

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA



**DISEÑO DE UN EQUIPO DE SECADO TÉRMICO PARA EL
SECADO DE LANA DE OVEJA PARA LA EMPRESA
“TEXTILES COPACABANA”**

Proyecto de Grado para la obtención del Grado de licenciatura

UNIVERSITARIO: YURI ANTONS PLATTERS MURILLO

TUTOR: ING. VICTOR HUGO CISNEROS

LA PAZ – BOLIVIA

NOVIEMBRE DE 2016

Dedicatoria:

*Este trabajo está dedicado a dios
padre creador del cielo y la tierra y
toda mis seres queridos, que siempre
me apoyaron en los peores
momentos, creyeron en mi a pesar
de las dificultades, les agradezco de
todo corazón a mi familia amada*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi querido tutor.

Ing. Víctor Hugo Cisneros que ayudo al desarrollo del presente trabajo.

Agradezco a la carrera de química industrial por haberme brindado su cooperación mediante el uso de sus equipos, agradezco al arquitecto Pañuni por haberme brindado su ayuda y a todo el plantel docente de la carrera de electromecánica por haberme brindado su conocimiento, y un agradecimiento a don miguel.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PÁGINA

ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN.....	ix
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	2
CAPÍTULO II	4
MARCO CONCEPTUAL.....	4
2.1. DESARROLLO DEL PROCESO DE SECADO.....	4
2.1.1. HUMEDAD.....	4
2.1.2. CONDICIONES EXTERNAS DEL DESARROLLO DE SECADO.....	6
2.1.3. CONDICIONES INTERNAS DEL DESARROLLO DE SECADO	7
2.1.4. OPERACIONES DE SECADO.....	7
2.2. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DEL SECADO	10
2.2.1. SECADO DISCONTINUO.....	10
2.2.2. EL RÉGIMEN DEL SECADO DISCONTINUO.....	14
2.2.3. CURVA DE RÉGIMEN DEL SECADO.....	14

2.2.4. SECADO CONTINUÓ	17
2.3. ELECCIÓN DE LA MEJOR SOLUCIÓN.	22
CAPITULO III	23
INGENIERIA DEL PROYECTO	23
3.1. PARAMETROS DE DISEÑO	23
3.2. CÁLCULOS Y ESPECIFICACIONES	27
3.2.1. UTILIZACION DE LABORATORIO Y OBTENCIÓN DE VALORES	27
3.2.2. OBTENCIÓN DE LA CURVA DE SECADO POR MEDIO DE LABORATORIO	30
3.2.3. DETERMINACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE SECADO	34
3.2.4. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA CALORIFICA	39
3.2.5. DIMENSIONAMIENTO DE LA PALETA REMOVEDORA	53
.....	53
3.2.6. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLATAFORMA CORREDIZA PIÑON- CREMALLERA	58
3.2.7. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CARRIL CIRCULAR DEBIDO A SU CARGA	70
3.2.8. DETERMINACIÓN DEL CÁLCULO ESTRUCTURAL	72
3.3. OTROS CÁLCULOS	76
3.3.1. DIMENSIONAMIENTO DE LA FUENTE DE CALOR PARA LA CÁMARA DE SECADO	76
CAPITULO IV	85
ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO	85
4.1. COSTOS DE LA MANO DE OBRA	85
4.1.1. FACTORES DEL COSTO DE LA MANO DE OBRA	86
4.2. costos del equipo	88
4.3. COSTOS DE INSTALACIÓN	94
4.3.1. COSTOS DIRECTOS	94
4.3.2. COSTOS INDIRECTOS	96
4.4. COSTOS BENEFICIOS	98
CAPITULO V	101
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101

