125	1,40
EP-160	1,41
EP-200	1,56
EP-250	1,89
EP-315	2,31
EP-400	2,65
EP-500	3,21
EP-630	4,06

Donde:

- $PI=1.12 \text{ Kg/m}^2$
- $e=5\text{mm}$
- $z=2$, adoptamos el número de capas(telas), este valor será verificado con los cálculos posteriores.
- Pt =peso de taco Kg/m(cinta)

Tabla 10

TIPO	H (MM)	B (MM)	D1 (MM)	D2 (MM)	PESO (KG/M)	REFUERZO DE TEJIDO
T-35	35	55	160	200	0,55	
T-55	55	80	160	250	1,10	
T-75	75	80	200	300	1,60	
T-90	90	105	275	400	2,40	
T-110	110	105	275	400	2,70	
T-140	140	160	400	450	5,65	
T-160	160	160	400	450	6,30	
T-180	180	160	400	450	6,75	

Donde:

- $dt=0.2\text{m}$
- P :perímetro, $P=6*2+0.2*3.1416=12.6\text{m}$
- $N^{\circ}t$: número de tacos, $N^{\circ}t=P/dt=12.6/0.2=63$ tacos

$63*0.3\text{m}=18.9\text{m}$ de tacos

$1.6\text{Kg/m}*18.9\text{m}=30.24 \text{ Kg}$ de tacos

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 13 de 31
--	---------	---------	-----------------

30.24Kg/12.6m=2.4Kg/m(de cinta)

Peso de cinta por metro:

$$Pb = B * (1.5e + Pl * z)$$

Tabla 11

	e	Pl		z	Pb	Pt	qs
Cn1	5	1,12		2	2,922	2,4	5,32
Cn2	5	1,12		2	2,922	2,4	5,32
Cn3	5	1,12		2	2,922	2,4	5,32
Cn4	5	1,12		2	2,922	2,4	5,32
Cn5	idem Cn1						
Cn6	5	1,12		2	2,922	2,4	5,32

Donde:

- qs: Kg/m de cinta:
- qs: Pt+Pb

$$Fv = (1 + \Sigma r) * f * qs * (L + L_o)$$

Tabla 12

	Lo	L		qs	f	r	Fv
Cn1	3	6		5,322	0,8	0,03	39,47
Cn2	3	6		5,322	0,8	0,03	39,47
Cn3	3	6		5,322	0,8	0,03	39,47
Cn4	3	6		5,322	0,8	0,03	39,47
Cn5							
Cn6	10	20		5,322	0,8	0,03	131,56

12.2.2 Fuerza de material:

$$Fm = f * qm * (L + L_o)$$

Donde:

- L: distancia entre centros de la cinta [m]
- Lo: distancia equivalente 50% de L.
- Q: caudal Kg/h.
- qm: Kg/m peso de material por metro de cinta.
- v: velocidad [m/s]

$$qm = \frac{Q}{v * 3600}$$

Tabla 13

	Q	v	qm
Cn1	1890	0,5	1,05
Cn2	840	0,5	0,47
Cn3	24000	1,5	4,44
Cn4	24000	1,5	4,44
Cn5			
Cn6	1890	0,5	1,05

Fm fuerza para transportar material será:

$$Fm = f * qm * (L + L_o)$$

Tabla 14

	f	qm	L	Lo	Fm
Cn1	0,8	1,05	6	3	7,56
Cn2	0,8	0,47	6	3	3,36
Cn3	0,8	4,44	6	3	32,00
Cn4	0,8	4,44	6	3	32,00
Cn5	idem Cn1				
Cn6	0,8	1,05	20	10	25,20

12.2.3 Fuerza necesaria para elevar o descender la carga:

Tabla 15

	qm	H	Fh
Cn1	1,05	3,45	3,62
Cn2	0,47	2,15	1,00
Cn3	4,44	3,85	17,11
Cn4	4,44	2,91	12,93
Cn5	Idem Cn1		
Cn6	1,05	0	0,00

Donde:

- qm: peso de material por metro de cinta [Kg/m]
- H: Diferencia de altura de transporte [m]

$$- F_h = q_m * H$$

12.2.4 Fuerza debido a descargadores:

Fd: nohay descargadores Fd=0.

Fuerza a vencer:

$$F = T - t = F_v + F_m \pm F_h + F_d$$

Tabla 16

	Fv	Fm		Fh	Fd	F
Cn1	39,47	7,56		3,62	0	50,65
Cn2	39,47	3,36		1,00	0	43,83
Cn3	39,47	32,00		17,11	0	88,58
Cn4	39,47	32,00		12,93	0	84,40
Cn5	0,00	0,00		0,00	0	0,00
Cn6	131,56	25,20		0,00	0	156,75984

12.3 Potencia necesaria:

Con un rendimiento $\eta=0.75$ tenemos:

$$N = \frac{F * v}{75 * \eta}$$

Tabla 17

	F	v		η	N Hp	N Kw	N Cv
Cn1	50,65	0,5		0,8	0,42	0,31	0,42
Cn2	43,83	0,5		0,8	0,36	0,27	0,37
Cn3	88,58	1,5		0,8	2,19	1,63	2,22
Cn4	84,40	1,5		0,8	2,08	1,55	2,11
Cn5	idem Cn1						
Cn6	156,76	0,5		0,8	1,29	0,96	1,31

12.4 Cálculo de potencia adicional:

$$N_a = N * K_i * K_a * K_d$$

Ka:

$$K_a = \frac{N + N_i}{N}$$

$$N_i = \frac{Fa * v}{75 * \eta}$$

$$N_i = \frac{Fa * v}{75 * \eta} = \frac{m * a * v}{75 * \eta} = \frac{m * v^2}{75 * \eta * t}$$

$$m = \left(\frac{qs * l}{g} \right) + \left(\frac{qm * L}{g} \right)$$

Donde:

- m: masa de material a transportar más masa de la cinta
- l: longitud total de la cinta

$$Cn1234 P = 6 * 2 + 0.2 * 3.1416 = 12.6m$$

$$Cn5 P = 2 * 2 + 0.2 * 3.1416 = 4.6m$$

- L: distancia entre centros de la cinta [m]
- Ki: adoptamos 1,1

Ka:

Tabla 18

	qs	qm		l	L	g
Cn1	5,322	1,05		12,6	6	9,8
Cn2	5,322	0,47		12,6	6	9,8
Cn3	5,322	4,44		12,6	6	9,8
Cn4	5,322	4,44		12,6	6	9,8
Cn5	idem Cn1					
Cn6	5,322	1,05		40,6	20	9,8

Tabla 19

	m	v		η	t	Ni
Cn1	7,49	0,5		0,8	5	0,0062
Cn2	7,13	0,5		0,8	5	0,0059
Cn3	9,56	1,5		0,8	5	0,0708
Cn4	9,56	1,5		0,8	5	0,0708
Cn5	idem Cn1					
Cn6	24,19	0,5		0,8	5	0,0199

Tabla 20

	N	Ni		Ka
--	---	----	--	----

Cn1	0,42	0,0062		1,0148
Cn2	0,36	0,0059		1,0163
Cn3	2,19	0,0708		1,0324
Cn4	2,08	0,0708		1,0340
Cn5				
Cn6	1,29	0,0199		1,0154

Kd:

$$F1 = 1.5 * (Fv + Fm) \pm Fh + Fd$$

$$Kd = \frac{F1}{F}$$

Tabla 21

	F1	F		Kd
Cn1	74,16	50,65		1,46
Cn2	65,25	43,83		1,49
Cn3	124,31	88,58		1,40
Cn4	120,14	84,40		1,42
Cn5		idem Cn1		
Cn6	235,14	156,76		1,50

Potencia adicional:

Tabla 22

	N Hp	Ki		Ka	Kd	Na Hp	Na Cv
Cn1	0,42	1,1		1,0148	1,46	0,68	0,695
Cn2	0,36	1,1		1,0163	1,49	0,60	0,612
Cn3	2,19	1,1		1,0324	1,40	3,48	3,554
Cn4	2,08	1,1		1,0340	1,42	3,37	3,440
Cn5							
Cn6	1,29	1,1		1,0154	1,50	2,16	2,204

Esta potencia N calculada es la correspondiente al estado de régimen y por lo tanto al elegir el motor se deberá además prever la correspondiente potencia adicional para soportar sobrecargas eventuales, como

ser la debida a vientos, defectos de lubricación, exceso de material a transportar, esfuerzo de arranque, etc. Estas dependen fundamentalmente de las fuerzas de inercia y del coeficiente de rozamiento.

12.5 Cálculo de tensión en los ramales:

$$T = \left(1 + \frac{1}{(e^{\mu\alpha} - 1)}\right) * F$$

$$t = \left(\frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1}\right) * F$$

$$\frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} = 0.64$$

Tabla 23

	μ	α	compl.Conj	F	T	t
Cn1	0,3	3,1416	0,64	50,65	83,07	32,42
Cn2	0,3	3,1416	0,64	43,83	71,88	28,05
Cn3	0,3	3,1416	0,64	88,58	145,27	56,69
Cn4	0,3	3,1416	0,64	84,40	138,42	54,02
Cn5	idem Cn1			idem Cn1		
Cn6	0,3	3,1416	0,64	156,76	257,09	100,33

12.6 Cálculo de número de telas:

$$Nt = \frac{T}{100 * K * B}$$

Donde:

- K: capacidad de absorber o transmitir esfuerzo por cada cm de ancho por tela (lo da el fabricante Kg/cm)
- ➔ Seleccionamos empalme mecánico para la unión de la banda esto nos reduce 4 veces la tensión a transmitir, EP100 es decir $K = \frac{100N}{4} = \frac{25Kg}{cm}$

Tabla 24

	T	K	Ba	Nt
Cn1	83,07	25	0,3	0,11
Cn2	71,88	25	0,3	0,10
Cn3	145,27	25	0,3	0,19
Cn4	138,42	25	0,3	0,18
Cn5	idem Cn1		idem Cn1	
Cn6	257,09	25	0,3	0,34

Por lo tanto en las 5 cintas solo es necesario utilizar 1 tela.

- También se verifica en el ítem de cálculo de peso lineal de banda se estimaron 2 telas. Por lo tanto queda verificado el cálculo.

12.7 Cálculo de recubrimiento:

$$T_c = l/v \text{ [seg]}$$

Tabla 25

	l	v	Tc
Cn1	12,6	0,5	25,2
Cn2	12,6	0,5	25,2
Cn3	12,6	1,5	8,4
Cn4	12,6	1,5	8,4
Cn5	idem Cn1		
Cn6	40,6	0,5	81,2

Según “Kauman” bandas textiles Sección 2 pag. 18 para un tiempo de recorrido entre 1 y 5 min con una abrasión B y un tamaño de particular 0-50mm el espesor deberá ser entre 3-5mm, adoptamos 3mm para el recubrimiento superior y 1.5mm para el interior.

12.8 Cálculo del diámetro mínimo del tambor:

$$Dt = \frac{360 * F}{P * \pi * \alpha * Ba}$$

Donde:

- F: fuerza de accionamiento = F: fuerza a vencer
- P: capacidad de transmisión tambor/banda [Kg/m²] rodillo engomado P=3000Kg/m²
- α : ángulo de abrace[rad]

Siendo:

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 20 de 31
--	---------	---------	-----------------

- Dt: Diámetro de tambor motriz en metros
- F: Fuerza de accionamiento en tambor motriz, en kilos
- P: Capacidad de transmisión tambor/banda (1.600 /2.000 Kg/m2. En subterráneas, hasta 3.500)
- α : Ángulo abrazado en tambor motriz (grados)
- Ba: Ancho de la banda en metros

Tabla 26

	F	P	α	Ba	Dt	Dta
Cn1	50,65	1600	180	0,3	0,0672	0,2
Cn2	43,83	1600	180	0,3	0,0581	0,2
Cn3	88,58	1600	180	0,3	0,1175	0,2
Cn4	84,40	1600	180	0,3	0,1119	0,2
Cn5	idem Cn1			idem Cn1		
Cn6	156,76	1600	180	0,3	0,2079	0,2

- De los resultados obtenidos, seleccionamos del fabricante Kauman el rodillo normalizado mínimo

Dt=200mm.(ver catalogo Kauman, tabla diámetros de rodillos normalizados, anexo)

Tabla 27

DIÁMETROS DE TAMBORES NORMALIZADOS S/DIN 22101												
200	250	320	400	500	630	800	1.000	1.250	1.400	1.600	1.800	2.000

12.9 Determinación de la relación de transmisión del grupo motor:

Se realiza con los siguientes valores:

n_{mot} = velocidad de entrada (rpm)

n_{tamb} = velocidad de salida (rpm)

N_s = potencia necesaria en el eje de salida (HP)

N_e = potencia transmisible por el reductor (HP)

N_m = potencia del motor eléctrico de mando (HP)

r_2 = rendimiento teórico del reductor

F_s = factor de servicio

v : velocidad de la cinta [m/s]

D_{tambor} = diámetro tambor

$$n_{tambor} = \frac{v_{cinta} * 60}{\pi * D_{tambor}} [\text{RPM}]$$

$$i = \frac{n_{motor}}{n_{tambor}}$$

Tabla 28

	v	Dt	nt
Cn1	0,5	0,2000	47,75
Cn2	0,5	0,2000	47,75
Cn3	1,5	0,2000	143,24
Cn4	1,5	0,2000	143,24
Cn5	idem Cn1		
Cn6	0,5	0,2000	47,75

12.10 Motorreductor selección

Del fabricante “Lentax” de motorreductores tenemos (ver catalogo anexo):

Tabla 29

	nt	nmot	i	nt adopt.	Na Cv (Ns)	Nadopt. Cv
Cn1	47,75	1420	29,74	48	0,695	1
Cn2	47,75	1420	29,74	48	0,612	1
Cn3	143,24	1420	9,91	133	3,554	4
Cn4	143,24	1420	9,91	133	3,440	4
Cn5	idem Cn1				0,000	0
Cn6	47,75	1420	29,74	48	2,204	3

Tabla 30

	nmot	Na Cv (Ns)	i	nt	Nadpt. Cv	Modelo Red.	Pot Cv*100	Nº polos
Cn1	1420	0,695	29,7	47,75	1	R23	100,00	4
Cn2	1420	0,612	29,7	47,75	1	R23	100,00	4
Cn3	1420	3,554	9,9	143,24	4	R24	400,00	4
Cn4	1420	3,440	9,9	143,24	4	R24	400,00	4
Cn5	idem Cn1			idem Cn1				

Cn6	1420	2,204	29,7	47,75	3	R24	300	4
-----	------	-------	------	-------	---	-----	-----	---

Motorreductor Cn1, Cn2, Cn5:

Fs: factor de servicio según tabla adjunta catalogo Lentax pag. 7, con carga tipo I y tiempo de servicio 8hs tenemos que $Fs=1$

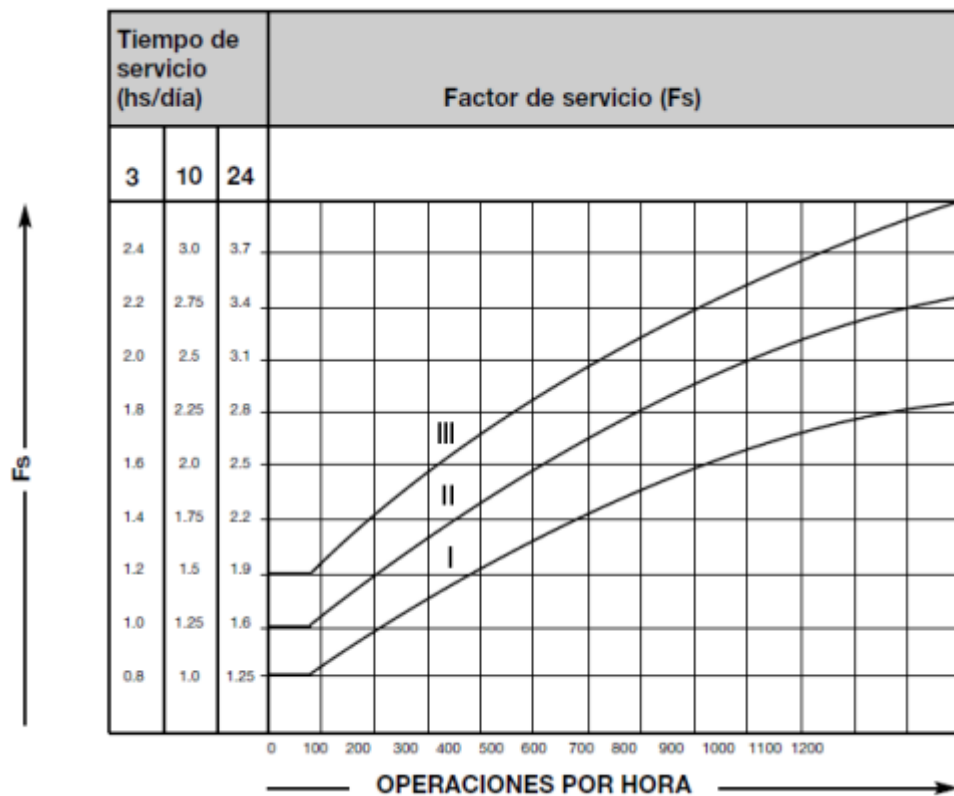


Figura 2

Según tabla de rendimientos de reductores (ver catalogo Lentax 108 adjunto pág. 9) $r=0.77$

Tabla 31

TABLA DE RENDIMIENTOS TEORICOS (r)

Relación nominal i	Velocidad de entrada r.p.m.	MODELO REDUCTOR						
		20	21	22	23	24	25	26
30	1500	0.67	0.74	0.73	0.77	0.80	0.82	0.84
	1000	0.63	0.71	0.69	0.74	0.77	0.79	0.81
	750	0.60	0.68	0.67	0.72	0.75	0.77	0.79
	500	0.58	0.65	0.63	0.68	0.71	0.74	0.76
	300	0.55	0.62	0.61	0.65	0.67	0.69	0.72

$$N_e = \frac{N_s * F_s}{r}$$

$$Cn1 N_e = (0.695 * 1) / 0.77 = 0.9 C_v$$

Seleccionamos el motorreductor de potencia más próxima:

$$Cn2 N_e = (0.612 * 1) / 0.77 = 0.79 C_v$$

Seleccionamos el motorreductor de potencia más próxima:

Seleccionamos de catálogo *Lentax* pág. 15 (ver anexo):

Tabla 32

Potencia Entrada		Velocidad de Entrada aprox. (RPM)	Velocidad de Salida aprox. (RPM)		Modelo	Factor de Seguridad (Fz)	Momento Util (Kgr cm)
CV	KW						
1.0		1400	23.0	23	100	1.16	1994
			29.0	23	100	1.43	1717
			36.0	23	100	1.69	1433
			42.0	23	100	1.87	1254
			48.0	23	100	2.10	1142

Donde:

- Fz: factor de seguridad. Fz=2.8
- Fs=1
- Por lo tanto para estas dos cintas verifica que $F_z \geq F_s$.

Motorreductor Cn3, CN4:

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 24 de 31
--	---------	---------	-----------------

El factor de servicio según tabla adjunta del catálogo de Lentax pág. 7, con un tiempo de servicio menor a 3 hs y operaciones por hora menor a 100, con tipo de producto clase I, tenemos que $F_s=0.8$

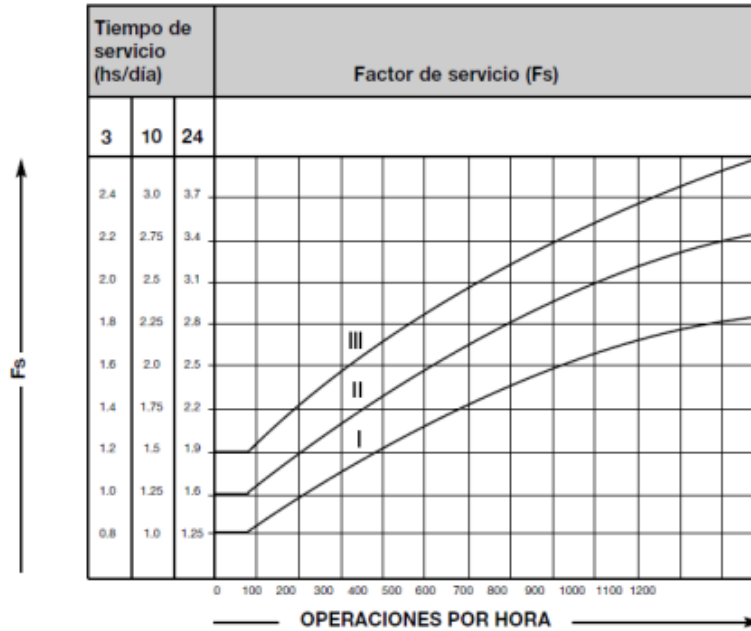


Figura 3

Según tabla de rendimientos de reductores (Ver catalogo “Lentax” 108 adjunto pág. 9); $r=0.9$

Tabla 33

TABLA DE RENDIMIENTOS TEORICOS (r)

Relación nominal <i>i</i>	Velocidad de entrada r.p.m.	MODELO REDUCTOR						
		20	21	22	23	24	25	26
10	1500	0.87	0.88	0.89	0.90	0.90	0.93	0.94
	1000	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.92	0.92
	750	0.83	0.84	0.86	0.87	0.87	0.91	0.91
	500	0.81	0.82	0.83	0.85	0.85	0.89	0.90
	300	0.79	0.80	0.81	0.83	0.83	0.87	0.88

$$N_e = \frac{N_s * F_s}{r}$$

$$Cn3 N_e = (3.5 * 0.8) / 0.9 = 3.11 Cv$$

Seleccionamos el motorreductor de potencia más próxima:

del catálogo Lentax pág.15 (ver anexo): 4Cv

$$Cn4 Ne = (3.4 * 0.8)/0.9 = 3 Cv$$

Seleccionamos el motorreductor de potencia más próxima:

del catálogo Lentax pág.15 (ver anexo): 4Cv

Tabla 34

Potencia Entrada		Velocidad de Entrada aprox. (RPM)	Velocidad de Salida aprox (RPM)	Modelo	Factor de Seguridad (Fz)	Momento Util (Kgr cm)
CV	KW					
1420	•	54.0	24	400	1.07	4409
		73.0	24	400	1.40	3375
		95.0	24	400	1.70	2660
		133.0	24	400	2.25	1893

Donde:

- Fz: factor de seguridad. Fz=2.25
- Fs=1

➔ Por lo tanto para estas dos cintas verifica que $Fz \geq Fs$.

Motorreductor Cn6:

Fs: factor de servicio según tabla adjunta catalogo Lentax pág. 7, con carga tipo I y tiempo de servicio tenemos que Fs=1

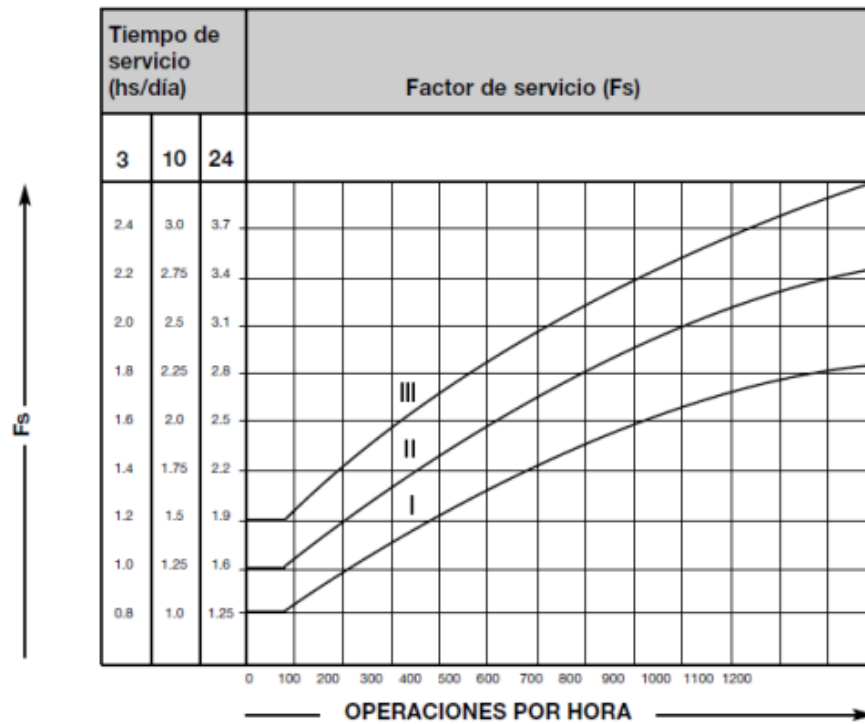


Figura 4

Según tabla de rendimientos de reductores (ver catalogo Lentax 108 adjunto pág. 9) $r=0,8$

Tabla 35

TABLA DE RENDIMIENTOS TEORICOS (r)								
Relación nominal i	Velocidad de entrada r.p.m.	MODELO REDUCTOR						
		20	21	22	23	24	25	26
30	1500	0.67	0.74	0.73	0.77	0.80	0.82	0.84
	1000	0.63	0.71	0.69	0.74	0.77	0.79	0.81
	750	0.60	0.68	0.67	0.72	0.75	0.77	0.79
	500	0.58	0.65	0.63	0.68	0.71	0.74	0.76
	300	0.55	0.62	0.61	0.65	0.67	0.69	0.72

$$Ne = \frac{Ns * Fs}{r}$$

$$Cn6 Ne = (2,2 * 1)/0.8 = 2,75Cv$$

Seleccionamos el motorreductor de potencia más próxima:
del catálogo Lentax pág.15 (ver anexo):

Tabla 36

Potencia Entrada		Velocidad de Entrada aprox. (RPM)	Velocidad de Salida aprox (RPM)	Modelo		Factor de Seguridad (Fz)	Momento Util (Kgr cm)
CV	KW						
3.00	2.20	930	46.5	25	300/6	2.41	3997
			64.1	25	300/6	3.21	2938
		1420	23.0	25	300	1.10	6289
			27.0	25	300	1.25	5926
			36.0	25	300	1.64	4649
			46.0	25	300	2.07	3727
			54.6	25	300	2.25	3402
			71.0	25	300	2.84	2664

Donde:

- Fz: factor de seguridad. Fz=2.07
- Fs: factor de servicio según tabla adjunta catalogo Lentax pág. 7, con carga tipo I y tiempo de servicio 8hs tenemos que Fs=1

Por lo tanto para estas dos cintas verifica que $Fz \geq Fs$.

Verificamos además que:

$$(Nm * r) / Fs \geq Ns$$

Nm:??

Tabla 37

	Na Cv (Ns)	Fs	r2		Nm(Nadopt)	Ne(Cv)
Cn1	0,695	1	0,77		1	0,90221338
Cn2	0,612	1	0,77		1	0,79487237
Cn3	3,554	0,8	0,9		4	3,15909252

Cn4	3,440	0,8	0,9	4	3,0576663
Cn5	idem Cn1			0	
Cn6	2,204	1	0,8	3	2,75498954

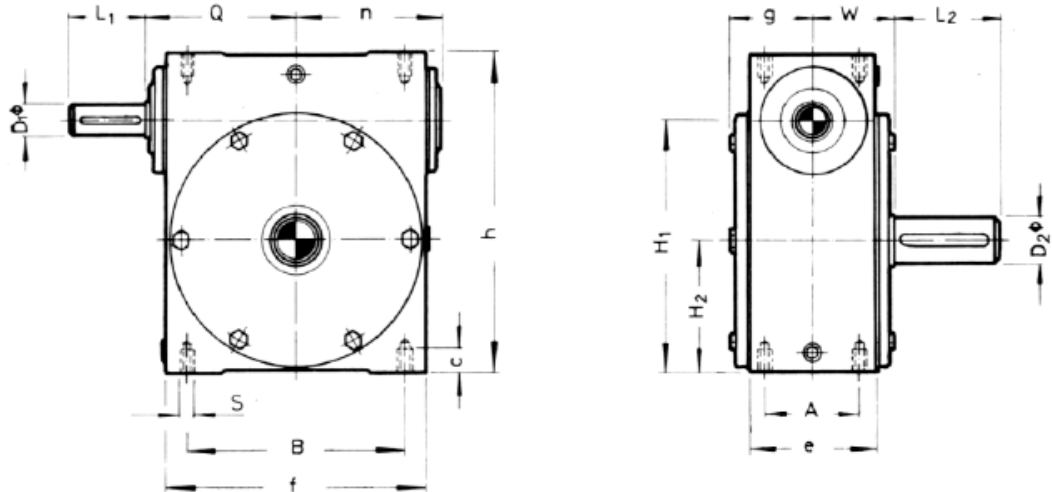
Se debe verificar:

$$\frac{Nm * r2}{Fs} \geq Ns$$

Tabla 38

	Nm(N adopt)	r2	Fs	(Nm*r2)/Fs	Na Cv(Ns)	
Cn1	1	0,77	1	0,77	0,695	Verif.
Cn2	1	0,77	1	0,77	0,612	Verif.
Cn3	4	0,9	0,8	4,5	3,554	Verif.
Cn4	4	0,9	0,8	4,5	3,440	Verif.
Cn5	idem Cn1				idem Cn1	
Cn6	3	0,8	1	2,4	2,204	Verif.

TABLA DE MEDIDAS - SERIE "R"



Modelo	D ₁	L ₁	Chav 1	D ₂	L ₂	Chav 2	H ₁	H ₂	A	B	S	Q	W
R20	12	30	5 X 5	14	30	5 X 5	81	43	32	65	1/4"	55	40
R21	14	30	5 X 5	19	40	6 X 6	110	60	50	95	1/4"	70	45
R22	19	40	6 X 6	24	50	8 X 7	133	70	55	115	5/16"	82	52
R23	24	50	8 X 7	28	60	8 X 7	161	85	65	135	3/8"	100	60
R24	28	60	8 X 7	38	80	10 X 8	215	115	85	190	1/2"	130	70
R25	32	80	10 X 8	48	110	14 X 9	265	140	100	230	5/8"	160	85
R26	38	80	10 X 8	58	110	16 X 10	135	165	120	265	3/4"	180	105

Figura 5

POSICIONES DE MONTAJE

SERIE "U"

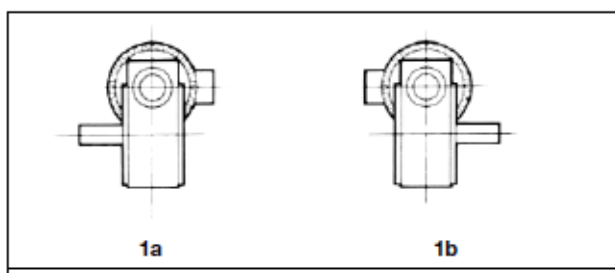


Figura 6

Seleccionamos:

Cn1 motorreductor Lentax 23 - 100/4 – Pn1b – Hu

Cn2 motorreductor Lentax 23 - 100/4 – Pn1b – Hu

Cn3 motorreductor Lentax 24 - 400/4 – Pn1b - Hu

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 30 de 31
--	---------	---------	-----------------

Cn4 motorreductor Lentax 24 - 400/4 – Pn1b - Hu

Cn5 motorreductor Lentax 23 - 100/4 – Pn1b – Hu

Cn6 motorreductor Lentax 24 - 300/4 – Pn1b – Hu

12.11 Verificación del ramal flojo:

$t \geq t_o$ verifica.

$$t_o = 50 * N_t * B_a$$

Tabla 39

	Nt	Ba	to
Cn1	0,11	0,3	1,66
Cn2	0,10	0,3	1,44
Cn3	0,19	0,3	2,91
Cn4	0,18	0,3	2,77
Cn5	idem Cn1	idem Cn1	
Cn6	0,34	0,3	5,14

$t_o < t$ por lo tanto \rightarrow >Verifica.

13 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Zignoli. “Transporti Meccanict”. Tomo 1 y 2
- Targueta Arriola, A. López Roa. “Transporte y almacenamiento de materias primas en la Industria Básica”
- H. Ernst. “Aparatos de Elevación y Transporte”. Tomo 1 y 2.

Tomo 3

Diseño y cálculo de una instalación para el almacenaje de nueces pecán con cáscara.

ÍNDICE

1. OBJETIVO GENERAL.....	3
2. INTRODUCCIÓN.....	3
2.1 NECESIDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	3
2.1.1 <i>Ubicación.....</i>	4
2.1.2 <i>Condiciones climatológicas.....</i>	4
2.1.3 <i>Características del producto.....</i>	5
2.2 DIMENSIONADO DE LAS CÁMARAS.....	6
2.2.1 <i>Dimensionado de la cámara de conservado (5°C).....</i>	7
2.2.2 <i>Dimensionado de la sala de máquinas y sala eléctrica.....</i>	8
2.2.3 <i>Croquis de la instalación planteada.....</i>	9
3. CÁLCULO DEL AISLAMIENTO DE LA CÁMARA.....	9
3.1 AISLAMIENTO DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA.....	9
3.2 METODOLOGÍA DE CÁLCULO.....	9
3.3 DIMENSIONADO Y SELECCIÓN DEL AISLAMIENTO.....	10
3.3.1 <i>Material empleado para la aislación.....</i>	10
3.3.2 <i>Cámara de conservación C1 y C2 (5°C).....</i>	12
4. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS.....	14
4.1 INTRODUCCIÓN:.....	14
4.1.1 <i>Humedad y temperatura de diseño.....</i>	14
4.1.2 <i>Flujo de mercadería y condiciones de entrada.....</i>	15
4.1.3 <i>Cámara de conservación C1 y C2 (5°C).....</i>	17
4.1.4 <i>Contenedores de refrigeración.....</i>	17
4.2 PROPIEDADES DE LOS PRODUCTOS ALMACENADOS PARA EL CÁLCULO DE LAS CÁMARAS C1 Y C2.....	18
4.3 BASES PARA EL CÁLCULO.....	18
4.4 PÉRDIDAS DE CALOR.....	19
4.5 FLUJO DE CALOR A TRAVÉS DE LOS CERRAMIENTOS.....	19
4.5.1 <i>Espesor de la aislación en función del espesor económico.....</i>	21
4.6 ENTRADA AIRE EXTERIOR A LA CÁMARA.....	21
4.7 CALOR APORTADO POR MOTORES.....	22
4.8 CALOR APORTADO POR LAS PERSONAS.....	23
4.9 CALOR LIBERADO POR LA ILUMINACIÓN.....	23
4.10 CONSERVACIÓN DEL PRODUCTO.....	24
4.11 CALOR DE RESPIRACIÓN DEL PRODUCTO.....	25
4.12 REFRIGERACIÓN DEL EMBALAJE.....	25

4.13	CARGA DE REFRIGERACIÓN TOTAL	25
5.	SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN	26
5.1	INTRODUCCIÓN	26
5.2	SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE	26
5.3	CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN	27
5.3.1	<i>Temperatura y presión de condensación (Tk y Pk)</i>	28
5.3.2	<i>Temperatura y presión de evaporación (To y Po)</i>	28
5.3.3	<i>Relación de compresión (τ)</i>	30
5.4	TRAZADO DEL CICLO FRIGORÍFICO DE LA INSTALACIÓN	31
5.5	COMPRESOR.....	32
5.5.1	<i>Introducción</i>	32
5.5.2	<i>Cálculo del compresor</i>	32
5.5.3	<i>Selección del Compresor</i>	38
5.6	EVAPORADOR.....	41
5.6.1	<i>Introducción</i>	41
5.6.2	<i>Factores a tener en cuenta</i>	42
5.6.3	<i>Selección del evaporador</i>	43
5.7	CONDENSADOR	47
5.7.1	<i>Introducción</i>	47
1.1.1	<i>Selección del condensador</i>	48
5.8	VÁLVULAS DE EXPANSIÓN Y OTRAS VÁLVULAS DE REGULACIÓN	51
5.8.1	<i>Selección de la válvula de expansión</i>	51
6.	REFERENCIAS.	53

1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar el diseño de una instalación frigorífica para el almacenamiento y conservación de nueces pecán con cáscara.

2. INTRODUCCIÓN.

El producto proviene de la planta de acondicionado ubicada en el mismo predio. Una vez secados y clasificados los pecanes con cáscara, se los envasa en contenedores plásticos a granel y serán almacenados hasta su comercialización en condiciones de humedad y bajas temperaturas que permitan conservar intactas sus propiedades.

Se adoptarán dos sistemas para cubrir las distintas necesidades que se plantean. Por un lado, el producto que tiene como destino final la exportación, se almacenará en contenedores refrigerados. Por otro lado, el producto que tiene como destino cubrir el mercado local, se almacenará en cámaras de enfriamiento que serán diseñadas para tal fin.

2.1 Necesidades y características de la instalación.

El 60% del producto procesado en nuestra planta está destinado a la exportación y deberá permanecer refrigerado por 4 meses a partir del inicio del período zafral. El restante 40% está destinado a abastecer el mercado local y zonas aledañas durante todo el año.

El hecho de que el tiempo de residencia para los productos de exportación no debiera de extenderse por más de 4 meses, nos motivó a reducir el tamaño de la instalación. Por este motivo y otros que mencionaremos más adelante, se diseñará la instalación únicamente para almacenar las nueces que tienen como destino el mercado interno.

2.1.1 Ubicación.

Coordenadas	32°13'00"S 58°08'00"O	
Entidad	Localidad y municipio	
• País	 Argentina	
• Provincia	 Entre Ríos	
• Departamento	Colón	
Dirigentes	Mariano Pedro Rebord, FEF	
Eventos históricos		
• Fundación	12 de abril de 1863 (Justo José de Urquiza)	
Altitud		
• Media	57 m s. n. m.	
Población (2010)		
• Total	24 835 ¹ hab.	
Gentilicio	colonense	
Código postal	3280	
Prefijo telefónico	03447	
Tipo de municipio	Municipio	
	Sitio web oficial	
	[editar datos en Wikidata]	

Figura 1

2.1.2 Condiciones climatológicas.

Se adoptan las condiciones climatológicas de la ciudad de Paysandú, por su cercanía con la ciudad de Colón, además de que se pueden obtener una muy buena base de datos estadísticos, del período (1962-1990). Se obtuvieron del *InUMet* (Instituto Uruguayo de Meteorología), los siguientes datos estadísticos:

Estación Meteorológica: Paysandú														
Ubicación: -32.348 -58.0366														
	PER	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TMED	61-90	24,8	23,7	21,6	18	14,8	11,7	11,8	12,9	14,6	17,5	20,4	23,1	17,9
TX	61-91	41,5	40,5	37,5	33,2	33	29,2	30,6	32,8	32,4	36,2	37,5	42,4	42,4
TN	61-92	8	7,8	5	1,2	-4,5	-4	-4	-3	-3,4	1,8	2,2	7	-4,5
TXM	61-90	31,5	30	27,6	23,9	20,4	16,8	16,9	18,5	20,5	23,5	26,4	29,7	23,8
TNM	61-90	18,3	17,6	15,7	12,5	9,6	6,9	7,1	7,5	8,8	11,6	14,1	16,8	12,2
HR	61-90	65	69	72	75	77	80	79	75	73	72	69	66	73
P	61-90	1010,7	1012,1	1013,7	1015,8	1016,9	1018,2	1018,7	1018,3	1017,6	1015,1	1012,8	1011	1015,1
HS	81-90	287,8	222,6	233,5	198,6	183,8	149	167,2	183,6	203,1	244	258,6	289,8	2621,6
PV	61-90	20,4	20,1	18,6	15,6	13,1	11	10,9	11,1	12,1	14,4	16,6	18,6	15,2
VEL	61-91	3,5	3,3	3	2,6	2,7	2,8	3,1	3,2	3,8	3,4	3,5	3,4	3,2
RR	61-90	100	131	147	103	77	70	71	73	91	122	118	115	1218
FRR	61-90	6	6	7	6	6	5	6	5	6	7	6	6	72

Descripción de variables:

TMED	Temperatura media, mensual o anual (°C)
TX	Temperatura Máxima absoluta del período, mensual o anual (°C)
TN	Temperatura Mínima absoluta del período, mensual o anual (°C)
TXM	Temperatura Máxima media, mensual o anual (°C)
TNM	Temperatura Mínima media, mensual o anual (°C)
HR	Humedad Relativa media, mensual o anual (%)
P	Presión atmosférica (al nivel medio del mar), media mensual o anual (hPa)
HS	Tiempo de insolación directa, acumulada por mes, media anual o mensual del período (hrs)
PV	Presión del vapor, media mensual o anual (hPa)
VEL	Velocidad (del viento horizontal), media mensual o anual (m/s)
RR	Precipitación acumulada por mes, media mensual o anual del período (mm)
FRR	Días con precipitación \geq 1mm, media mensual o anual

Figura 2

Fuente Fig.2: <http://www.meteorologia.com.uy/ServCli/estadisticasClimatologicas>

2.1.3 Características del producto.



Figura 3

Definición: Es el fruto del pecan (*Carya illinoensis*), al cual se le ha eliminado, una vez maduro, el epicarpio y mesocarpio. Es decir, se trata del endocarpio lignificado que contiene la almendra o porción comestible de la semilla.

Tipos: Se establecen para el comercio de nueces pecan o pecan, los siguientes tipos:

a) Nueces Pecan "con cascara": se designan con este nombre las nueces enteras, o sea el endocarpio lignificado conteniendo la almendra o porción comestible de la semilla.

b) Nueces Pecan "sin cascara": se designan con este nombre las nueces a las cuales se les ha eliminado la cascara y los tabiques internos, o sea que se trata de la almendra o porción comestible de la semilla, sin el endocarpio lignificado.

El pecan se cosecha en Otoño a principios de invierno. La cosecha anticipada genera mayores costos de secado para llevar la humedad al 4 % lo antes posible para no perder calidad.