5.1. CONCLUSIONES.....	101
5.2. RECOMENDACIONES	102
planos técnicos del equipo.....	103
BIBLIOGRAFIA	104

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DEL DIAGRAMA PRESIÓN VS TEMPERATURA	5
FIGURA 2. FACTORES INVOLUCRADOS EN EL MEDIO EXTERNO DEL MATERIAL.....	6
FIGURA 3. FACTORES INVOLUCRADOS INTERNAMENTE EN EL MATERIAL	7
FIGURA 4. FRUTA DESHIDRATADA Y MADERA SECA, DOS TIPOS DE MATERIALES SOMETIDOS AL CALOR	9
FIGURA 5. TÍPICO SECADOR DE BANDEJAS	11
FIGURA 7. TÍPICO SECADOR DE BANDEJAS	13
FIGURA 8. FUNCIONAMIENTO DE UN SECADOR DE BANDEJAS.....	13
FIGURA 9. DIAGRAMA CARACTERÍSTICO DE VELOCIDAD DE SECADO VS HUMEDAD LIBRE X.....	15
FIGURA 10. DIAGRAMA CARACTERÍSTICO DEL COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD EN LOS MATERIALES	16
FIGURA 11. DESCRIPCIÓN DE UN PROCESO CONTINUÓ	18
FIGURA 12. SECADOR DE TIPO ROTATORIO	19
FIGURA 13. TÍPICO SECADOR DE TAMBOR GIRATORIO	19
FIGURA 14. MADERA APILADA SIENDO SECADA EN UN EQUIPO AUTOMATIZADO	20
FIGURA 15. CONFIGURACIÓN DE UN SECADOR ROTATORIO	21
FIGURA 16. SECADOR DE LECHO FLUIDO.....	21
FIGURA 21. SELECCIÓN DE LA TEMPERATURA DE SECADO MÁXIMA EN °C.....	29
FIGURA 26. UBICACIÓN REFERENCIAL DEL DISEÑO PROPUESTO	43
FIGURA 28. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PALETA REMOVEDORA	53
FIGURA 34. CONFIGURACIÓN DE TUBOS DE TIPO ESCALONADO	80

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
TABLA 1. VALORES DE LAS TRES MUESTRAS DE LANA DE OVEJA	30
TABLA 2. VALORES CORRESPONDIENTES DE LA MASA TOTAL DE LANA.	32
TABLA 3. VALORES RELACIONADOS A LOS COEFICIENTES DE CONVECCIÓN	42
TABLA 4. FACTORES DE DISEÑO Y ESFUERZOS CORTANTES DE DISEÑO PARA METALES DÚCTILES	56
TABLA 5. VALOR DE COEFICIENTES DE ROZAMIENTO PARA EL ACERO CONVENCIONAL	60
TABLA 6. COEFICIENTES DE SEGURIDAD, EN FUNCIÓN AL TIPO DE CARGA ASUMIDA	61
TABLA 7. NUMERO DE DIENTES DEL PIÑÓN EN FUNCIÓN A SU ÁNGULO DE PRESIÓN	63
TABLA 8. COEFICIENTES GLOBALES DE TRANSFERENCIA DE CALOR.....	77
TABLA 9. ÍTEMS DEL PERSONAL CALIFICADO.....	87
TABLA 10. PAGOS ECONÓMICOS POR MES	87
TABLA 11. ÍTEMS CON LA REMUNERACIÓN POR PAGOS TOTALES.....	88
TABLA 12. ÍTEMS DE LOS COMPONENTES DEL EQUIPO	93
TABLA 13. LISTA DE ÍTEMS DE LOS MATERIALES	95
TABLA 14. PRECIO TOTAL POR EL COSTO DE LOS MATERIALES.....	96
TABLA 15. DEPRECIACIÓN DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS.....	96
TABLA 17. LISTA DE GASTOS TÉCNICOS Y ADMINISTRATIVOS	97

RESUMEN

El secado se ha definido como la pérdida de humedad, al que están sometidos los materiales. Igualmente se ha establecido la existencia de dos procedimientos de secado, un secado continuo y otro discontinuo.

El documento aborda la problemática de las malas condiciones de secado, aplicadas a lana de oveja, y estudia la técnica de removido del material mediante el uso de las manos. Mediante el marco teórico ya definido, se tomaron muestras de lana de oveja en condiciones húmedas, gracias al uso de un equipo de secado para materiales, la finalidad del objetivo es lograr que las muestras de lana pierdan humedad.

Para este fin se consideraron dos parámetros, la temperatura máxima de secado, y el tiempo. El procedimiento de secado al que fueron sometidos las muestras, fue repetitiva, de igual manera se registraron sus valores en función al tiempo asignado, finalmente se consiguió que dos muestras registraran el mismo valor numérico, que su anterior registro. Se concluye finalmente que no existe más pérdida de humedad en las muestras.

Gracias a la utilización de estos valores se obtiene la cantidad de humedad y el porcentaje existente de las muestras.