2.2 Dimensionado de las cámaras.

Teniendo en cuenta que la zafra de nueces abarca 50 días entre mediados de los meses de Abril y Junio, y que la producción diaria está limitada por la línea de acondicionamiento, la producción total de nueces por zafra será:

$$5000kg/día \times 50 \text{ días} = 250000kg$$

La producción destinada al mercado interno (40%) será:

$$0,40 \times 250000kg = 100000kg$$

Para el diseño de la instalación, una de las pautas que hemos tenido en cuenta es el mercado consumidor. De datos obtenidos por los propios productores, indica que el consumo es sostenido durante todo el año. Esto nos lleva a pensar que de construir una sola cámara de conservado, tendremos un aumento progresivo de la capacidad disponible a medida que se va consumiendo, es decir que tendremos un aumento del espacio disponible a medida que transcurre el tiempo, lo que conlleva a un consumo innecesario de potencia. Por este motivo intentaremos reducir los costos diseñando dos cámaras iguales de menor tamaño, de manera que podamos dejarlas fuera de servicio de ser necesario o conservar otros productos disponibles en el mercado.

Otro factor que ha incidido al momento de diseñar la instalación es que la nuez es un producto muy susceptible a absorber olores, lo que no permite compartir el frío con otros productos que despidan olor, que en caso de contar con dos cámaras independientes, ya no representaría un problema.

Se dispondrá además de una sala para el alojamiento de equipos (compresores, motores) y una para paneles eléctricos y controladores.

La instalación queda representada en el siguiente croquis (Figura 4):

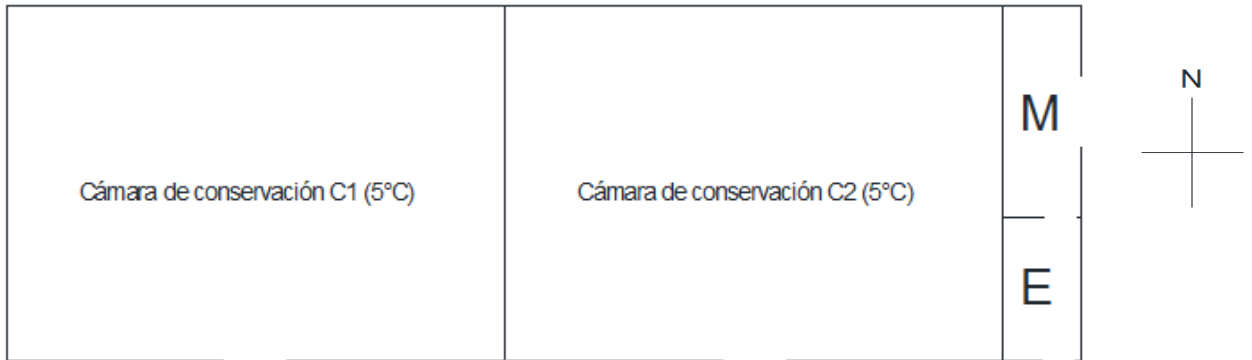


Figura 4

Para simplificar los cálculos de aquí en adelante tomaremos como referencia la cámara de conservado C1, siendo que es idéntica a la C2.

2.2.1 Dimensionado de la cámara de conservado (5°C).

Cantidad de bins:



$$N^{\circ} \text{ bins} = \frac{100000 \text{ kg} / 2}{285 \text{ kg} / \text{bin}} = 176 \text{ bins}$$

→ Se seleccionó un bin de polietileno de alta densidad Marca MECAPLAST. Modelo 76-8602. Ventilado y apilable de a 3 unidades

[\(Ver catálogo en apartado de anexos\).](#)

Figura 5

• Conociendo la densidad de la nuez con cáscara ($\rho=500 \text{ kg} / \text{m}^3$), se calculó la capacidad del bin:

$$\text{Capacidad bin} = 0,570 \text{ m}^3 * 500 \text{ kg} / \text{m}^3 = 285 \text{ kg}$$

Los bins son auto portantes y se los apilará en 3 pisos. Esto nos da 59 bins por piso.

Para una mejor distribución cada piso será de 60 bins. Estarán distribuidos en 2 mitades de 6 filas de 5 bins de profundidad cada una. Es decir, que la capacidad real de la cámara estará diseñada para:

$$N^{\circ} \text{ bins de diseño} = 60 \text{ bins} / \text{piso} * 3 = 180 \text{ bins}$$

La **capacidad real de la cámara** estará diseñada entonces para:

$$Q = 60 \text{ bin} * 3 * 285 \text{ kg} = 51300 \text{ kg}$$

Se prevé una separación entre sí de 15cm para la correcta circulación de aire frío y pasillos transversales de 0,6m cada 2 bins para inspecciones visuales de ser necesarias. Además de los pasillos contra las paredes de también 0,6m.

Altura de la cámara:

$$h = (0,76m * 3 + 1,5m) = \mathbf{3,78m}$$

donde se tuvo en cuenta la altura del bin (0,760m) y la distancia de la pila con el techo (Se adoptó 1,5m para la correcta impulsión de aire frío desde los evaporadores hasta el fondo de la cámara).

Dimensiones de las paredes Norte y Sur:

Considerando las dimensiones de los bins, las separaciones y pasillos y un espacio de 3,5m para la correcta maniobrabilidad del montacargas, nos queda:

$$LPNS = 1m * 10 + 0,6m * 2 + 8 * 0,15m + 3,5m = 16m$$

$$h = 3,78m$$

$$SPNS = 3,78m * 16m = 60,48 m^2$$

Dimensiones de las paredes Este y Oeste:

$$LPEO = 6bins * 1,2m/bin + 4 * 0,6m + 3 * 0,15m = 10m$$

$$h = 3,78m$$

$$SPEO = 3,78m * 10m = 37,8 m^2$$

Dimensiones del techo y del piso:

$$STP = LPNS * LPEO = 16m * 10m = \mathbf{160 m^2}$$

2.2.2 Dimensionado de la sala de máquinas y sala eléctrica.

Sala de máquinas "M": Están contemplados en este espacio compresores, motores eléctricos, cuadro de válvulas reguladoras y distribución de la cañería.

Sala eléctrica "E": Están contemplados los tableros eléctricos, paneles de comandos y cableado.

Por simplicidad se construirán el techo y las paredes de materiales aislantes, a excepción de la pared este, que será de material.

Superficie sala mecánica:

$$LPNS = 2,5m$$

$$LPEO = 6m$$

$$STP = LPNS * LPEO = 2,5m * 6m = \mathbf{15m^2}$$

Superficie sala eléctrica:

$$LPNS = 2,5m$$

$$LPEO = 4m$$

$$STP = LPNS * LPEO = 2,5m * 4m = \mathbf{10m^2}$$

2.2.3 Croquis de la instalación planteada

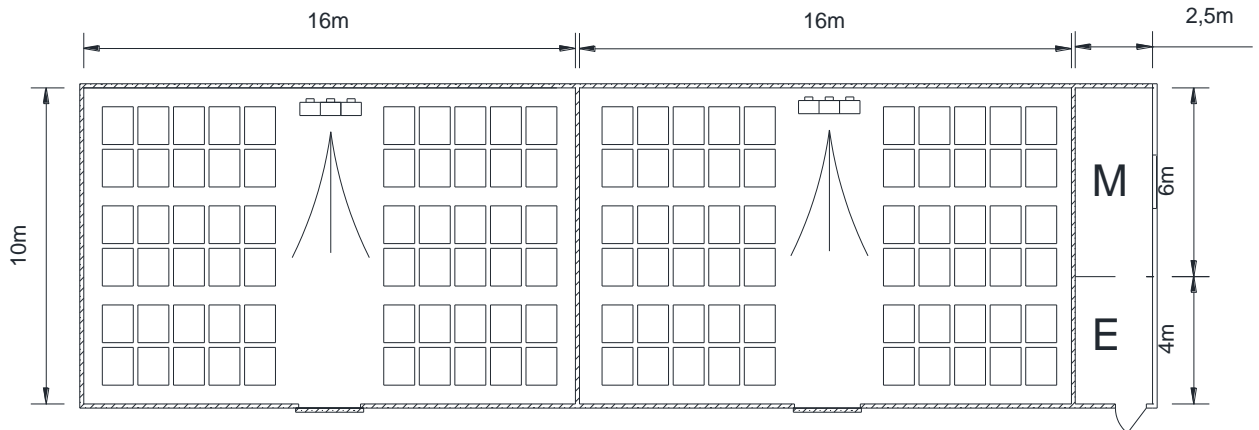


Figura 6

Como es de notar, no se ha diseñado una antecámara. Como veremos en los siguientes apartados, la necesidad de generar pocas renovación de aire juega un papel decisivo.

La disposición de los bins dentro de las cámaras se hará de acuerdo a la clasificación de las nueces según tamaño o calibre. Los mismos serán subdivididos en filas visiblemente identificadas.

Ver clasificación en [Manual del exportador de Nuez Pecán \(Anexo\)](#).

3. CÁLCULO DEL AISLAMIENTO DE LA CÁMARA.

3.1 Aislamiento de la cámara frigorífica.

El aislamiento tiene por objeto reducir en lo posible las pérdidas de frío a través de paredes, techos, puertas y otros elementos. Se trata de hacer la cámara lo más adiabática posible, para reducir al máximo la entrada de calor, y así poder mantener las condiciones interiores con independencia del exterior.

Debe instalarse en forma tal que se logre una perfecta continuidad, evitando "puentes térmicos" y no debe ser alterado por los materiales adyacentes que conforman el cerramiento ni alterar las características de éstos. Además el material empleado debe constituir una barrera impermeable al paso del vapor de agua.

3.2 Metodología de cálculo.

Existen diferentes procesos para determinar el espesor del aislante. Se puede calcular mediante el flujo máximo de calor, directamente de los espesores recomendados por los fabricantes en función del salto térmico.

En nuestro caso, el cálculo del espesor de los paneles se realizará considerando el flujo máximo de calor permitido para cámaras de conservación, tal y como ha sido calculado en el [Apartado 5.5](#) correspondiente a las pérdidas de calor a través de los cerramientos. (Q_{PI}).

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 9 de 54
--	---------	---------	----------------

Partimos de una ecuación que expresa la tasa de transferencia de calor a través de una pared plana:

$$Q = A \cdot K (T_e - T_i)$$

- Q , tasa de transferencia de calor en (Kcal/h).
- A , superficie de cerramiento en m^2 .
- K , coeficiente global de transferencia de calor (Kcal/h. m^2 . $^{\circ}C$).
- T_e, T_i , temperatura exterior/interior de diseño en $^{\circ}C$.

El flujo de calor será:

$$q = K \cdot (T_e - T_i)$$

El coeficiente global de transmisión de calor de la superficie viene dado por la expresión:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \sum \frac{e_i}{k_i} + \frac{1}{h_e}$$

- h_i , coeficiente de convección interior en $\frac{Kcal}{h.m^2.^{\circ}C}$
- e_i , espesor de distintas capas de pared, el cual se adopta según recomendaciones del fabricante y según la temperatura de la cámara, en metros.
- k_i , conductividad de cada capa en $\frac{Kcal}{h.m.^{\circ}C}$
- h_e , coeficiente de convección exterior en $\frac{Kcal}{h.m^2.^{\circ}C}$

En nuestro caso, como existe solo un material que conforma el aislamiento térmico, el coeficiente global viene dado por la expresión:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \frac{e_{aislante}}{k_{aislante}} + \frac{1}{h_e}$$

De la unión de las expresiones anteriores, obtenemos que el espesor del aislante será:

$$e_{aislante} = \left[\frac{T_e - T_i}{q} - \left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right) \right] \cdot k_{aislante}$$

3.3 Dimensionado y selección del aislamiento.

3.3.1 Material empleado para la aislación.

El aislamiento de la cámara será realizado mediante paneles prefabricados con núcleo de material aislante que será adoptado luego de ser analizado en los siguientes apartados en función del espesor requerido, durabilidad y costo.

Los núcleos comerciales disponibles son:

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 10 de 54
--	---------	---------	-----------------



Figura 7

Obtuvimos de la marca “[INCA](#)” para los aislantes comerciales los siguientes datos :

- **Lana Mineral:**
 - **Coefficiente de conductibilidad térmica:** ASTM C-612: 0.03 Kcal h.m.°C
 - **Densidad:** Clase I (hasta 128 Kg/m³)
 - **Incombustible:** RE1, según IRAM 11910-1
 - **Absorción acústica:** ASTM C-423 entre 100 y 5000 Hz
 - **Espesores disponibles en milímetros:** a convenir
- **Poliestireno Expandido (EPS):**
 - **Temperatura de operación:** En un rango de -50° C a +80° C.
 - **Coefficiente de conductibilidad térmica:** Para + 10°C de temperatura media y poliestireno expandido de 20kg/m³. $\lambda=0,026$ Cal.m/m². °C.h.
 - **Densidad:** 15 Kg/m³; 20 Kg/m³; 25 Kg/m³.
 - **Difícilmente inflamable:** DIN4102 o RE2 (IRAM 11575-1)
 - **Espesores disponibles en milímetros:** 50/65/75/100/125/150/200/250
- **Poliuretano Expandido (XPS):**
 - **Temperatura de operación:** En un rango de -40° C a +110° C. Trasmittancia térmica, para $\lambda=0,019$ Cal.m/m². °C.h.
 - **Coefficiente de conductibilidad térmica:** $\lambda=0,019$ Cal.m/m². °C.h. = 0,022 w/H °k
 - **Densidad:** Promedio de 35 a 45 Kg/m³
 - **Resistencia al fuego:** R1, según ABNT-MB-1562
 - **Espesores disponibles en milímetros:** 50/65/75/100/125/150/200/250/300

Dimensiones generales:

- **Ancho:** Módulo estándar de 1000 mm o 1200 mm.
- **Largo:** Hasta 12.000 mm, según requerimientos
- **Superficie:** Lisa o nervurada

Revestimientos disponibles:

Los paneles prefabricados están conformados por dos láminas que constituyen las caras exteriores del mismo y que pueden ser:

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 11 de 54
--	---------	---------	-----------------

- Chapa de acero 0,50 mm (BWG N° 25) de espesor. Nervada o lisa. Galvanizada y prepintada con recubrimiento de poliéster.
- Chapa de acero inoxidable. Calidad AISI 304.
- Chapa de poliéster reforzada con fibra de vidrio (PRFV), en varios espesores.
- Otros revestimientos.

Principales características:

- **Rigidez:** La extraordinaria rigidez de estos paneles permite cubrir luces y alturas importantes sin estructura auxiliar.
- **Resistencia:** El conjunto posee una elevada resistencia mecánica a las solicitaciones horizontales y verticales a la flexión, al pandeo y al impacto.
- **Barrera de vapor:** Las láminas que constituyen las caras exteriores del panel y el sello de las uniones constituyen una barrera de vapor perfecta que impide la difusión de humedad hacia el interior de los paneles.

(Ver catálogo en apartado de anexos)

3.3.2 Cámara de conservación C1 y C2 (5°C).

Datos necesarios para el cálculo del aislante:

- T_e, T_i : temperaturas interior y exterior de diseño, 5°C y $42,4^\circ\text{C}$, respectivamente.
- h_i, h_e : coeficiente de convección interior y exterior. Se adopta $18 \frac{\text{Kcal}}{\text{h.m}^2.\text{°C}}$ para velocidad de aire en el exterior e interior de 3m/s.
- Utilizaremos paneles prefabricados cuyas conductividades se detallan en el apartado anterior para c /uno de los núcleos; $\frac{\text{Kcal}}{\text{h.m}^2.\text{°C}}$.
- El flujo de calor adoptado para cámaras de conservación será de $7,74\text{Kcal/m}^2.\text{h}^*$

*Fuente: Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Guía técnica. Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos. Sección 3, pág 23.

De la expresión obtenida en el [Apartado 4.2](#), el espesor del aislante está dado para los distintos materiales a saber:

$$e_{\text{ lana mineral}} = \left[\frac{42,4^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}}{\frac{7,74\text{kcal}}{\text{m}^2} \cdot \text{h}} - \left(\frac{1}{18 \frac{\text{kcal}}{\text{h.m}^2.\text{°C}}} + \frac{1}{18 \frac{\text{kcal}}{\text{h.m}^2.\text{°C}}} \right) \right] \cdot 0,03 =$$

$$e_{\text{ lana mineral}} = 0,142\text{mm}$$

$$e_{\text{ poliestireno exp}} = \left[\frac{42,4^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}}{\frac{7,74\text{kcal}}{\text{m}^2} \cdot \text{h}} - \left(\frac{1}{18 \frac{\text{kcal}}{\text{h.m}^2.\text{°C}}} + \frac{1}{18 \frac{\text{kcal}}{\text{h.m}^2.\text{°C}}} \right) \right] \cdot 0,026 =$$

$$e_{\text{ poliestireno expandido}} = 0,123\text{mm}$$

$$e_{\text{ poliuretano exp}} = \left[\frac{42,4^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}}{\frac{7,74\text{kcal}}{\text{m}^2} \cdot \text{h}} - \left(\frac{1}{18 \frac{\text{kcal}}{\text{h.m}^2.\text{°C}}} + \frac{1}{18 \frac{\text{kcal}}{\text{h.m}^2.\text{°C}}} \right) \right] \cdot 0,019 =$$

e poliuretano expandido = 0,090mm

Resumimos en la Tabla 1, los espesores comerciales y el precio del “INCA panel”.

Tabla 1

	Espesor	Densidad (kg/m ³)	Precio USD/m ² *	Revestimiento
Lana mineral	0,140	100/120	120,9 123,48	PP lisa ambas caras PP lisa 1 cara y trapezoidal otra cara
Poliestireno	0,125	20	56,7 66,78	“ “
Poliuretano	0,100	40	81,9 97,02	“ “

*Los precios fueron brindados por la empresa argentina “INCA aislaciones”

- Seleccionamos del catálogo “INCA” placas con núcleo de poliestireno expandido de 125mm de espesor (20kg/m³) con junta de encastre tipo ISOWALL. (Ver Fig. 9)
- Revestimiento de chapa de acero galvanizado espesor BWG N°25 , prepintada con pintura poliester al horno con superficie lisa en ambas caras.
- Precio: 56,7 UDS/m².

- Este material satisface la norma DIN 4102 (IRAM 11575-1)

Con este espesor de placa, garantizaremos que el flujo de calor estará por debajo de los 7,74 Kcal/m².h, máximo recomendado para nuestro tipo de instalación.



Figura 8

Panel frigorífico adoptado. Resumen (Tabla 2)

Tabla 2

Espesor (mm)	125mm
Conductividad térmica (Kcal/h.m.°C)	0,026
Barrera anti-vapor (mm)	0,50 (chapa de acero galvanizado)
Densidad nominal (Kg/m ³)	20
Clasificación al fuego	Cumple DIN A4102
Precio (USD/m ²)	56,7

NOTA: En el [Apartado 5.7](#) (p.16) correspondiente a las pérdidas de calor a través de los cerramientos (QP1), propondremos distintos espesores a fin de obtener el espesor económico.

3.3.2.1 Equipamiento y accesorios.

Puertas Frigoríficas.

Se busca una puerta corrediza ya que el espacio para el movimiento lateral lo permite.

- Adoptamos de la marca “[MTH refrigeración](#)”, una puerta corredera apta para todo tipo de cámaras a baja temperatura. Modelo 480 LWT. (Fig.8)

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 13 de 54
--	---------	---------	-----------------



Figura 9

Accesorios.

La gama de accesorios formada por omegas para la sustentación y unión de los paneles de techos; ángulos de aluminio y de chapa, curva sanitaria, son suficientes para conseguir el montaje de la cámara y serán adoptados de “MTH Refrigeración.”

4. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

4.1 Introducción:

La carga térmica de refrigeración es el calor que se debe extraer de la cámara, con el fin de que mantenga la temperatura de diseño en su interior. Este calor coincide con el calor que entra o que se genera dentro de la cámara frigorífica.

Son muchos los factores que intervienen, y es por este motivo que los distribuiremos en apartados, cada uno tiene en cuenta el calor introducido o generado por una causa concreta.

Para poder iniciar el proceso de cálculo, debemos establecer unas características básicas de nuestra instalación, como:

- Humedad y temperatura de diseño.
- Flujo de mercadería y condiciones de entrada.
- Propiedades del producto.

4.1.1 Humedad y temperatura de diseño.

Según referencias del [“Manual del Exportador de Pecan”, Versión 1.0 - Abril 2013:](#)

- “El almacenaje con humedades de la almendra menores a 4,5 % y con menos de 70 % de HR nos provee de una actividad acuosa menor a 0,65-0,70 lo que inhibe la formación de la mayoría de los mohos (hongos)”.
- La temperatura de conservación según Tabla 4, viene dada por:

VIDA UTIL RELATIVA DE LOS PECANES ALMACENADOS A DISTINTA TEMPERATURA

Tabla 3

TEMPERATURA	CON CASCARA Meses
21° C	4
8,33° C a 10° C	9
0° C a 2,2° C	18

-6,6° C a -3,8° C menos 17,7° C	20 – 40 24 - 60
------------------------------------	--------------------

De aquí obtenemos que el rango de temperatura de almacenamiento para 12 meses es entre 0°C y 10°C. Interpolando obtenemos que la temperatura sería cercana a 7°C, pero tendremos en cuenta otros aspectos que menciona el manual.

A saber:

- “A temperaturas menores de 7°C y con 4% de humedad, las nueces son casi inmunes al ataque de insectos”.

Por éste motivo y ajustándonos a las condiciones más desfavorables, adoptaremos las siguientes condiciones de almacenaje.

- **Temperatura interior de diseño (t_{int})= 5°C.**
- **Humedad relativa interior de diseño (ϕ_{int})= 70%**

La temperatura exterior la determinamos con la siguiente fórmula empírica en base a los datos de la Figura 3 obtenidos del [InUMet en la página 4](#)):

$$T \text{ exterior de diseño } (T_{ext}) = 0,4 * T_{\text{mes cálido}} + 0,6 * T_{\text{máx mes cálido.}}$$

$$T_{ext} \text{ diseño} = 0,4 * 31,5^{\circ}\text{C} + 0,6 * 42,4^{\circ}\text{C} = 38,04^{\circ}\text{C}$$

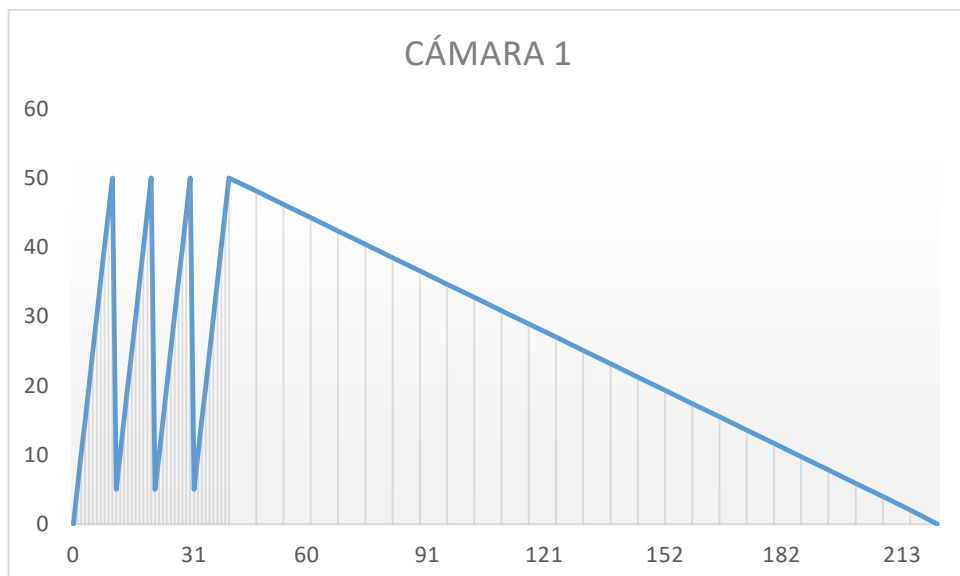
En resumen:

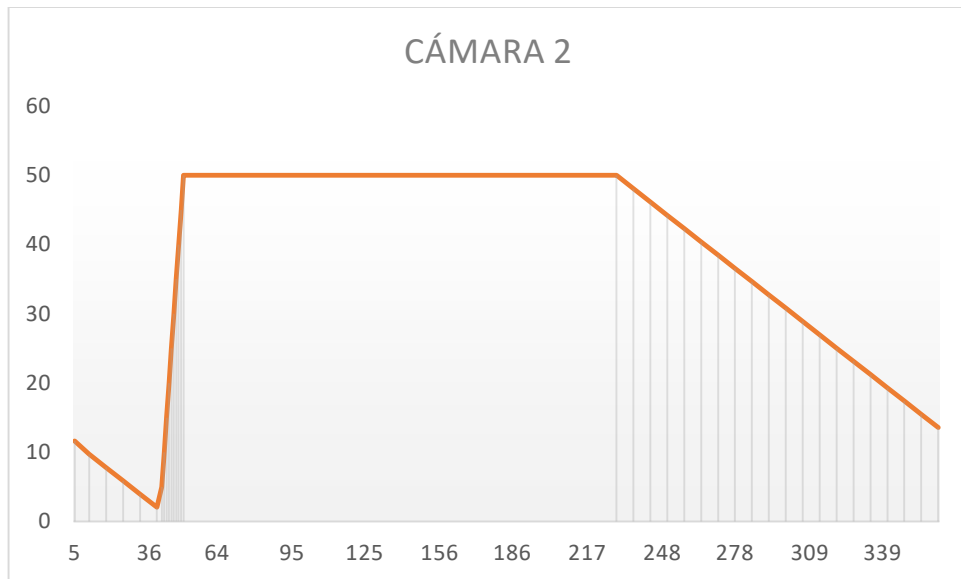
- **Temperatura exterior de diseño (Text)=38°C.**
- **Humedad relativa exterior de diseño (ϕ_{ext})= 73%**

4.1.2 Flujo de mercadería y condiciones de entrada.

La instalación frigorífica debe ser capaz de absorber la carga térmica que supone enfriar los elementos que entran cada día. Por este motivo, es de vital importancia conocer la cantidad de entrada de mercadería y en las condiciones térmicas que se hacen.

Queda representado en los siguientes gráficos el flujo de mercadería para las C1 y C2:





Como es de notar la cámara C1 será cargada diariamente de acuerdo a la producción de la planta de acondicionado (5000kg) y una vez colmada su capacidad (aprox. 50000kg), se vacía completamente para transferir la carga a los contenedores que serán luego exportados. Este proceso se repite 2 veces hasta completar la carga destinada a la exportación (150TN). Luego la cámara será nuevamente completada y almacenará por un tiempo los productos que tienen como destino el consumo local.

Luego de completada la carga de la C1, se empezará a llenar la C2 hasta completar. Ahora ambas cámaras quedarán cubiertas con una capacidad total de 100 toneladas. El consumo semanal vendrá dado por:

$$\text{Consumo semanal} = \frac{100000\text{kg}}{365\text{días}} * \frac{7\text{días}}{\text{semana}} = 1918\text{Kg/semana}$$

Con este dato obtenemos que el tiempo de vaciado de cada cámara será de:

$$\text{Tiempo vaciado} = \frac{50000\text{Kg}}{1920\text{Kg/semana}} = 26 \text{ semanas (4 meses)}$$

Durante los 4 meses que transcurren de vaciado de la C1, la C2 se mantiene completa. Luego empezará a vaciarse la C2.

Con este sistema de flujo, la C1 se verá más exigida que la C2. Por este motivo y para mantener en igualdad de condiciones los equipos se alternará año a año el sistema de carga entre ambas cámaras.

- ➔ A este sistema de enfriamiento se lo conoce como sistema “tipo Mixto”, ya que el volumen se acrecienta a la par de la producción diaria y se extrae el lote de una sola vez, una vez completada su capacidad.
- ➔ Esta operación nos compromete a diseñar las cámaras para una potencia frigorífica máxima.

Hay otros tipos de enfriamiento y se los conoce como:

- Enfriamiento por lotes o batch.
- Enfriamiento continuo

4.1.3 Cámara de conservación C1 y C2 (5°C)

Esta cámara está destinada a la conservación de nueces procesadas en nuestra instalación por lo que, teniendo en cuenta que el tránsito durante el período de zafra es moderado y está limitado por la producción diaria, tendremos como caso límite, una entrada diaria cuyo flujo de entrada será:

- Cantidad de entrada de producto al día (m_{ent}) = 5000kg/día

NOTA: Tener en cuenta que primero se llenará la cámara C1 y luego la C2

La cantidad de bins que acompañan al producto se realizará mediante una aproximación en forma de porcentaje sobre la masa total del producto. La cantidad de masa de los bins será del 12% de la masa del producto.

- Cantidad diaria entrada de bins($m_{ent. bins}$) = 12% de 5000kg = 600kg/día

El producto previo al almacenado, pasa por un proceso de secado y enfriado rápido mediante ventilación forzada hasta lograr el equilibrio con el ambiente. Teniendo en cuenta que el período de zafra ocurre entre los meses de Abril a Junio, la temperatura máxima para estos meses según [InUMet](#):

- La temperatura máxima ambiente a la entrada de la cámara, es de (T_{ep}) = 33,2°C
- La temperatura de los bins se supone que está en equilibrio con el ambiente (T_{eb}) = 33,2°C

4.1.4 Contenedores de refrigeración.

Como hemos mencionado, en este proyecto optamos por incluir en la operativa para el almacenaje de nueces, contenedores refrigerados.

El hecho de que el tiempo máximo de almacenamiento de las nueces que tienen como destino el mercado externo sea de tan solo 4 meses, y que el volumen manipulado sea muy relevante (60% del total), nos motivó a buscar otros recursos con el fin de reducir el costo de inversión inicial.

La producción de nueces destinado a la exportación es:

- Masa de exportación (m_{exp}) = 60% de 250.000kg = 150.000kg

Seleccionamos para el conservado y transporte de las nueces unidades refrigeradas *Maersk Line*, que pueden deshumidificar el aire en el rango del 65-85%, además pose un moderno sistema de control de temperatura, pudiendo alcanzar estas, los 0°C.

[\(Ver catálogo en apartado de anexos\).](#)

Con el fin de asegurar una óptima calidad de producto y ya que las prestaciones del equipo lo permite, mantendremos las mismas condiciones que para el conservado en las cámaras, a saber:

- Temperatura de conservación en contenedores (T_{cont}) = 5°C
- Humedad relativa de conservación en contenedores (Hu_{rel}) = 70%

Para reducir al mínimo el costo de alquiler de los contenedores por estadía, se pretende almacenar previamente las nueces en las cámaras C1 y C2 de nuestra instalación, para luego hacer el traspaso a los contenedores.

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 17 de 54
--	---------	---------	-----------------

4.2 Propiedades de los productos almacenados para el cálculo de las cámaras C1 y C2.

De las propiedades de la mercadería, los datos que son de interés para nuestro cálculo son:

- Calor específico de la nuez.
- Calor específico del bin plástico.
- Calor de respiración de la nuez con cáscara. Se considera despreciable.

Consultando las tablas, obtenemos que los calores específicos son los siguientes:

- Calor específico de la nuez con cáscara: $0,25 \text{Kcal/kg}^\circ\text{C}$
- Calor específico del bin (HDPE): $0,454 \text{Kcal/kg}^\circ\text{C}$

En la Tabla 5, resumimos los datos establecidos para poder iniciar el proceso de cálculo. También encontramos las propiedades del aire, obtenidas a partir del diagrama psicrométrico del aire (ver apartado de Anexos).

Tabla 4

Datos	Símbolo	Valor	Unidades
Temperatura exterior	t_{ext}	38	$^\circ\text{C}$
Temperatura interior	t_{int}	5	$^\circ\text{C}$
Humedad exterior (rel.)	Φ_{ext}	73	%
Humedad interior (rel.)	Φ_{int}	70	%
Humedad exterior (abs.)	W_{ext}	0,032	$\text{Kg/kg}_{\text{aire seco}}$
Humedad interior (abs.)	W_{int}	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$\text{Kg/kg}_{\text{aire seco}}$
Superficie de las cámaras C1 y C2	S_T	160	m^2
Volumen cámara	V_C	605	m^3
Capacidad de carga	$m_{\text{carga total}}$	51300	Kg
Masa de bins	m_{bins}	6156	Kg
Masa de producto de entrada	$m_{\text{ent.prod}}$	5000	Kg/día
Masa de bins de entrada	$m_{\text{ent.bin}}$	600	Kg/día
Temperatura de entrada nuez	$t_{\text{ent.nuez}}$	33,2	$^\circ\text{C}$
Temperatura de entrada bins	$t_{\text{ent.bin}}$	33,2	$^\circ\text{C}$
Flujo de calor admisible	q	7,74	$\text{Kcal/m}^2 \cdot \text{h}$
Calor de respiración	L_r	---	$\text{Kcal/Kg} \cdot \text{h}$
Calor específico del bin (HDPE)	$c_p \text{ bin}$	0,454	$\text{Kcal/kg}^\circ\text{C}$
Calor específico de la nuez	$c_p \text{ nuez}$	0,25	$\text{Kcal/kg}^\circ\text{C}$
Densidad del aire	P	1,225	Kg/m^3
Calor específico del aire seco	c_{pa}	0,24	$\text{Kcal/kg}^\circ\text{C}$
Calor latente de ebullición del H_2O	L_O	597,5	Kcal/kg
Calor específico del vapor de H_2O	c_{pw}	0,44	$\text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$

4.3 Bases para el cálculo.

En la práctica, es habitual para las cámaras que utilizan temperaturas de refrigeración superiores a 0°C, una estimación de la duración horaria del grupo de frío de 16 horas por día. Teniendo 8 horas diarias para proceder al desescarche del evaporador, tiempo suficiente para realizarlo con éxito.

Para mantener el frío en una cámara y todo el material almacenado en su interior, es necesario extraer el calor inicial y después todo el calor que va entrando por diferentes motivos.

La extracción total de calor, Q , se puede expresar de la siguiente manera:

$$Q = Q_{\text{producto}} + Q_{\text{otros}}$$

- Q_{producto} : representa las partidas que están relacionadas con la eliminación del calor sensible, del calor latente de solidificación, de las reacciones químicas, del embalaje y del calor absorbido por la congelación del agua de los alimentos o de los productos que se desean refrigerar.
- Q_{otros} : incluye entre otros los flujos de calor a través de los cerramientos de la cámara por transmisión de paredes, suelos y techos, la refrigeración del aire exterior que entra, la ventilación, las cargas térmicas debidas a los ventiladores, bombas, iluminación eléctrica, personas que manipulan los productos, etc.

Es habitual en la práctica aplicar un factor de seguridad de un 10%, para prever posibles variaciones de carga (calor del desescarche, infiltración de aire del exterior,...).

A consecuencia, hablaremos de una potencia total necesaria de:

$$Q_{\text{total}} = 1,10 \cdot Q$$

Como el calor generado en las 24 horas del día debe extraerse en un tiempo menor, en las “t” horas de funcionamiento diario, la potencia de la maquinaria N_r deberá ser superior a la potencia Q_{total} calculada para extraer en las 24 horas. Su valor será el siguiente:

$$N_r = Q_{\text{total}} \cdot \frac{24}{t}$$

Q_{total} : está calculada como potencia en Kcal/h.

4.4 Pérdidas de calor.

Para optimizar las dimensiones y características técnicas del evaporador y de la instalación frigorífica en general es necesario considerar las siguientes pérdidas de calor.

Pérdidas correspondientes a Q_{otros} :

- Flujo de calor a través de los cerramientos (QP1).
- Entrada de aire exterior a la cámara (QP2).
- Calor de los ventiladores del evaporador y otros motores (QP3).
- Calor liberado por las personas (QP4).
- Calor liberado por la iluminación (QP5).

Pérdidas correspondientes a Q_{producto} :

- Conservación del producto (Q_{u1}).
- Calor de respiración del alimento (Q_{u2}).
- Refrigeración del embalaje (Q_{u3}).

4.5 Flujo de calor a través de los cerramientos.

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 19 de 54
--	---------	---------	-----------------

La tasa total de calor que entra en la cámara debido a los cerramientos, viene dada por la siguiente expresión:

$$QP1 = K.S.\Delta t \text{ calc}$$

- Q_{P1} , tasa de calor en Kcal/h.
- K , coeficiente global de transmisión de calor de pared o techo, en Kcal/(m².°C)
- S , superficie de cada cerramiento en m².
- Δt , diferencia de temperatura entre el exterior e interior de la cámara. (Existen valores que pueden hacer modificar este incremento de temperaturas, como son el color y la orientación de los cerramientos exteriores de la cámara, cuando estos están en contacto directo con los rayos del sol).

Podemos expresar a Δt calculado como:

$$\Delta t \text{ calc} = \Delta t + \Delta t \text{ solar}$$

$$\Delta t = t_{\text{ext}} - t_{\text{int}}$$

- t_{ext} , temperatura exterior de diseño (calculado en el apartado 4.1.1)
- t_{int} , temperatura interior de diseño.
- Δt solar, factor de los rayos solares sobre las paredes de la cámara. (Fuente: Diaz Dorado, cuadros pág. 25 a 27).

El coeficiente global de transmisión de calor K , se puede expresar:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{e \text{ chapa}}{k \text{ chapa}} + \frac{e \text{ aisl}}{k \text{ aisl}} + \frac{1}{h_e}}; \left[\frac{\text{Kcal}}{\text{h.m}^2\text{°C}} \right]$$

Con las fórmulas anteriores y los coeficientes calculados y adoptados, se hacen los cálculos de las pérdidas de calor en todos los cerramientos con la ayuda del programa Excel. Ver tabla 6.

Para un espesor de **125mm**:

Tabla 5

Pared	Área (m ²)	Text(°C)	Tint (°C)	ΔT (°C)	ΔT solar (°C)	ΔT calc (°C)	hi	he
Norte	60,48	38	5	33	3,9	36,9	18	18
Sur	60,48	38	5	33	0	33	18	7,5
Este	37,8	30	5	25	0	25	18	18
Oeste	37,8	38	5	33	0	33	18	18
Techo	160	38	5	33	10,3	43,3	18	18
Piso	160	18	5	13	0	13	18	0

Pared	e chapa x 2 (m)	k chapa	e aislante (m)	k aislante	coef K (Kcal/h.m ² .°C)	QP1 (Kcal/h)	Q por día (kcal/día)
Norte	0,001	95	0,125	0,026	0,203	454	10889
Sur	0,001	95	0,125	0,026	0,200	399	9587
Este	0,001	95	0,125	0,026	0,203	192	4611
Oeste	0,001	95	0,125	0,026	0,203	254	6086
Techo	0,001	95	0,125	0,026	0,203	1408	33803

Piso	0,25	1,12	0,125	0,026	0,197	409	9814
						Total QP1	3116
							74790,4

4.5.1 Espesor de la aislación en función del espesor económico

Calculamos de la misma forma que en el apartado anterior la transferencia de calor debido a los cerramientos para distintos espesores de aislante y obtuvimos los siguientes resultados:

Para un espesor de aislante de **100mm**, QP1=3868kcal/h

Para un espesor de aislante de **150mm**, QP1=2609kcal/h

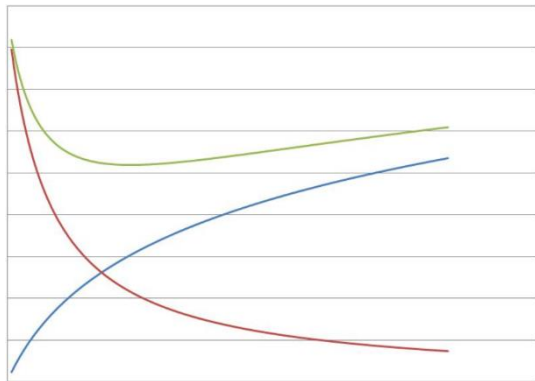


Figura 10

Curva de espesor económico:

Curva roja: representa el costo de la energía en función del espesor del aislante.

Curva azul: representa el costo del aislante en función del espesor.

Curva verde: representa el costo total.

Queda representado en el gráfico que el espesor económico viene dado por la intersección de las curvas (roja y azul). De ser necesario modificar el espesor, deberíamos adoptar para cubrirnos un espesor mayor, es decir, deberíamos adoptar un espesor que se encuentre a la derecha del punto de intersección y no a la izquierda, ya que como vemos la curva verde es más horizontal en este sector, lo que significa que es más estable, por lo que el costo total también lo será.

4.6 Entrada aire exterior a la cámara

En el recinto refrigerado debe existir ventilación suficiente para sustituir periódicamente el aire viciado por aire fresco. Esta ventilación se realiza principalmente con el uso de las puertas de la cámara, pero de no ser así suficiente, se debe proceder a la utilización de sistemas de ventilación.

Para el cálculo de esta partida es necesario hacer una estimación de las condiciones de temperatura y humedad relativa del exterior, para poder calcular su entalpía, ya que la expresión que se aplica es:

$$QP2 = n \cdot V \cdot \Delta h$$

- QP2, potencia enfriamiento aire de renovación, en KJ/día.
- n, número de renovaciones de aire por día.
- V, volumen interior de la cámara, en m³.
- Δh , diferencias de entalpías entre el aire del exterior e interior de la cámara, en Kcal/m³.