El nuevo parámetro a considerar es la capacidad de secado real, se desconoce de manera inicial su porcentaje de humedad, pero valiéndonos de los resultados de las muestras, finalmente se logra obtener el porcentaje de humedad existente en la capacidad de secado real, en función al porcentaje obtenido, se determinara la potencia calorífica,

Otro de los puntos desarrollados en el proyecto, fue la obtención de la potencia calórica total, se consideraron dos piezas claves para su desarrollo, una teniendo en cuenta la cantidad de calor aplicada al material, y la segunda considerando las pérdidas de calor a través de paredes, anticipadamente se consideraron ciertas situaciones, como la ubicación del diseño, el flujo de gas que rodeara el diseño.

Mediante aquella técnica de removido con las manos, se evalúa un sistema semejante para el proyecto, finalmente se realizó el diseño de un sistema mecánico. La descripción del mecanismo

se trata de una paleta circular capaz de levantar material en cada giro efectuado. La utilidad de este mecanismo está directamente relacionada a conseguir un secado uniforme y un mejor aprovechamiento de la potencia calorífica con el material.

Surgió un nuevo reto relacionado. Como podría evacuarse el material que se hallaba completamente seco al interior de la cámara de secado. Se evaluaron muchas soluciones, se ideó un sistema con desplazamiento horizontal, el sistema debía actuar como una tolva de descarga, finalmente se concretó la idea de un sistema piñón-cremallera, unida a una plataforma.

Una parte del diseño, está relacionada al estudio de la parte estructural enfocada a columnas de longitud intermedia. Para este fin se utilizaron las especificaciones de la AISC, mediante su uso se eligió un perfil de tipo comercial.

El estudio de la elección del perfil es con el objetivo de conocer, ciertos factores como el esfuerzo de trabajo que soportara el material bajo la acción de ciertas cargas. Para la obtención de estos factores, se utilizaron métodos empíricos aplicados al estudio de las columnas de longitud intermedia.

Finalmente se evaluó la factibilidad económica del proyecto, desde dos perspectivas. Una situación sin proyecto y otra con el proyecto.

La problemática sin el proyecto donde se considera el costo por el servicio de secado, donde los ingresos son menores.

La problemática teniendo en cuenta el proyecto, se considera el mismo costo por el servicio, se logran obtener mayores ingresos.

Se concluye que el proyecto es factible.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El hombre siempre ha buscado mejorar su condición de vida proponiendo ideas innovadoras, elaborando herramientas que le ayudaran en su labor diaria, desde las más rudimentarias hasta lograr herramientas muy sofisticadas.

Una de las herramientas más utilizadas por el hombre, ha sido el cerebro humano, gracias a este órgano podemos expresar creatividad y emociones.

La creatividad es un don adquirido, el cual logra dar vida a un conjunto de elementos, según nuestras necesidades e inquietudes, hoy en día se reflejan en simples planos o pictografías descritas por el ser humano. Pero el afán del hombre no solo fue plasmar sus ideas en unas hojas, construyo aquello que existía su imaginación.

La lana fue una de las primeras fibras que se transformaron en hilos y telas. Antes de la revolución industrial, las fibras textiles de mayor uso eran la lana y el lino.

En Inglaterra la lana era de gran importancia que el rey Eduardo III en 1350 decretó que el Lord Canciller debería sentarse sobre un costal de lana que recordara la importancia económica de la industria de la lana. Actualmente en la cámara de los lores, el Lord Canciller se sienta en un sillón tapizado y relleno de lana.

En años recientes la parte del mercado correspondiente a la lana ha disminuido. La industria lanera ha recibido un duro golpe por el influjo de las importaciones, la competencia de las fibras artificiales y los gastos adicionales que representa el cumplir con las normas de contaminación.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Está directamente relacionado a un mal procedimiento o técnica de tratamiento del secado de lana de oveja, un segundo factor a considerar es el ambiente o lugar donde se procede a secar el material, las condiciones no son las apropiadas, debido a que la superficie del suelo es de tierra, e implica contaminación directa con el material, un tercer factor es su demora en el secado,

semejantes cantidades de material puestas en el suelo son difíciles de secar de forma rápida, el secado en grandes cantidades puede tardar una semana o más de semana, debido a esto cierta actividad de la fábrica se encuentra paralizada, son retrasos para la entrega de sus productos. Se puede ver un cuarto factor, las condiciones climáticas no son las mejores, sobre todo en tiempo de lluvia, donde el secado del material es prácticamente imposible.