La entalpía del aire (h) podemos calcularla si sabemos la temperatura (t) y su humedad absoluta (W), que podemos extraer fácilmente del diagrama psicrométrico del aire húmedo.

$$W_{int}(5^\circ \text{ y } 70\% \text{ Hu rel}) = 0,0036 \text{ kg/kg aire seco}$$

$$W_{ext}(38^\circ \text{C y } 73\% \text{ Hu rel}) = 0,032 \text{ kg/kg aire seco}$$

La entalpía será:

$$h = C_{pa} \cdot t + W \cdot (L_o + C_{pw} \cdot t)$$

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 21 de 54
--	---------	---------	-----------------

- Cpa, es calor específico del aire seco. (0,24 Kcal/kg°C)
- t, es la temperatura del aire en °C.
- Lo, es el calor latente de ebullición a 0°C. (597,5 Kcal/kg)
- Cpw, es el calor específico del vapor de agua. (0,44 Kcal/kg°C)
- W, es la humedad absoluta en Kg vapor / Kg aire seco.

El número de renovaciones por día viene dado en función del volumen de la cámara. En nuestro caso dado que el calor de respiración de la nuez se considera despreciable, el número de renovaciones diarias estará dado por la cantidad de cargas diarias en época de zafra. Dado que la carga de las cámaras se realizará una vez al día;

- n= 1 renovaciones/día.

Primero calcularemos las entalpías del aire interior y exterior, usando los valores de la [Tabla 5](#):

$$h_{int} = Cpa \cdot t_{int} + W_{int} \cdot (Lo + Cpw \cdot t_{int})$$

$$h_{int} = 0,24 \frac{kcal}{kg^{\circ}C} * 5^{\circ}C + 0,0036 \frac{kg}{kg \text{ aire seco}} * \left(597,5 \frac{kcal}{kg} + 0,44 \frac{kcal}{kg^{\circ}C} * 5^{\circ}C \right)$$

$$h_{int} = 3,4 \frac{kcal}{kg}$$

$$h_{ext} = Cpa \cdot t_{ext} + W_{ext} \cdot (Lo + Cpw \cdot t_{ext})$$

$$h_{ext} = 0,24 \frac{kcal}{kg^{\circ}C} * 38^{\circ}C + 0,032 \frac{kg}{kg \text{ aire seco}} * \left(597,5 \frac{kcal}{kg} + 0,44 \frac{kcal}{kg^{\circ}C} * 38^{\circ}C \right)$$

$$h_{ext} = 28,8 \frac{kcal}{kg}$$

$$\Delta h = h_{ext} - h_{int}$$

$$\Delta h = \frac{(28,8 - 3,4)Kcal}{kg} = 25,4kcal/kg$$

La potencia necesaria para contrarrestar la entrada de calor será:

$$QP2 = n \cdot V \cdot \Delta h \cdot \rho = 1 \frac{ren}{día} * \frac{1}{24} * 605m^3 * 25,4 \frac{kcal}{kg} * 1,225 \frac{kg}{m^3} = 784,9 Kcal/h$$

4.7 Calor aportado por motores

Es el calor debido al trabajo de los motores y las máquinas en el espacio frío. El más típico es el calor causado por los motores de los ventiladores del evaporador, pero también se deben contar, por ejemplo, los motores de carretillas elevadoras y, en suma, cualquier máquina que desarrolle su trabajo dentro de la cámara.

La expresión que se aplica es la siguiente:

$$QP3 = \frac{0,2x\Sigma(Nxf)}{24}$$

- N, es la potencia de cada motor en W.
- f, es el tiempo de funcionamiento en horas.
- 0,2 es el factor que considera que un 20% de la potencia del motor se transforma en calor.

Podemos considerar que la potencia de la suma de todos los ventiladores es de 1.800W, y que trabajan durante 18 horas. Debemos tener en cuenta también la aportación de calor debido al elevador eléctrico, teniendo éste una potencia de 1.000W. Funcionará un máximo de 2 horas al día.

$$QP3 = \frac{\left(0,2 * 1800W * \frac{18hs}{día} + 0,2 * 1000W * 2horas/día\right)}{24horas/día} = 286,7W$$

$$QP3 = 246,5Kcal/h$$

4.8 Calor aportado por las personas.

El personal que almacena o manipula productos en una cámara frigorífica aporta calor, sobre todo si realiza un trabajo intenso.

$$QP4 = (q \cdot n \cdot t)/24$$

- q, calor emitido por persona (W).
- n, es el número de personas.
- t, tiempo de permanencia en horas/día

El calor emitido por persona aumenta a medida que disminuye la temperatura, como se puede apreciar en la Tabla 7:

Tabla 6

Temperatura de la cámara (°C)	Potencia liberada por persona (W)
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390
-25	420

Existirá una persona en la cámara durante 2 horas máximo, tiempo de funcionamiento del elevador eléctrico. Siendo este también el tiempo que se mantendrán encendidas las bombillas.

La potencia que desprende una persona a 5°C, según la tabla arriba, es de 240W.

$$QP4 = \frac{(240W \times 1 \text{ persona} \times 2 \text{ hora/día})}{24 \text{ horas/día}} = 20W$$

$$QP4 = 17,2Kcal/h$$

4.9 Calor liberado por la iluminación.

Las lámparas de incandescencia invierten una parte de la potencia consumida en producir calor. Los fluorescentes, a causa de la potencia reactiva, producen un 30% más, por lo que no suelen utilizarse. Si no se sabe con precisión la potencia eléctrica dedicada a la iluminación, ésta puede determinarse según criterios estandarizados. Lo usual es prever dos niveles de iluminación diferentes para zona de almacenaje y zona de trabajo, en el caso de que hubiese dos zonas. Estos valores son respectivamente, de 12 y 27 W/m².

$$QP5 = N \text{ iluminación} \cdot t/24 \cdot (f)$$

- N, potencia de iluminación en W.
- t, tiempo de funcionamiento de la iluminación en horas.
- f, si la iluminación es mediante fluorescentes debe multiplicarse por 1,25.

Tomaremos como valor de intensidad lumínica (i)= 12 W/m², y un tipo de luces no fluorescentes. Consideraremos que las luces estarán encendidas un máximo de 2 horas al día. Por lo tanto, la potencia y la carga térmica de iluminación será:

$$N \text{ iluminación} = i \cdot St = 12 \frac{W}{m^2} \times 160m^2 = 1920W$$

$$QP5 = \frac{1920W \cdot 2 \text{ horas/día}}{24 \text{ horas/día}} = 160W$$

$$QP5 = 137,6 \text{ Kcal/h}$$

En concepto de calor aportado por otras fuentes, tendremos:

$$Q_{\text{otros}} = QP1 + QP2 + QP3 + QP4 + QP5$$

$$Q_{\text{otros}} = (3116 + 655,5 + 246,5 + 17,2 + 137,6) \text{ kcal/h}$$

$$Q_{\text{otros}} = 3796 \text{ Kcal/h}$$

4.10 Conservación del producto.

Esta partida contempla el enfriamiento del producto desde la temperatura de entrada en la cámara hasta la temperatura final.

La expresión a utilizar es la siguiente:

$$Qu1 = Cp \cdot m \cdot (Te - Tf)$$

- Cp, calor específico por encima del punto de congelación expresado en Kcal/(Kg °C).
- m, masa diaria de mercancía introducida en Kg/día.
- Te, la temperatura del producto al entrar en la cámara en °C.
- Tf, la temperatura del producto al final del enfriamiento en °C, esta temperatura será superior a la de congelación.

$$Qu1 = 0,25 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} \cdot 5000 \text{ kg/día} \cdot (32,4^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C})$$

$$Qu1 = 1427,1 \text{ Kcal/h}$$

4.11 Calor de respiración del producto.

Para nueces con cáscara, el calor de respiración se lo considera despreciable.

$$Qu2 = 0 \text{ Kcal/h}$$

4.12 Refrigeración del embalaje.

Esta partida contabiliza el frío empleado en reducir la temperatura del envase en que se almacena el producto.

El embalaje del producto debe tenerse en cuenta especialmente cuando constituye una parte importante de la mercancía. La expresión que nos permite calcular esta partida es:

$$Qu3 = Cp \text{ bin. } m \text{ bin. } (Te - Tf)$$

- Cp bin, calor específico del material o del embalaje en KCal/Kg°C.
- m bin, masa del embalaje en Kg.

$$Qu3 = 0,454 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} \cdot 600 \text{ kg/dia. } (32,4^\circ\text{C} - 5)$$

$$Qu3 = 311,0 \text{ Kcal/h}$$

En concepto de calor de producto tendremos:

$$\begin{aligned} Q_{\text{producto}} &= Qu1 + Qu2 + Qu3 \\ Q_{\text{producto}} &= (1427,1 + 0 + 311,0) \text{ Kcal/h} \\ Q_{\text{producto}} &= 1738 \text{ Kcal/h} \end{aligned}$$

4.13 Carga de refrigeración total.

La carga total Q_{total} será:

$$\begin{aligned} Q_{\text{total}} &= Q_{\text{producto}} + Q_{\text{otros}} \\ Q_{\text{total}} &= 1738 \text{ kcal/h} + 3796 \text{ kcal/h} \\ Q_{\text{total}} &= 5534 \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

A continuación, le aplicaremos a Q_{total} un factor de seguridad:

$$Q_{\text{total}} = 1,10 * 5534 \text{ kcal/h} = 6086,9 \text{ kcal/h}$$

Considerando que el evaporador funcionará 18 horas al día, la potencia de la máquina debe ser:

$$Pf = Q_{\text{total}} \cdot \frac{24}{t}$$

$$Pf = 6086,9 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \cdot \frac{24}{18} = 8115,9 \text{ Kcal/h}$$

En la Tabla 8 quedan presentados los resultados obtenidos para las diferentes cargas térmicas, así como las totales. El último valor de la tabla nos dará la potencia frigorífica total de la instalación y nos da idea de la cantidad de calor que tiene que retirar el evaporador o evaporadores de los recintos refrigerados.

Tabla 7

Perdidas de calor	Símbolo	Carga térmica (Kcal/h)	% del Q total
Calor a través de los cerramientos	QP1	2609	47,2
Calor aire exterior cámara	QP2	784,9	14,2
Calor de ventiladores y motores	QP3	246,5	4,5
Calor liberado por las personas	QP4	17,2	0,3
Calor liberado por la iluminación	QP5	137,6	2,5
Calor otras fuentes	Q otros	3795,5	
Calor de conservación producto	Qu1	1427,1	25,8
Calor de respiración producto	Qu2	0,0	0,0
Refrigeración del embalaje	Qu3	311,0	5,6
Calor producto	Q producto	1738,1	
Calor total (aplicado factor de seg 10%)	Qtotal	6086,9	
Potencia necesaria para la C1	Pf	8115,9	
	Pf	33893,7	KJ/h
		9,4	KW

5. SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

5.1 Introducción

Partiendo de las condiciones de funcionamiento, el refrigerante que se va a usar y de la potencia frigorífica de la instalación (obtenida del cuadro de cargas térmicas), se pueda seleccionar, de los catálogos de los fabricantes, el compresor, el evaporador, el condensador y la válvula de expansión, que permitan desarrollar las condiciones de conservación adecuadas, un funcionamiento correcto de la instalación y un elevado rendimiento de la misma.

5.2 Selección del refrigerante

Se busca un refrigerante “ecológico” para nuestra aplicación.

→ Seleccionamos el refrigerante Necton R-134a de la marca FIASA (Frio Industrias Argentinas S.A).



Figura 11

Características principales:

- Es un refrigerante de alta seguridad, clasificado por la UL y ASHRAE como A1/A1, es decir, no tóxico y no inflamable.
- Conceptualmente, el R-134a es un refrigerante muy parecido al R-12, pero sin cloro y, por lo tanto, “ecológico”.
- El R-134a puede cargarse tanto en fase líquida como vapor, ya que es un gas puro, no es una mezcla.
- El R-134a presenta presiones de condensación muy inferiores al R-22, lo cual, unido a su temperatura crítica (101°C) lo convierte en la mejor elección para aplicaciones con altas temperaturas de condensación.
- Por otro lado, el R-134a presenta un COP (coeficiente de rendimiento) similares e incluso superiores al R-22 en medio y alta vaporización. Es, por lo tanto, el mejor refrigerante HFC desde el punto de vista del ahorro energético.
- Para la misma potencia frigorífica, el R-134a necesita compresores de mayor desplazamiento volumétrico que el R-22. Sin embargo, la potencia absorbida por el R-134a es igual o inferior a la del R-22.

Abajo queda representado un cuadro con las principales características:

<p>Beneficios</p> <ul style="list-style-type: none"> No daña la capa de ozono Baja toxicidad No inflamable Fácil de usar 	<p>Formula química</p> <p>$C F_3 C H_2 F$</p>
<p>Presentaciones</p> <p>Dac's descartable x 13,6 kg</p> <p>Latas x 750 grs.</p>	
<p>Aplicaciones</p> <p>El R-134a es utilizado por la mayoría de fabricantes de equipos, debido a su excelente eficacia, como sustituto a largo plazo del R-12 en aplicaciones tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aparatos de aire acondicionados - Aires acondicionados industriales (grupo de refrigeración rápida) - Refrigeración doméstica - Refrigeración comercial y de transporte 	

Figura 12

[\(Ver catalogo en apartado de anexos\).](#)

5.3 Condiciones de funcionamiento de la instalación

En este punto se trata de determinar las condiciones en las que debe funcionar la instalación para que esta trabaje de forma adecuada en el lugar donde va a estar ubicada, que el producto se conserve el tiempo previsto manteniendo su calidad y además se mantenga un elevado rendimiento y ahorro de energía durante la vida útil de la misma.

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 27 de 54
--	---------	---------	-----------------

Las condiciones de funcionamiento que queremos determinar son:

- la temperatura – presión de condensación (T_k , P_k)
- la temperatura – presión evaporación (T_o , P_o)
- la relación de compresión (τ)

5.3.1 Temperatura y presión de condensación (T_k y P_k).

Como sabemos el condensador es un intercambiador de calor, es decir es un soporte a través del cual dos fluidos intercambian calor sin mezclarse. En este caso su función es hacer que el fluido refrigerante que circula por su interior pierda calor y condense. Para ello es preciso que por el exterior circule un fluido refrigerador, que puede ser aire o agua, que sea el encargado de robar el calor del fluido refrigerante.

Para que se produzca este paso de calor desde el interior al exterior es necesario que el fluido refrigerante se encuentre a mayor temperatura que el agua o el aire.

A la hora de determinar la temperatura de condensación T_k es preciso tener en cuenta el denominado salto térmico en el condensador (DT), que es la diferencia entre la temperatura de condensación (T_k) y la que tiene el fluido refrigerador a la entrada del condensador.

En condensadores de aire, para que la transferencia de calor sea rápida y este elemento tenga unas dimensiones adecuadas, la temperatura de condensación debe ser entre 10 – 20 °C más elevada que la temperatura del aire de entrada (T_{ae}), aunque lo más frecuente es tomar $DT = 15$ °C.

En la Tabla 9 podemos ver lo anterior resumido:

Tabla 8

Condensador	DT	T_k
Aire	10 – 20°C	$T_{ae}^* + 15$

* T_{ae} : Temperatura del aire a la entrada del condensador (temperatura seca máxima que se da en verano)

De la Figura 2 del [Apartado 3.1.2](#) en la página 4, obtenemos que la temperatura seca máxima en verano es de $T_{ae}=42,4$ °C.

Por lo tanto:

$$T_k = T_{ae} + 15^\circ C$$

$$T_k = 42,4^\circ C + 15^\circ C = 57,4^\circ C$$

Conocida la temperatura de condensación T_k , obtenemos la presión de condensación (P_k) de las tablas de Temperatura-Presión para el refrigerante R-134a.

A partir de $T_k=57,4$ °C obtenemos:

- Para $T_k=56$ °C \rightarrow $P_k=1529$ Kpa
- Para $T_k=58$ °C \rightarrow $P_k=1604,5$ Kpa

Interpolando obtenemos que:

$$P_k = 1581,5 \text{ KPa} = \mathbf{15,82 \text{ bar}}$$

5.3.2 Temperatura y presión de evaporación (T_o y P_o).

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 28 de 54
--	---------	---------	-----------------

Uno de los factores más importantes a tener en cuenta para determinar la temperatura de evaporación (T_o) es lo que se denomina salto térmico en el evaporador (DT).

DT se define como la diferencia entre la temperatura del aire que entra al evaporador y la temperatura de evaporación del refrigerante (T_o). La temperatura a la que entra el aire al evaporador suele considerarse igual a la temperatura de cámara o de conservación del producto (T_c), por lo tanto se puede decir que:

$$DT = T_c - T_o$$

Durante el proceso de cálculo de un evaporador, al definir una temperatura de evaporación de la máquina frigorífica, estamos marcando la diferencia de temperatura con la que trabajará el evaporador, es decir, el DT .

DT es un parámetro muy importante y es imprescindible tenerlo en cuenta en el diseño de una instalación frigorífica ya que influye de manera decisiva en dos factores de la instalación, que son:

- La humedad relativa que se desarrolla en el interior de la cámara frigorífica.
- El tamaño del evaporador o superficie del evaporador.

En cuanto a la humedad relativa, se ha comprobado que a medida que aumenta DT el evaporador “roba” más agua del ambiente de la cámara, eso se traduce en que en el interior de esta se desarrollan humedades relativas bajas y la desecación del producto refrigerado es mayor. Por el contrario, si DT es pequeña, el efecto será el inverso.

En cuanto al tamaño del evaporador, para ver el efecto del DT sobre el mismo, debemos fijarnos en la expresión que rige la transmisión global de calor en un evaporador:

$$Q = K \cdot S \cdot DT$$

- S : superficie del evaporador
- K : coeficiente global de transmisión de calor
- DT : salto térmico en el evaporador

Si de esta expresión despejamos la superficie:

$$S = \frac{Q}{K \cdot DT}$$

De aquí se deduce que trabajando con un DT elevado, el evaporador que obtendremos será de menor superficie y por lo tanto más pequeño y barato.

De lo dicho anteriormente se deduce que, instalaciones que requieren trabajar con humedades relativas altas, requieren un DT elevado lo que conlleva evaporadores de mayor tamaño y por lo tanto más costoso. Se hace necesario pues, encontrar en cada caso un DT de equilibrio que permita conservar el producto adecuadamente pero con el que se obtengan evaporadores del menor tamaño posible.

Para nuestra aplicación, donde requiere una humedad relativa baja (65-70%), podremos trabajar con DT elevadas.

Podemos seleccionar DT en función de la Humedad relativa que requiera el producto y del tipo de evaporador (convección natural o forzada). Cada fabricante de evaporadores tiene sus gráficas propias.

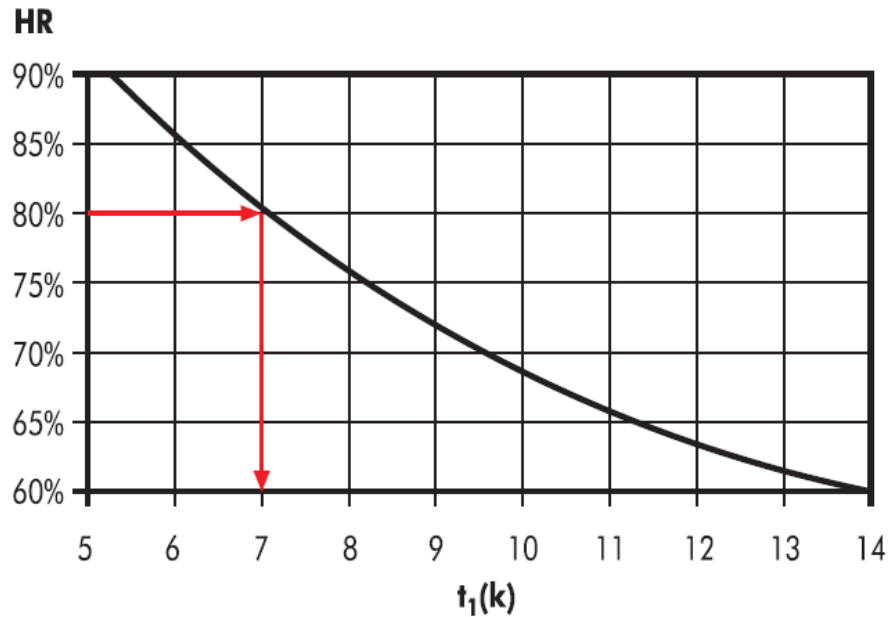


Figura 13

Obtenemos de la *Figura 11* del fabricante FRIMETAL (<http://www.frimetal.es>), que para un evaporador forzado, el DT debe estar entre 9,5°C (Hrel 70%) y 11,3°C (Hrel 65%).

- Para obtener mayor ahorro de energía adoptamos un DT= 10.

Una vez averiguado DT y con el dato de temperatura de conservación del producto, podemos determinar la temperatura de evaporación (To) de la instalación:

$$T_o = T_c - DT$$

$$T_o = 5^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = -5^{\circ}\text{C}$$

- To: tª de evaporación.
- Tc: tª de conservación del producto o temperatura de la cámara.
- DT: salto térmico en el evaporador

De la tabla de Temperatura –Presión para el refrigerante R-134a podemos obtener la presión absoluta (Po).

A partir de To= -5°C obtenemos:

- Para To= -5°C → **Po=243,5 Kpa=2,44bar**

5.3.3 Relación de compresión (τ).

Se puede definir como el cociente entre la presión absoluta de condensación y la presión absoluta de evaporación.

$$\tau = \frac{P_k}{P_o}$$

Es un parámetro importante, sobre todo en compresores de pistón, ya que a medida que aumenta la relación de compresión, su rendimiento volumétrico es cada vez más pequeño, por lo tanto disminuye

el caudal de refrigerante que es capaz de mover y con ello la potencia su frigorífica. Además está muy relacionado con el ahorro de energía en las instalaciones frigoríficas.

Es imprescindible trabajar con relaciones de compresión lo más bajas posible, de esa forma no solo mejora el rendimiento volumétrico del compresor, sino que además ahorraremos energía y aumentará el COP de la instalación.

5.4 Trazado del ciclo frigorífico de la instalación

Una vez conocidas las condiciones de funcionamiento (T_k , T_o), trazamos el ciclo frigorífico sobre el diagrama presión – entalpía del gas refrigerante R143A. El objetivo del trazado es obtener los datos de entalpía, temperatura, presión y volumen específico de cada uno de los puntos característicos del diagrama, necesarios para acometer los cálculos.

A parte de T_k y P_k , necesitamos conocer otros datos importantes del funcionamiento de la instalación, estos son: el recalentamiento útil, recalentamiento total, subenfriamiento total. El estado del refrigerante a la salida del evaporador es de vapor recalentado.

El recalentamiento del gas de aspiración evita que se formen gotas en la aspiración, que harían perjudicar el rendimiento del compresor.

Respecto a la producción frigorífica, este aumento de temperatura del gas no repercute en su contra, dado que el recalentamiento se ejecuta fuera del recinto a refrigerar.

Si suponemos que el recalentamiento útil es de 10°C y el total de 15°C , y el sub-enfriamiento total es de 10°C . El ciclo trazado en el diagrama de Mollier (Presión-Entalpía), para el refrigerante R-134a, nos queda:

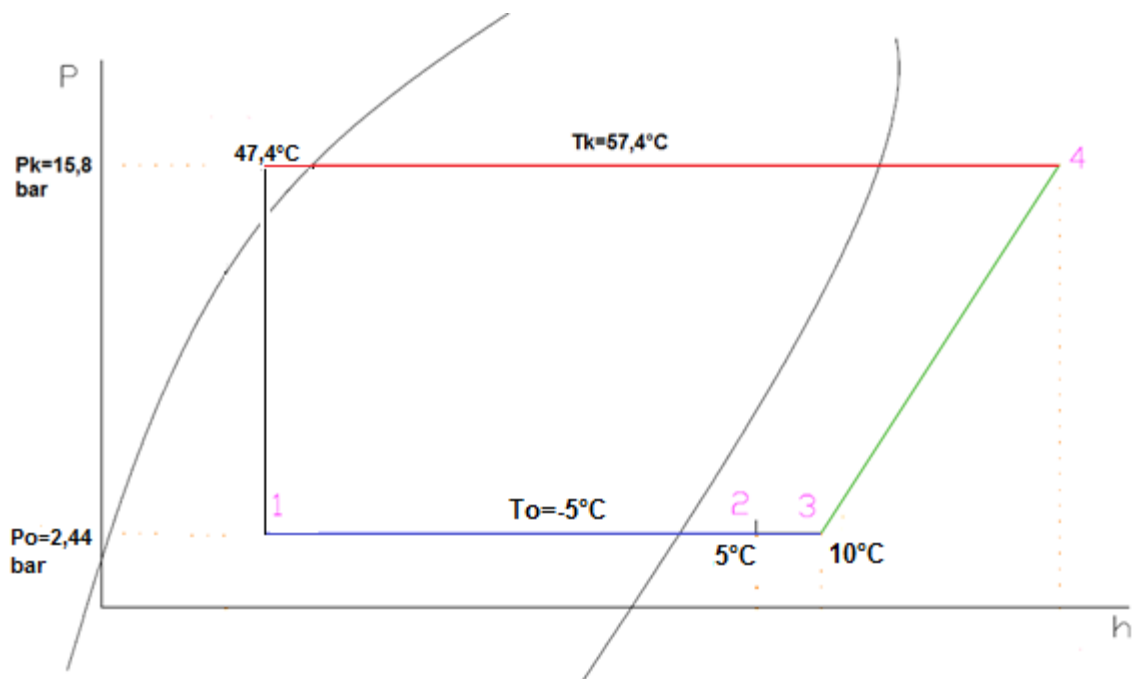


Figura 14

Representación del circuito frigorífico:

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 31 de 54
--	---------	---------	-----------------

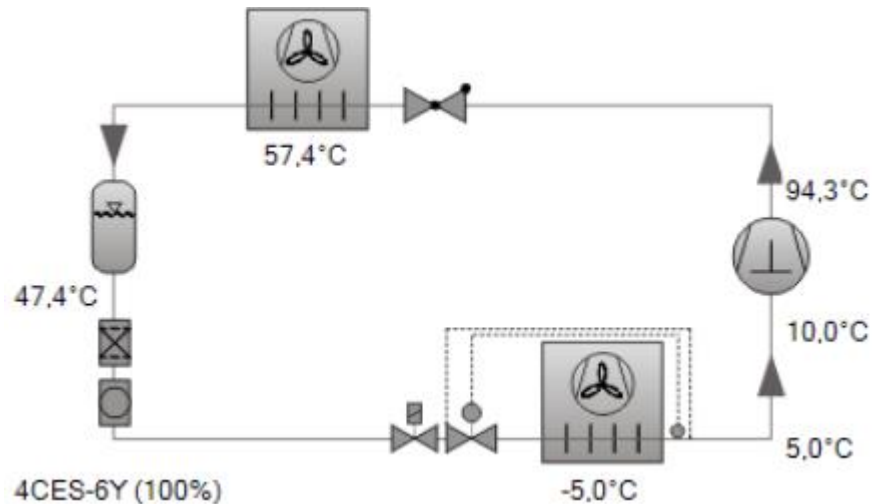


Figura 15

De las Tablas 3.10/3.11/3.12 obtenidas de Entalpía, Entropía y Volumen específico del líquido subenfriado y vapor sobrecalentado para el R-134a, obtenemos por interpolación los siguientes datos:

Tabla 9

Punto	Temperatura (°C)	Entalpía (KJ/Kg)	Vesp (m3/kg)	Entropía(KJ/kg.K)
2	5	404,35	0,08685	1,7615
3	10	408,7	0,0889	1,777
4	78,1	449,55	0,0144	1,777
1	-5	267,55		

([Ver tablas en apartado de anexos](#)).

5.5 COMPRESOR

5.5.1 Introducción

El compresor es el elemento activo del circuito de refrigeración. Cumple dos funciones: reducir la presión en el evaporador hasta que el líquido refrigerante evapora a la temperatura fijada, y mantiene esta presión retirando los vapores y elevando la temperatura del medio condensado.

Por lo tanto, el trabajo del compresor consiste en aspirar los vapores del fluido refrigerante, comprimirlos y descargarlos en el condensador.

El compresor es el primero que debe determinarse. El resto de los elementos de la instalación, especialmente el evaporador, se deben seleccionar en función de las características de este. Es imprescindible que se proceda de esta forma para evitar que la instalación quede descompensada y pueda dar problemas de funcionamiento.

5.5.2 Cálculo del compresor

En primer lugar hay que tener claro los datos que debemos conocer del compresor para posteriormente poder seleccionarlo de los catálogos. Los más importantes a tener en cuenta son:

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 32 de 54
--	---------	---------	-----------------

- El **volumen barrido (Vb)**: uno de los datos más importantes a averiguar es el volumen de refrigerante que debe mover nuestro compresor para que proporcione la potencia frigorífica necesaria. A este volumen se le denomina volumen barrido.
- El **rango de temperaturas** en el que va a trabajar (congelación o conservación), ya que hay compresores que están diseñados para trabajar a bajas temperaturas, otros a temperaturas medias y otros a altas.
- Si se va a optar por un compresor individual, por una central de compresores en paralelo o compresión en varias etapas, buscando siempre el mayor ahorro de energía y la mejor adaptación de la producción frigorífica a las cargas térmicas en cada momento.
- El **tipo de compresor**: hermético, semihermético, abierto, alternativo, rotativo, de tornillo, scroll, etc. según la aplicación prevista.

La *Tabla 11* que proporciona el fabricante, nos da una idea del compresor que debemos utilizar según la aplicación:

Tabla 10

Selección de compresores			
Baja temperatura		Media temperatura	
Pot \leq 10 Cv	Pot $>$ 10 Cv	Pot \leq 20 Cv	Pot $>$ 20 Cv
Pistón	Tornillo	Rotativo/Pistón	Tornillo

5.5.2.1 Cálculo del volumen barrido (Vb).

Para el cálculo del volumen barrido es necesario conocer:

- Los valores de entalpía de los puntos característicos de la instalación, datos que hemos obtenido al trazar el ciclo frigorífico de la misma.
- El volumen específico del refrigerante en el punto de aspiración.
- Potencia frigorífica de la instalación (Pf).

Con los datos que tenemos del trazado del ciclo sobre el diagrama P – h del R134a, resumimos los valores en la *Tabla 12*:

Tabla 11

Punto	Temperatura (°C)	Entalpía (KJ/Kg)	Vesp (m ³ /kg)	Presión (bar)
2	5	404,35	0,08685	2,44
3	10	408,7	0,0889	2,44
4	78,1	449,55	0,0144	15,83
1	-5	267,55	0,0424	2,44

Para averiguar el volumen barrido seguiremos los siguientes pasos:

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 33 de 54
--	---------	---------	-----------------

a) Producción frigorífica específica neta (q_{om}):

También llamado efecto refrigerante por unidad de masa. Representa la cantidad de calor que se capta en el evaporador por cada Kg de refrigerante que circula por él. Es la diferencia de entalpías entre los puntos de salida y entrada del refrigerante al evaporador, es decir, los puntos 2 y 1 del ciclo trazado en el diagrama p-h:

$$q_{om} = h_2 - h_1$$

Como vemos, en el cálculo del q_{om} se incluye el recalentamiento útil ya que es calor que se capta dentro del recinto refrigerado.

En nuestra instalación:

$$q_{om} = \frac{(404,35 - 267,55)KJ}{kg} = 136,8 \frac{KJ}{Kg}$$

b) Caudal másico de refrigerante (C_m):

Es la cantidad de refrigerante (Kg/hora) que debe circular por el evaporador para producir la potencia frigorífica que se necesita. El responsable de hacer circular esa cantidad de refrigerante es el compresor y debe tener unas dimensiones adecuadas para ello. El caudal másico (C_m) es el cociente entre la potencia frigorífica de la instalación (P_f), que se obtuvo del cálculo de las cargas térmicas y la producción frigorífica específica (q_{om}).

$$C_m = \frac{P_f \left(\frac{KJ}{h} \right)}{q_{om} \left(\frac{KJ}{kg} \right)}$$

De la *Tabla 8* del [Apartado 4.13](#), obtuvimos que la potencia frigorífica necesaria es, $P_f=8064,9Kcal/kg$, que equivalen a $33893,7KJ/h$, entonces:

$$C_m = \frac{33893,7 \left(\frac{KJ}{h} \right)}{136,8 \left(\frac{KJ}{kg} \right)} = 247,8 kg/h$$

c) Volumen de refrigerante aspirado por el compresor (V_a):

En el punto anterior hemos calculado el caudal másico que debe circular por la instalación. Sin embargo el compresor es una máquina volumétrica y por lo tanto para poder seleccionarlo, necesitamos conocer los $m^3/hora$ de refrigerante que deben mover en las condiciones de funcionamiento.

El caudal volumétrico que aspira el compresor depende del volumen específico que tenga el gas en el punto de aspiración (punto 3 del diagrama). Cuanto mayor es el volumen específico del gas mucho peor para la instalación ya que el compresor debería tener más cilindrada para mover el mismo caudal másico de refrigerante. Uno de los fenómenos que más influye en el aumento del volumen específico es el recalentamiento. A medida que aumenta este, también lo hace el volumen específico del gas aspirado y esto implica que el compresor debe tener mayor cilindrada para poder generar la misma producción frigorífica.

Para conocer el volumen aspirado (V_a), debemos tomar el dato del volumen específico del vapor en el punto de aspiración (punto 3). Tenemos entonces que;

$$V_a \text{ (m}^3\text{/h)} = C_m \text{ (Kg/h)} \cdot V_{esp} \text{ (m}^3\text{/Kg)}$$

$$V_a = 247,8 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot 0,0889 \frac{\text{m}^3}{\text{Kg}} = 22,0 \text{ m}^3\text{/h}$$

d) Volumen barrido (V_b):

También denominado volumen desplazado, se puede definir como el volumen de refrigerante que el compresor es capaz de mover en la unidad de tiempo. Depende de las características constructivas del compresor, es decir, de la capacidad de sus cilindros (cilindrada) y de la velocidad de giro del motor. Es por lo tanto, el caudal teórico que podría mover el compresor. Este dato es el que aparece en los catálogos de los fabricantes y es con el que se debe seleccionar el compresor.

$$V_b \text{ (m}^3\text{/h)} = C \cdot N \cdot 0,06$$

- C: cilindrada en dm³
- N: velocidad de giro del motor en r.p.m.

Sin embargo el rendimiento volumétrico (η_v) de los compresores no es del 100%, debido a ello, mueven menos volumen de refrigerante del que teóricamente podrían mover por la capacidad de sus cilindros.

Por lo tanto es necesario colocar un compresor de mayor tamaño, que aspire un volumen teórico V_b , para que en la realidad sea capaz de aspirar el volumen de refrigerante V_a que llega al punto de aspiración.

El rendimiento volumétrico viene dado por la expresión; $\eta_v = V_a/V_b$. De ella podemos obtener el volumen barrido:

$$V_b = V_a/\eta_v$$

El η_v está muy influenciado por la relación de compresión (τ), sobre todo en los compresores de pistón, de forma que a medida que aumenta (τ) disminuye el rendimiento volumétrico y por lo tanto es peor para la instalación.

Existe una expresión que nos permite calcular de manera aproximada el rendimiento volumétrico, a partir de τ .

$$\eta_v = 1 - 0,05 * \tau$$

De la expresión obtenida en el [Apartado 5.3.3](#), tenemos que la relación de compresión viene dada por:

$$\tau = \frac{P_k}{P_o} = \frac{15,82}{2,44} = 6,48$$

Por lo tanto el rendimiento volumétrico de nuestro compresor será:

$$\eta_v = 1 - 0,05 * 6,48;$$

$$\eta_v = 0,68$$

El volumen barrido que debe tener para aspirar un $V_a = 22,0 \text{ m}^3\text{/h}$.

$$Vb = \frac{22,0 \text{ m}^3/h}{0,68} = 32,4 \text{ m}^3/h$$

Es decir para hacer circular 25,7 m³/h en la instalación, el compresor debe ser capaz de mover 32,4 m³/h.

5.5.2.2 Otros datos.

En este punto vamos a tratar de obtener otras características del compresor con los datos que hemos deducido del estudio del ciclo frigorífico de la instalación. Podrían servirnos para su selección, pero dado que no conocemos de forma exacta los rendimientos indicado, mecánico y eléctrico, los datos que se obtienen no son muy exactos y se suelen tomar de los catálogos una vez elegido el compresor que necesitamos.

e) Potencia teórica para la compresión (Pt):

Para poder determinarla debemos conocer el equivalente calórico del trabajo de compresión (qcm), que se calcula por la diferencia de entalpías entre la descarga del compresor y la aspiración.

$$qcm \text{ (KJ/Kg)} = (h_4 - h_3)$$

$$qcm = (449,55 - 408,7) \text{ KJ/kg} = 40,85 \text{ KJ/kg}$$

esto es por cada Kilogramo de refrigerante, como conocemos el caudal másico de refrigerante que circula por el circuito (Cm), la potencia teórica que debe tener el compresor será:

$$Pt = qcm \text{ (Kj/Kg)} \cdot Cm \text{ (Kg/h)}$$

$$Pt = \frac{40,85 \text{ KJ}}{\text{Kg}} * \frac{247,8 \text{ Kg}}{\text{h}} = \frac{11826,1 \text{ KJ}}{\text{h}} = 2,81 \text{ KW}$$

f) Potencia real para la compresión:

En teoría el proceso de compresión se produce a entropía constante, si embargo en realidad no es así. Esto conduce a que la temperatura de descarga así como la potencia absorbida sean mayores.

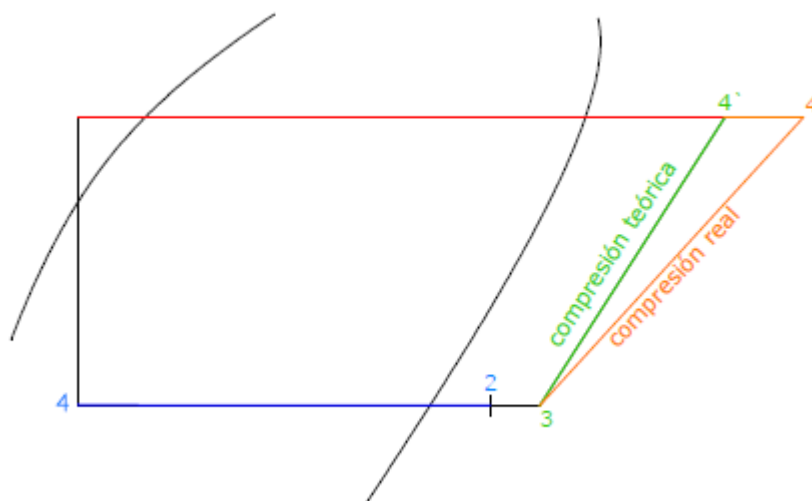


Figura 16

De lo anterior se deduce que el rendimiento termodinámico del compresor, también llamado rendimiento indicado (η_i), no es nunca del 100%. Por lo que la potencia que debe tener el compresor en la realidad para realizar este trabajo debe ser un poco mayor.

Nota:

Rendimiento indicado: $\eta_i = (h_4' - h_3) / (h_4 - h_3)$.

Se puede considerar que el rendimiento indicado es bastante aproximado al rendimiento volumétrico. $\eta_i \simeq \eta_v$, calculado anteriormente.

La potencia real para la compresión será entonces:

$$Pr(KJ/h) = Pt/\eta_i$$

$$Pr\left(\frac{KJ}{h}\right) = \frac{10121,0KJ/h}{0,68} = 14883,9KJ/h$$

$$Pr(KW) = 4,1KW$$

g) Potencia del motor eléctrico del compresor (P):

Es aquella que debe tener el motor eléctrico para que el compresor que arrastra proporcione la potencia frigorífica prevista. Si eligiéramos el motor con la potencia teórica nos quedaríamos cortos y no sería capaz de hacer funcionar la instalación de acuerdo a lo previsto. Esto es así porque existen una serie de pérdidas, que hacen que el rendimiento del motor no sea del 100%. Las pérdidas más importantes a tener en cuenta son:

- Pérdidas mecánicas:

En todos los compresores hay pérdidas mecánicas ocasionadas por rozamientos internos entre piezas, transmisiones, etc. que hacen que el rendimiento mecánico (η_m) no sea del 100%. El rendimiento mecánico lo debe dar el fabricante y está en torno al 85 – 90 %, es decir;

$$\eta_m = 0,85 - 0,9$$

- Pérdidas eléctricas:

Los motores eléctricos también tienen pequeñas pérdidas y por lo tanto su rendimiento, aunque es alto, no es del 100%. El rendimiento de un motor eléctrico (η_e) suele estar en torno al 95 %, por lo que $\eta_e = 0,95$, aunque lo debe dar el fabricante.

Conociendo estas pérdidas podemos determinar la potencia que debe tener el motor eléctrico que mueve el compresor:

$$P = \frac{Pr}{\eta_m * \eta_e}$$

- P: potencia del motor eléctrico

El motor eléctrico que incorpora nuestro compresor debe tener una potencia de:

$$P = \frac{4,1KW}{0,85 * 0,95} = 5,12KW$$

5.5.3 Selección del Compresor

Adoptamos para la selección del compresor, la marca alemana [Bitzer](#), que es una de las más importantes fabricantes de compresores a nivel internacional. Este fabricante pone a nuestra disposición un programa informático ([Bitzer software versión 5.2](#)) para así facilitar la selección del compresor.

Como guía para la selección del compresor nos basamos en la *Tabla 11* que proporciona el fabricante en el [Apartado 5.5.2](#), donde indica que para potencias menores a 20CV, el compresor deberá ser del tipo alternativo.

Datos para la selección del compresor.