1.2. OBJETIVO GENERAL.

Diseñar un equipo de secado térmico, para el tratamiento del secado de lana de oveja

1.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la geometría del diseño, en función a la capacidad de trabajo

Determinar la potencia calorífica del sistema propuesto.

Determinar y calcular un sistema de accionamiento mecánico, en función a la técnica de removido manual, realizada con las manos.

Determinar y calcular la parte estructural de la geometría del diseño propuesto.

Determinar la viabilidad económica del proyecto.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El trabajo que estoy realizando tiene como finalidad mejorar los tiempos de trabajos dentro de la empresa, ya que dentro del mercado existen una infinidad de equipos de secado, pero no hay uno específico para el secado de lana de oveja, este documento propone un diseño con las características adecuadas a las necesidades del producto.

La idea es mejorar el procedimiento de secado de la lana de oveja

El secado que se realiza dentro de esta empresa es rustica, no cuenta con un procedimiento adecuado, la lana es secado al ambiente, bajo la contaminación de polvos del ambiente.

Este secado rustico demora aproximadamente una semana, esta es una consecuencia que se refleja en la producción.

Son tiempos de inactividad para la empresa debido a la falta de material, en nuestro caso lana de oveja, esto hace deficiente e insuficiente una de las etapas de la producción de la empresa, la propuesta del proyecto es subsanar la causa presente, incorporando un diseño de máquina, que tenga por tarea la eliminación de humedad de forma acelerada, minimizando los tiempos, teniendo disponible la lana en todo momento.

Otra de las razones por las que propongo el desarrollo de este trabajo, es para mejorar la limpieza del producto. Actualmente el procedimiento es rudimentario, el material es puesto sobre nylon y tendido sobre el suelo, esto hace que este en contacto directo con la contaminación del suelo.



CAPÍTULO II

MARCO CONCEPTUAL

2.1. DESARROLLO DEL PROCESO DE SECADO

El secado se describe como un proceso de eliminación o reducción del contenido de humedad de un producto. El proceso se conoce como deshidratación.

Para que la deshidratación se lleve a cabo se necesita suministrar una fuente de calor y remover el aire húmedo del ambiente. Cuando un producto húmedo es sometido a secado térmico, dos procesos ocurrirán simultáneamente:

1. Habrá transferencia de energía (comúnmente como calor) de los alrededores para evaporar la humedad de la superficie, (proceso 1)
2. Habrá transferencia de la humedad interna hacia la superficie del producto, (proceso 2).

La velocidad a la cual el secado es realizado está determinada por la velocidad a la cual los dos procesos mencionados anteriormente, se llevan a cabo. La transferencia de energía, en forma de calor, de los alrededores hacia el producto húmedo puede ocurrir como resultado de la convección, conducción y/o radiación, y en algunos casos se puede presentar una combinación de estos fenómenos.

2.1.1. HUMEDAD

El contenido de humedad de un sólido puede expresarse sobre la base seca o base húmeda; pero en el secado de sólidos es más conveniente referir la humedad sobre base seca (masa de agua que acompaña al sólido seco).

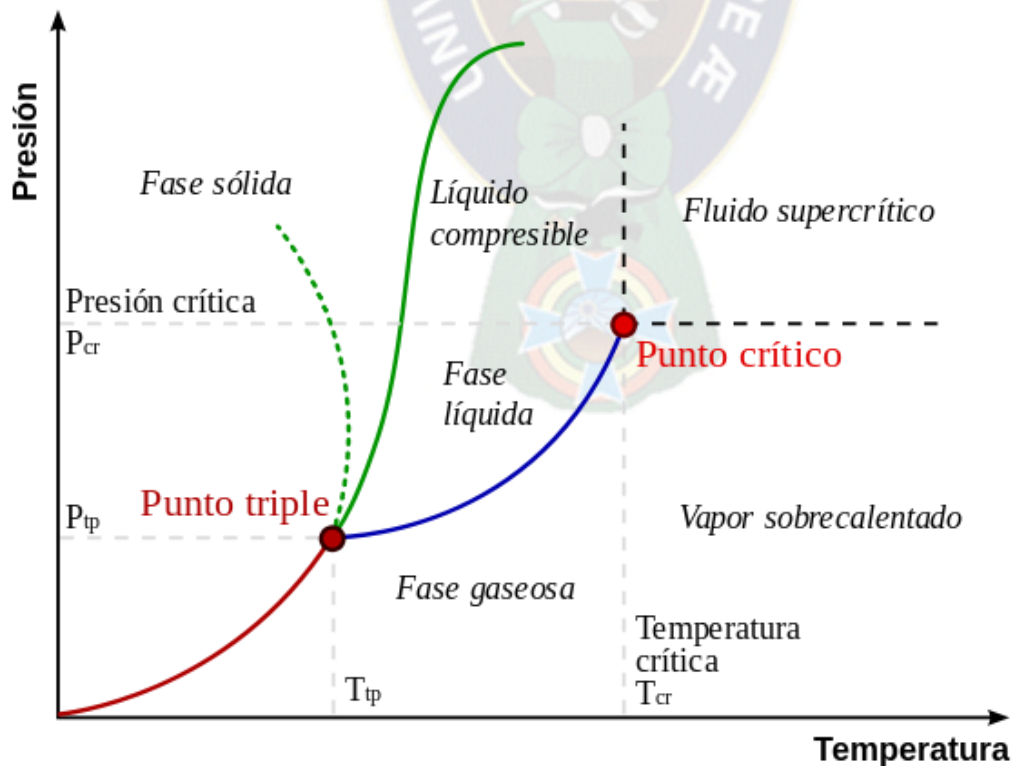
La humedad contenida en un sólido húmedo o en un líquido ejerce una presión de vapor en un grado que depende de la naturaleza de la humedad, de la naturaleza del sólido y de la temperatura.

Existen dos métodos para remover la humedad de un producto:

➤ EVAPORACIÓN.

Esta ocurre cuando la presión del vapor de la humedad en la superficie del sólido es igual a la presión atmosférica. Esto se debe al aumento de temperatura de la humedad hasta el punto de ebullición. Si el material que está siendo secado es sensible al calor, entonces la temperatura a la cual la evaporación ocurre, la temperatura puede ser disminuida, bajando la presión (evaporación al vacío). Si la presión disminuye, baja más allá del punto triple, entonces la fase líquida no puede existir y la humedad en el producto es congelada. a continuación se detalla una gráfica relacionado con la explicación anterior.

FIGURA 1. Representación esquemática del diagrama presión vs temperatura



➤ VAPORIZACIÓN.

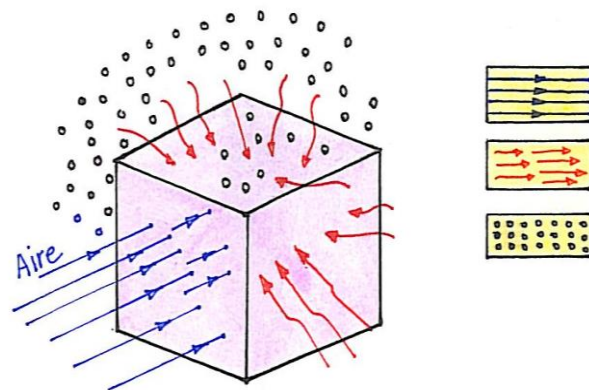
El secado es llevado a cabo por convección, pasando aire caliente sobre el producto.

El aire es enfriado por el producto y la humedad es transferida hacia el aire, en este caso la presión del vapor de la humedad sobre el sólido es menor que la presión atmosférica.

2.1.2. CONDICIONES EXTERNAS DEL DESARROLLO DE SECADO.

Este caso se refiere al proceso 1, donde la eliminación de agua en forma de vapor de la superficie del material, depende de las condiciones externas como: temperatura, humedad y flujo del aire, área de la superficie expuesta y presión. Estas condiciones son importantes durante las etapas iniciales de secado, cuando la humedad de la superficie está siendo removida. En algunos materiales puede haber encogimiento, excesiva evaporación en la superficie. Después de que la humedad inicial ha sido removida dando lugar a altos gradientes de humedad del interior a la superficie. Este fenómeno es causado por el sobre secado y encogimiento y consecuentemente las altas tensiones dentro del material dando como resultado agrietamiento y deformación.

FIGURA 2. Factores involucrados en el medio externo del material