Tabla 12


Fluid frigorífico.	R-134a
Potencia frigorífica.	9,42 KW
Temperatura de evaporación	-5 °C
Temperatura de condensación	57,4 °C
Recalentamiento útil aspiración	10 °C
Caudal másico de refrigerante	247,8 kg/h
Volumen barrido.	32,4 m ³ /h

Para cubrir las necesidades de cada una de las cámaras (C1 y C2);

- **Seleccionamos dos compresores de pistones semi-herméticos de la marca Bitzer, Modelo 4CES-6Y-40S de la línea ECOLINE con regulación de capacidad 100-10%.**

Características del compresor seleccionado:

Tabla 13

4CES-6Y-40S	
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	10,95 kW
Potencia en el evap.	10,61 kW
Potencia absorbida	4,90 kW
Corriente (400V)	9,41 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	15,85 kW
COP/EER	2,16
COP/EER *	2,04
Caudal másico	281 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	94,3 °C

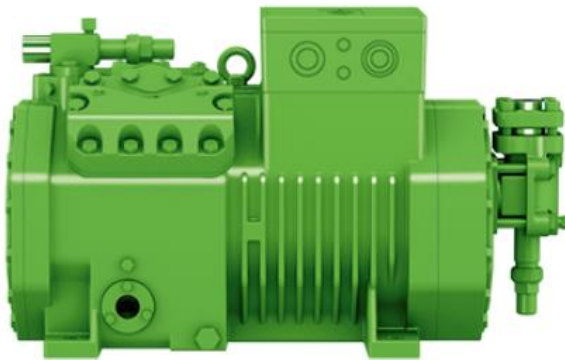


Figura 17

Con los datos que obtenemos del catálogo comprobaremos que la potencia frigorífica es suficiente con nuestras condiciones de funcionamiento (-4,5/+57,4), para ello procedemos de forma inversa a como hemos calculado el volumen barrido (V_b), es decir, partiendo del volumen barrido del compresor que hemos elegido, determinaremos la potencia frigorífica que produce en nuestras condiciones de funcionamiento:

El volumen barrido del **modelo 4CES-6Y-40S** es $V_b = 32,48 \text{ m}^3/\text{h}$. El rendimiento volumétrico de nuestra instalación es de $\eta_v = 0,68$; por lo que:

$$V_a = V_b * \eta_v; V_a = 32,48 * 0,68 = 22,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

El volumen específico en el punto de aspiración (3) era de $V_{esp} = 0,0889 \text{ m}^3/\text{Kg}$; con lo que el caudal másico de refrigerante que mueve el compresor será de:

$$C_m = V_a / V_{esp} = 22,1 / 0,0889; C_m = 248,6 \text{ Kg}/\text{h}$$

Conociendo el caudal másico y la producción frigorífica específica podemos determinar la potencia frigorífica que nos proporcionará el compresor modelo 4TES-9Y-40P en nuestras condiciones de funcionamiento:

$$P_f = C_m * q_{om} = 248,6 \text{ Kg}/\text{h} * 136,8 \text{ KJ}/\text{Kg} = 34007,6 \text{ KJ}/\text{h};$$

$$P_f = 9,5 \text{ KW}$$

Lo que implica que **el modelo 4TES-9Y-40P es válido** ya que nos brinda un poco más de potencia de la que necesitamos. Hecho a tener en cuenta en el cálculo del evaporador.

Tabla 14

Informaciones técnicas	
Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz)	32,48 m ³ /h
Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz)	39,20 m ³ /h
Nº de cilindros x diámetro x carrera	4 x 55 mm x 39,3 mm
Peso	90,5 kg
Presión máxima (BP/AP)	19 / 32bar
Conexión línea aspiración	28 mm - 1 1/8"
Conexión línea descarga	22 mm - 7/8"
Tipo de aceite	BSE32(Standard) / R134a $t_c > 70^\circ\text{C}$: BSE55
R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F	(Option)

Aceite para R22 (R12/R502)	B5.2 (Option)
Informaciones motor	
Versión del motor	2
Tensión del motor (otro bajo demanda)	380-420V -50Hz
Intensidad máxima en funcionamiento	17.7 A
Intensidad en arranque (rotor bloqueado)	82.4 A
Potencia máx. absorbida	9,7 kW
Estándar de entrega	
Protección motor	SE-B1
Clase de protección	IP65
Antivibradores	Standard
Carga de aceite	2,00 dm ³
Opciones disponibles	
Sensor de temperatura del gas comprimido	Option
Regulación de capacidad	100-50% (Option)
Regulación de capacidad - en continuo	100-10% (Option)

SEASONAL EFFICIENCY AND TEMPERATURE DISTRIBUTION

La serie ECOLINE ofrece como adicional un sistema de regulación de capacidad (100-10%) mediante un inversor de frecuencia integrado. Lo cual incorporaremos en nuestro sistema. Abajo se muestra el aumento de rendimiento del compresor con el sistema incorporado a diferencia del estándar.

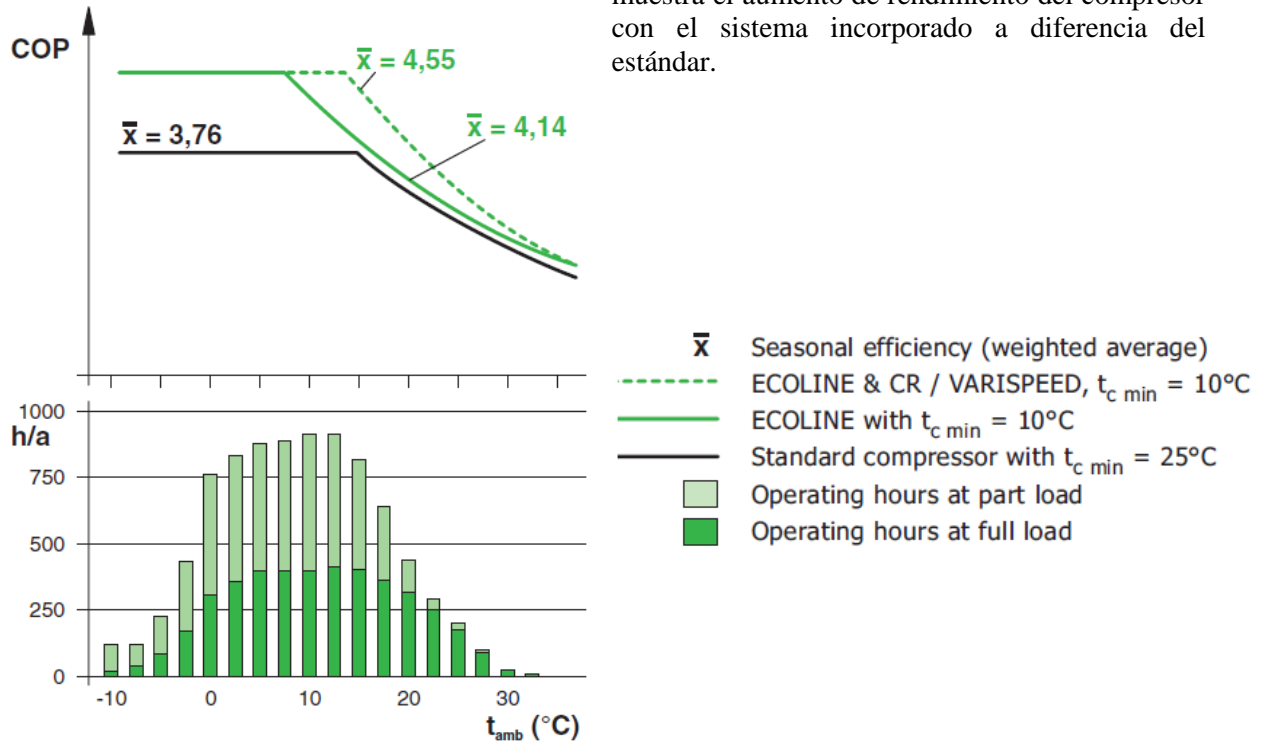


Figura 18

5.6 EVAPORADOR

5.6.1 Introducción

El evaporador es un intercambiador de calor que tiene la capacidad necesaria para conseguir la temperatura deseada en el recinto a enfriar.

La misión principal del evaporador es asegurar la transmisión de calor desde el medio que se enfría hasta el fluido frigorígeno. El refrigerante líquido, para evaporarse, necesita absorber calor y, por lo tanto, produce frío.

Son varios los tipos de evaporadores existentes en el mercado, motivo por el cual, haremos una pequeña descripción de los tipos de evaporadores existentes.

Tabla 15

Clasificación.	Tipo.
Según el método de alimentación del líquido.	Inundado. Semi inundado. Dry-ex o seco
Según su construcción.	De tubos lisos. De placas. De tubos con aletas.
Según la circulación del aire.	Convección natural. Convección forzada.
Según el sistema de desescarche	Por aire Por agua Por resistencias eléctricas. Por gas caliente.

5.6.2 Factores a tener en cuenta

Para la selección de un evaporador, hay que tener en cuenta multitud de factores, alguno de los más importantes son los siguientes:

a) Sistema de circulación del aire:

Existen evaporadores de dos tipos, de circulación natural o convección natural y los de convección forzada.

- Los evaporadores de **convección natural** no incorporan ventilador y están diseñados para hacer circular el aire por la cámara gracias a las corrientes de convección que de forma natural se crean con la diferencia de temperaturas en el aire. Como podemos intuir las velocidades de circulación del aire son bajas lo que implica que los productos tienden a secarse menos. Por la misma causa, el intercambio de calor va a ser pequeño por lo que el rendimiento de este tipo de evaporadores es menor que los de convección forzada siendo por lo tanto, a igualdad de potencia, de un tamaño muy superior a los que incorporan ventilador.

Con estas características este tipo de evaporadores se utilizan en cámaras pequeñas para productos sensibles a la desecación, lo que no ocurre para la nuez con cáscara.

- Los evaporadores de **convección forzada**, incorporan un ventilador que obliga a pasar el aire de la cámara a través de las aletas de su batería. Esto permite que el intercambio de calor sea muy intenso, teniendo un rendimiento muy superior al de convección natural y un tamaño, a igualdad de potencia, mucho más compacto. Como inconveniente podemos resaltar que resecan más los alimentos ya que la velocidad del aire dentro de la cámara es mayor.

Este tipo de evaporadores son los más utilizados en instalaciones de mediana y gran potencia.

b) Tipo de aplicación:

Según el tipo de recinto refrigerado, el uso, la forma, la potencia, etc. tenemos en el mercado un amplio abanico de posibilidades a la hora de elegir un evaporador. Es importante saber elegir el adecuado para nuestra instalación, esto permitirá que la distribución de las temperaturas sea homogénea y la velocidad de circulación del aire la correcta en todo el recinto refrigerado.

En cualquier caso todos los fabricantes nos indican la aplicación de cada uno de sus modelos de evaporador.

c) Separación entre las aletas:

Otra de las cosas a tener en cuenta a la hora de seleccionar un evaporador es la separación que tienen las aletas de la batería.

El elegir una separación u otra depende de si se va a formar escarcha en el evaporador y la velocidad de formación de la misma.

d) Sistema de desescarche:

En el caso de que el evaporador necesite descongelación, es preciso tener en cuenta el sistema de desescarche que se quiera utilizar. Existen fundamentalmente tres:

- Circulación de aire por el evaporador: se aplica a cámaras pequeñas cuya temperatura de evaporación está cercana a 0°C.
- Por resistencias eléctricas: es el sistema más utilizado en instalaciones comerciales e industriales de mediana potencia. El fabricante suele indicar si el evaporador lleva instaladas las resistencias y la potencia de las mismas.
- Por gas caliente: muy utilizados en instalaciones de evaporación múltiple e industriales.

5.6.3 Selección del evaporador

Para seleccionar el evaporador hay que procurar que tenga la misma potencia frigorífica que el compresor seleccionado en el [Apartado 5.5.3](#), de lo contrario el sistema quedará desequilibrado y el funcionamiento de la instalación no será el más correcto.

Datos para la selección del evaporador.

Tabla 16

Tipo de evaporador	Evaporadores para HFC*
Fluido frigorífico	R-134a
Potencia frigorífica	9,5 kW
Temperatura de evaporación T_o	-5 °C
Temperatura entrada del aire T_c	5 °C
Humedad relativa del aire de entrada	65-70 %
Sistema de desescarche.	Eléctrico

Fig.30 *HFC: Refrigerantes Hidrofluorocarbonos (R-134a).

Adoptamos la marca [FRIMETAL](#) para la selección de los evaporadores.

En este caso las condiciones de proyecto no figuran en el catálogo, por lo que hemos de aplicar el factor de corrección que nos proporcione la capacidad nominal Q_n del evaporador a seleccionar en el catálogo.

Factores de corrección F_c y F_r :

Conociendo la temperatura de evaporación ($T_o = -5^\circ\text{C}$) para un salto térmico ($\Delta t = 10$), obtenida de la expresión $DT = T_c - T_o$ del apartado [Apartado 5.3.2](#) y entrando en el diagrama de la *Figura 20*:

→ Obtenemos el factor de corrección **$F_c = 1,32$** .

GR-2

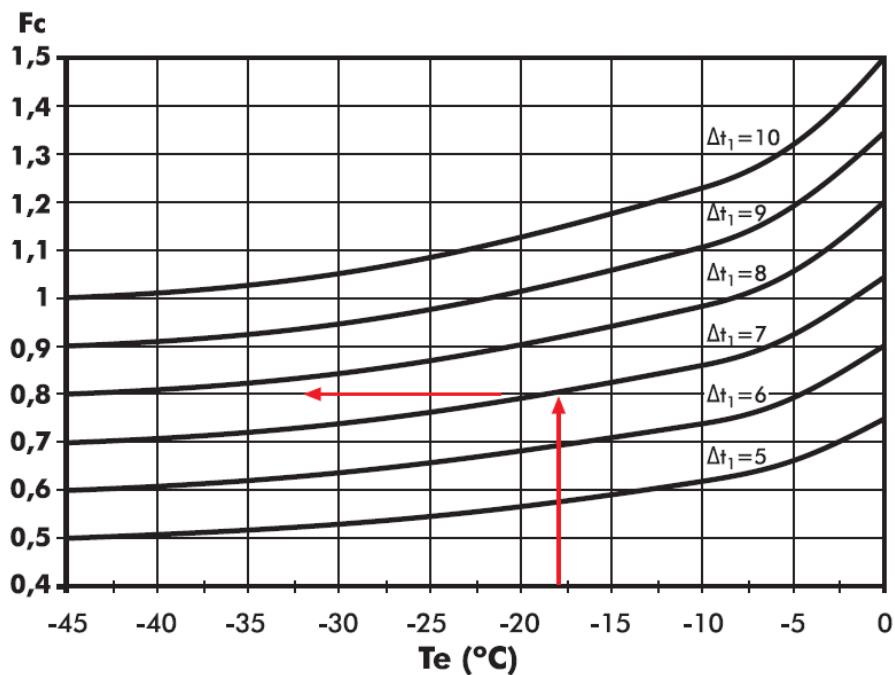


Figura 19

Figura 18: Grafico para obtener el factor de corrección. Tener en cuenta que las flechas que se muestran en la figura están únicamente a modo de ejemplo.

Por otra parte conociendo el refrigerante a utilizar , R-134a. De la Figura 19.

FACTOR DEL REFRIGERANTE - REFRIGERANT FACTOR		
R -404 A = 1	R-22 = 0,95	R-134a = 0,90

Figura 20

→ Obtenemos el factor del refrigerante **Fr=0,90**.

Si la capacidad frigorífica del evaporador en las condiciones dadas de trabajo es **Q_{ev}**, la capacidad Nominal del evaporador **Q_n** será entonces la siguiente:

$$Q_n = \frac{Q_{ev}}{Fr \cdot F_c} = \frac{9,5kW}{1.32 * 0.90} = 8,0kW$$

Entrando en la tabla de datos del evaporador de la gama elegida, seleccionamos el modelo que tenga la Capacidad Nominal que más se aproxime por arriba a Q_n.

Según la Tabla 18, **adoptamos la serie FRM** para géneros frescos.

Tabla 17

Serie	Separación aletas	Aplicación
FRM	4,2 mm	Géneros frescos a 0/+2°C o de congelados hasta -18°C
FRB	7 mm	Conservación de congelados hasta -30°C
FRL	9 mm	Cámaras de muy baja temperatura y túneles hasta -40°C

Del catálogo, obtenemos el modelo del evaporador de la Tabla 19.

Tabla 18

SERIE FRM		PASO DE ALETAS - FIN SPACING		4,2 mm		Ø300			
MODELO MODEL		FRM 148	FRM 165	FRM 235	FRM 270	FRM 310	FRM 445	FRM 500	FRM 575
Capacidad nominal Nominal capacity	T _c =0°C Δt ₁ =8K W	2470	2980	3700	4940	5960	7400	9120	11320
Capacidad aplicación Application capacity	T _c =+10°C Δt ₁ =10K W	3710	4470	5550	7410	8940	11100	13680	16980
	T _c =-18°C Δt ₁ =7K W	1900	2290	2850	3800	4590	5700	7020	8720
Superficie / Surface	m ²	11,0	14,6	21,9	21,9	29,2	43,8	45,2	67,8
Volumen interior / Circuit Volume	dm ³	2,4	3,2	4,8	4,4	5,9	8,8	8,8	13
Caudal aire / Air flow	m ³ /h	1500	1450	1350	3000	2900	2700	4370	4100

(Ver catálogo en apartado de anexos).

→ Adoptamos un evaporador cúbico con circulación forzada de aire.

→ Modelo FRM-500. Capacidad nominal 9120W.

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 45 de 54
--	---------	---------	-----------------

→ Paso de aletas de 4,2mm y tubos de cobre de $\varnothing=300\text{mm}$.

SERIE FR $\varnothing 300$

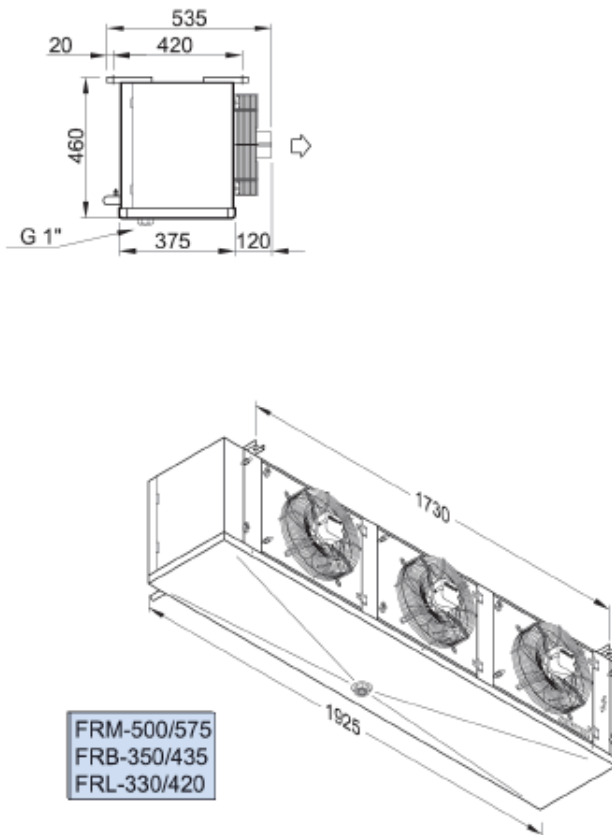


Figura 21

condiciones de instalación:

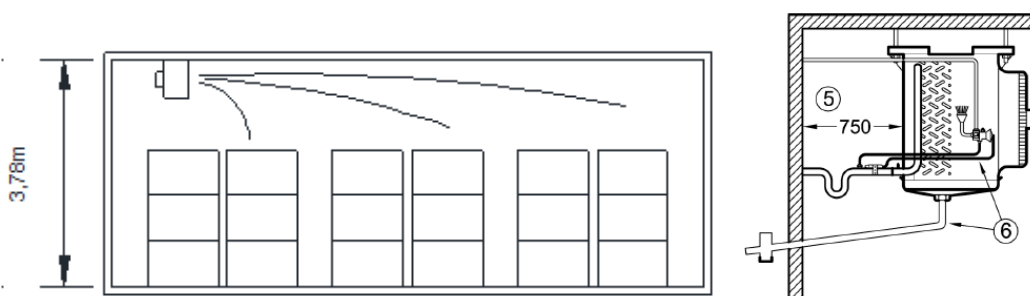


Figura 22

Vemos que la potencia que proporciona el evaporador **FRM-500-E** se encuentra dentro del rango para DT entre 7K y 10K.

Características:

- Las baterías intercambiadoras están fabricadas con tubo de cobre y aletas de aluminio corrugadas de alta eficiencia con lo que se consigue en todos los casos un elevados rendimiento frigorífico. Se suministran en todos los casos selladas y con aire seco a presión en el interior. De esta manera, el instalador puede comprobar que la unidad le llega en perfectas condiciones de estanqueidad.
- Carcasa exterior en chapa de aluminio y galvanizada lacada en resina poliéster blanco RAL-9002.
- Ventiladores axiales de rotor externo con protección térmica, de diámetro 300 y 400mm, monofásicos 230V/50Hz, IP-44.
- **El sistema de desescarche es por ventilación de aire.**

Todos los evaporadores cumplen con los requerimientos que les son aplicables de las Directivas Europeas de Máquinas 2006/42/CE, de Baja Tensión 2006/95/CE y de Equipos a Presión 97/23/CE.

Disposición del evaporador en la cámara según

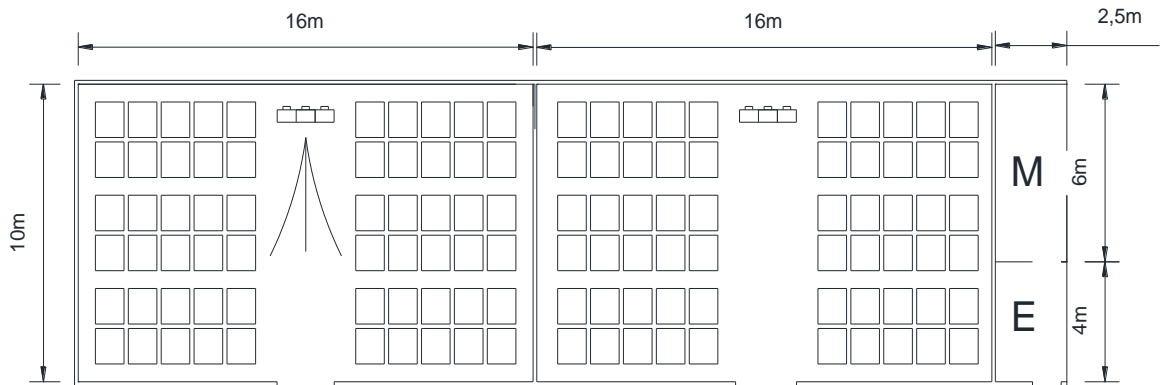


Figura 23

5.7 CONDENSADOR

5.7.1 Introducción

Es un intercambiador de calor en el que se produce la condensación de los gases a la salida del compresor. El condensador debe de ser capaz de extraer y disipar el calor absorbido en el evaporador más el calor equivalente al trabajo de compresión.

Clasificación:

Los diferentes tipos de condensadores más comunes, se clasifican según su forma de disipar el calor y del medio utilizado.

- Condensadores refrigerados por aire.
- Condensadores refrigerados por agua.

Condensadores refrigerados por aire:

Los condensadores refrigerados por aire suelen trabajar normalmente en condiciones de convección forzada. La condensación la realizan mediante convección natural. Según su forma, pueden ser de tubos lisos, de tubos con aletas o de placas.

La diferencia entre la temperatura de condensación y del medio condensador (aire) debe de oscilar entre los 12 y 16 °C. La temperatura del medio condensador es la del aire en las condiciones de máxima temperatura. En climas muy cálidos, las elevadas temperaturas de condensación pueden repercutir en un bajo rendimiento del sistema.

Condensadores refrigerados por agua:

Dentro de este grupo, podemos diferenciar los que utilizan el calor sensible del agua, el calor latente o la combinación de los dos.

1) Los condensadores que utilizan el calor sensible, pueden diferenciarse según:

- Doble tubo a contracorriente
- Multitubulares.

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 47 de 54
--	---------	---------	-----------------

Los condensadores multitubulares son el diseño perfeccionado de los de doble tubo a contracorriente. La condensación se efectúa en el exterior de los tubos de agua. Para aumentar la superficie de intercambio se incorporan aletas de refrigeración a los tubos, implicando directamente una reducción en la medida del condensador.

Según la colocación de los tubos, pueden ser verticales u horizontales. El consumo de agua suele ser mayor en los verticales, también el coste de fabricación.

- 2) Los condensadores que utilizan el calor latente del agua como mecanismo de refrigeración, se llaman condensadores evaporativos.

Con este tipo de condensadores podemos llegar a reducir el consumo de agua respecto a los citados anteriormente (utilizan menos de un 10% de agua, comparándolo con el condensador multitubular horizontal).

Están contruidos por un grupo de tubos con aletas, en el que entra el refrigerante por la parte superior y sale por la parte inferior del condensador. El conjunto está formado por una carcasa, la cual tiene una entrada de aire en la parte inferior y una salida en la parte superior (techo).

Sobre los tubos hay una serie de toberas encargadas de pulverizar el agua a medida que va circulando el aire por el interior de la carcasa.

- 3) Los condensadores que utilizan tanto el calor sensible como el calor latente del agua para refrigerar, son llamados condensadores atmosféricos.

Están formados por una serie de serpentines donde por el interior de ellos circula el fluido frigorífico.

En la parte superior son instalados unos serpentines de agua, provocando una lluvia. El efecto de enfriamiento se obtiene a la vez por el recalentamiento del agua y por su evaporación parcial al contacto por el aire.

Existen cuatro tipos dentro de este grupo: de tubos horizontales, de descarga, sistema Block y de tubos transversales.

1.1.1 Selección del condensador

El sistema utilizado para la condensación del fluido refrigerante es con agua mediante el mecanismo de calor sensible. Se adopta un equipo multitubular de posición horizontal, por las ventajas que presenta respecto al otro sistema. Estos equipos son más económicos que los condensadores atmosféricos y además cabe destacar que el consumo de agua no representa un problema dado que el costo de este recurso no es significativo en la localidad. Respecto a la ventaja que representa con los sistemas refrigerados por aire es que tiene mayor eficiencia para temperaturas de condensación elevadas como en nuestro caso (57,4°C).

Datos para la selección del condensador:

Tabla 19

Tipo de condensador	Refrigerado por agua
Fluido frigorífico	R-134a
Potencia frigorífica	15,85KW
Temperatura de condensación	57,4 °C
Temperatura entrada del aire	30°C
Humedad relativa del aire de entrada	73 %

La potencia de condensación viene dada en la *Tabla14* de selección del compresor. Es la suma de la potencia frigorífica (10,95kW) y la potencia del motor eléctrico del compresor que hemos seleccionado (4,9kW).

Las condiciones de entrada del aire corresponden a las condiciones exteriores de diseño, ya que el condensador estará situado en la sala de Máquinas propuesta en el diseño cuya temperatura está controlada en 30°C.

Del catálogo del fabricante Bitzer obtenemos el modelo del condensador:

Verflüssiger-Leistung Durchsatz Kühlmedium Druckabfall		Condenser capacity Coolant flow Pressure drop				Puissance du condenseur Quantité passée de fluide caloporteur Perte de pression				
Typ	2 Pass		2 Pass		Druckabfall	4 Pass		4 Pass		Druckabfall
	Leistung Δt_e 15 K	Leistung Δt_e 10 K	Max. Durchsatz	Druckabfall		Leistung Δt_e 15 K	Leistung Δt_e 10 K	Max. Durchsatz	Druckabfall	
Type	Capacity Δt_e 15 K	Capacity Δt_e 10 K	Max. flow	Pressure drop	Capacity Δt_e 15 K	Capacity Δt_e 10 K	Max. flow	Pressure drop		
Type	Puissance Δt_e 15 K	Puissance Δt_e 10 K	Quantité passée max.	Perte de pression	Puissance Δt_e 15 K	Puissance Δt_e 10 K	Quantité passée max.	Perte de pression		
	W	W	l/s	m ³ /h	bar	W	W	l/s	m ³ /h	bar
Standard-Ausführung			Standard design			Version standard				
K033N	8000	5330	0,38	1,37	0,11	6900	4600	0,19	0,68	0,22
K073H	15300	10200	0,76	2,74	0,11	13200	8800	0,38	1,37	0,22
K123H	21400	14270	0,76	2,74	0,15	17200	11500	0,38	1,37	0,28
K203H	36100	24100	1,78	6,41	0,33	30800	20500	0,80	3,20	0,64
K283H	51100	34100	2,38	8,56	0,33	43600	29100	1,19	4,28	0,64
K373H	77700	51800	2,98	10,71	0,40	63500	42300	1,49	5,35	0,78

Figura 24

- ➔ Adoptamos un condensador Marca Bitzer, multitubular de 4 pases.
- ➔ Modelo K203H con capacidad nominal 20500W.

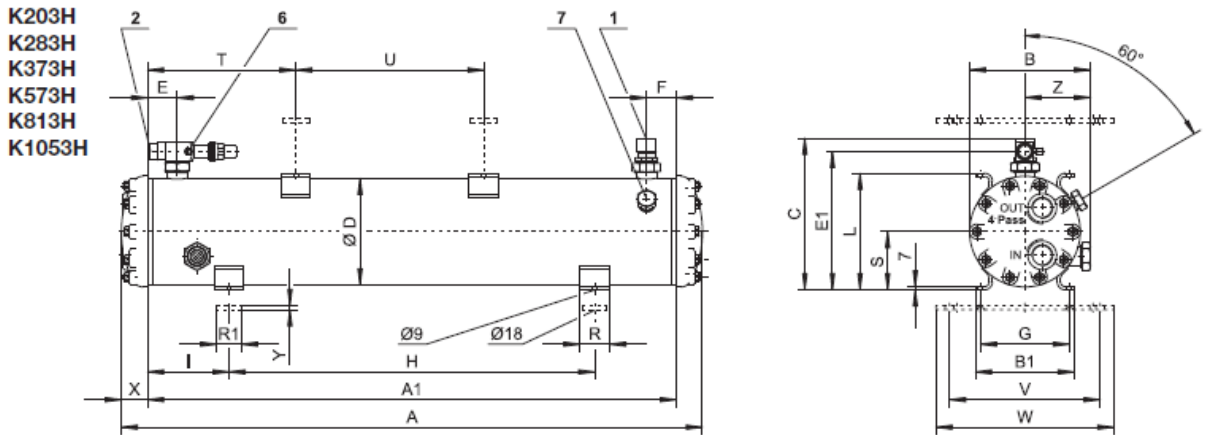


Figura 25

Posiciones de conexión de entrada y salida del refrigerante en la tapa del condensador.

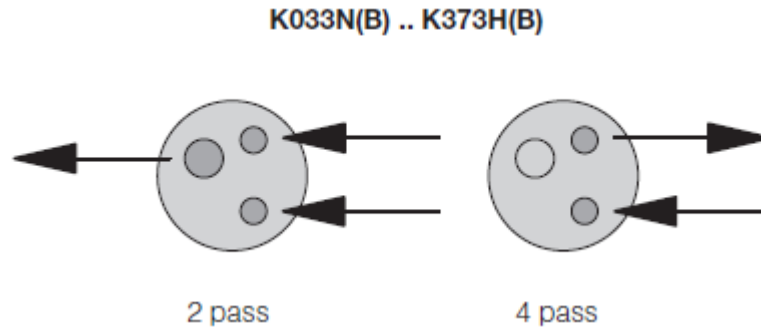


Figura 26

→ Este modelo conforma el grupo con el compresor semihermético seleccionado anteriormente, en el [Apartado 5.5.3](#). Este es 4CES-6(Y).

En la Figura 26 queda representado el grupo compresor-condensador K203H(B)/4CES-6Y.



Figura 27

(Ver catálogo en apartado de anexos)

Tabla 20

Datos técnicos-Modelo K203H	SI
Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz)	32,48 m ³ /h
Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz)	39,20 m ³ /h
Peso	117,5 kg
Profundidad total	863 mm
Anchura total	345 mm
Altura total	573 mm
Conexión línea aspiración	28 mm - 1 1/8"

Conexión línea líquido	16 mm - 5/8"
Entrada del agua (2 Pass)	2 x 3/4"
Salida del agua (2 Pass)	1"
Entrada del agua (4 Pass)	3/4"
Salida del agua (4 Pass)	3/4"
Contenido del recipiente	11,8 dm ³
Máx. carga refrigerante 90% a 20°C	
R22	12,9 kg
R134a	13,0 kg
R407C	12,3 kg
R404A/R507A	11,3 kg

5.8 VÁLVULAS DE EXPANSIÓN Y OTRAS VÁLVULAS DE REGULACIÓN

Entre las funciones que realiza la válvula de expansión, debemos destacar las siguientes:

- Regular la capacidad de fluido refrigerante que entra en el evaporador.
- Se encarga de mantener una alta y baja presión en los extremos de la misma válvula.
- Provocar la expansión del fluido. El fluido pasa de la alta a la baja presión necesaria en el evaporador.

La válvula de expansión puede ser de diferentes tipos. Las más utilizadas son:

- Válvulas manuales.
- Tubos capilares.
- Válvulas de expansión termostáticas.
- Válvulas de expansión de flotador.

5.8.1 Selección de la válvula de expansión

Adoptamos para nuestra instalación válvulas de expansión termoestáticas dado que son especialmente adecuadas para inyección de líquido en evaporadores "secos", en los cuales el recalentamiento a la salida del evaporador es proporcional a la carga de éste.

Las válvulas de expansión termostática regulan la inyección de líquido refrigerante en los evaporadores. La inyección se controla en función del recalentamiento del refrigerante.

Ventajas que posee la válvula de expansión:

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 51 de 54
--	---------	---------	-----------------



Figura 28

- Amplia gama de temperaturas.
 - Se puede utilizar tanto en aplicaciones de congelación y refrigeración como en aire acondicionado.
 - Conjunto de orificio intercambiable.
- Fácil ajuste de capacidades
- Protege el motor del compresor contra la presión de evaporación excesiva durante un funcionamiento normal.

La válvula de expansión y su orificio deben ser del tamaño adecuado para suministrarnos un caudal de $C_m = 247,8 \text{ Kg/h}$ de refrigerante trabajando con una diferencia de presiones ($P_k - P_o$) de 13,4 bar. Inyectando ese caudal de refrigerante la potencia frigorífica desarrollada por el evaporador según [Tabla 19](#) será de 9,12 kW.

Adoptamos la reconocida marca [Danfoss](#) para la caracterización y selección de válvulas y accesorios.

Las válvulas termostáticas de expansión TN2/TEN 2 son usadas para inyectar líquido en evaporadores de refrigeración que utilizan refrigerantes Hidrofluorocarbonos, como es el R134a.

Para determinar el tipo de válvula más adecuada para nuestra instalación seguimos las tablas que nos provee el fabricante.

Elemento termostático:

Tabla 21

Refrigerante	Tipo de válvula	Igualación de presión Abocardar	Tubo capilar	Conexión		Código ¹⁾					
				Entrada x Salida		Rango N -40 a +10°C		Rango NM -40 a -5°C	Rango NL -40 a -15°C	Rango B -60 a -25°C	
				in. x in.	mm x mm	Sin MOP	MOP +15°C	MOP 0°C	MOP -10°C	Sin MOP	MOP -20°C
R22/R407C	TX 2	-	1.5	$3/8 \times 1/2$	10 x 12	068Z3206	068Z3208	068Z3224	068Z3226	068Z3207	068Z3228
	TEX 2	1/4 in.	1.5	$3/8 \times 1/2$	10 x 12	068Z3209	068Z3211	068Z3225	068Z3227	068Z3210	068Z3229
R407C	TZ 2	-	1.5	$3/8 \times 1/2$	10 x 12	068Z3496	068Z3516				
	TEZ 2	1/4 in.	1.5	$3/8 \times 1/2$	10 x 12	068Z3501	068Z3517				
R134a	TN 2 ●	-	1.5	$3/8 \times 1/2$	10 x 12	068Z3346	● 068Z3347	068Z3393	068Z3369		
	TEN 2	1/4 in.	1.5	$3/8 \times 1/2$	10 x 12	068Z3348	068Z3349	068Z3392	068Z3370		
R404A/R507	TS 2	-	1.5	$3/8 \times 1/2$	10 x 12	068Z3400	068Z3402	068Z3406	068Z3408	068Z3401	068Z3410
	TES 2	1/4 in.	1.5	$3/8 \times 1/2$	10 x 12	068Z3403	068Z3405	068Z3407	068Z3409	068Z3404	068Z3411

➔ Corresponde para el Rango N (-40 a +10°C), con MOP +15, un **Tipo de válvula TN2 068Z3347**.

NOTA: MOP hace referencia a las siglas inglesas “Maxim Operate Pressure” o presión máxima de servicio. Es la presión del evaporador a la cual la válvula restringe el fluido refrigerante y evita así cualquier aumento de presión, limitando la presión de aspiración.

Durante el ciclo de desescarche, se produce un aumento de la presión del evaporador. Esta válvula cumple la función de restringir la presión en la aspiración, favoreciendo que el compresor no se sobrecargue.

El número de orificio que corresponde a la capacidad nominal (9.12kW), viene dado según la [Tabla 23](#), por:

Tabla 22

Tipo de válvula/ Orificio	Temp. cond. ³⁾ [°C]	R22					R134a					R404A/R507					R407C				
		Capacidad en [kW]					Capacidad en [kW]					Capacidad en [kW]					Capacidad en [kW]				
		Temp. evaporación [°C]					Temp. evaporación [°C]					Temp. evaporación [°C]					Temp. evaporación [°C]				
		-35	-30	-10	0	5	-30	-10	-5	0	5	-40	-35	-30	-10	0	-10	-5	0	5	10

T2 / OX		0.56	0.58	0.65	0.67	0.67	0.38	0.45	0.47	0.49	0.50	0.26	0.28	0.30	0.37	0.39	0.60	0.61	0.62	0.63	0.63
T2 / 00		1.1	1.1	1.3	1.4	1.4	0.63	0.81	0.86	0.90	0.95	0.48	0.53	0.57	0.75	0.82	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3
T2 / 01		1.7	1.9	2.8	3.3	3.6	0.95	1.5	1.7	1.9	2.0	0.74	0.86	1.0	1.7	2.0	2.6	2.9	3.1	3.4	3.6
T2 / 02	55	2.3	2.6	4.1	5.0	5.4	1.2	2.1	2.4	2.7	2.9	0.82	1.0	1.3	2.4	2.9	3.8	4.2	4.7	5.1	5.6
T2 / 03		4.3	4.8	7.4	8.9	9.6	2.2	3.8	4.3	4.8	5.3	1.5	1.8	2.2	4.2	5.3	6.8	7.5	8.3	9.1	9.9
T2 / 04		6.4	7.2	11.0	13.3	14.4	3.4	5.7	6.4	7.2	7.9	2.4	2.9	3.5	6.3	7.8	10.1	11.3	12.4	13.7	14.9
T2 / 05		8.1	9.1	14.0	16.7	18.1	4.2	7.0	8.0	9.0	10.0	3.0	3.7	4.4	7.9	9.9	12.8	14.2	15.7	17.2	18.7
T2 / 06		9.9	11.1	17.0	20	22	5.2	8.7	9.8	11.0	12.1	3.8	4.6	5.4	9.7	12.1	15.6	17.3	19.1	21	23

La potencia que proporciona la válvula se nos ofrece, normalmente, en unas condiciones de funcionamiento que no son las nuestras y por lo tanto tendremos que utilizar los factores de corrección Fc del fabricante para poder hacer una correcta selección.

De la Figura 24 obtenemos que, el Fc viene dado por:

Tabla 23

Factor de corrección

Refrigerante	Subenfriamiento [K]										
	2	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
R22	0.98	1	1.06	1.11	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.39	1.44
R134a	0.98	1	1.08	1.13	1.19	1.25	1.31	1.37	1.42	1.48	1.54
R404A/R507	0.96	1	1.10	1.20	1.29	1.37	1.46	1.54	1.63	1.70	1.78
R407C	0.97	1	1.08	1.14	1.21	1.27	1.33	1.39	1.45	1.51	1.57

Cuando el subenfriamiento es \neq de 4 °C, debemos adoptar el factor de corrección que indica la tabla , es decir, para subenfriamiento de 10°C, tendremos un Fc=1,08.

Por lo tanto, la **capacidad** real **Qr** nos queda:

$$Qr = Qn / Fc = 9,12kW / 1,08 = 8,44kW$$

➔ **Seleccionamos entonces una válvula de expansión termostática Tipo TN2, Serie 068Z3347, con orificio Número 6.**

Verificamos el rango de capacidades nominales para el tipo de válvula seleccionado. Según la *Figura 25*:

Tabla 24

Tipo	Capacidades nominales en kW para el rango N					Conexiones
	R22	R134a	R404A / R507	R407C	R410A	
T 2 y TE 2 ¹⁾	0.5 - 15.5	0.4 - 10.5	0.38 - 9.1	0.5 - 16.7	-	Abocardar x abocardar y abocardar x soldar Soldar x soldar (adaptador soldar)

➔ El **rango de capacidad nominal** es **0,4-10,5KW**, lo que indica que nuestra selección es correcta.

Las demás válvulas que conforman el cuadro regulador quedan fuera del alcance de este proyecto.

6. Referencias Bibliográficas

Manual del Exportador de Pecan. Versión 1.0. Abril 2013

R.Plank. El empleo del Frio en la Industria de la Alimentación. 1963

Néstor Quadri. Instalaciones de Aire acondicionado y Calefacción. 1999.

D.Díaz Dorado. Balance Térmico Sistemas de Calefacción de aire acondicionado. 1973

Preparó: Sebastian Bottges, Guillermo Teske, Nicolas Devotto.	Revisó:	Aprobó:	Página 53 de 54
--	---------	---------	-----------------

Harvesting and Storing your Home Orchard's Nut Crop. Publication 8005. 1998. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources.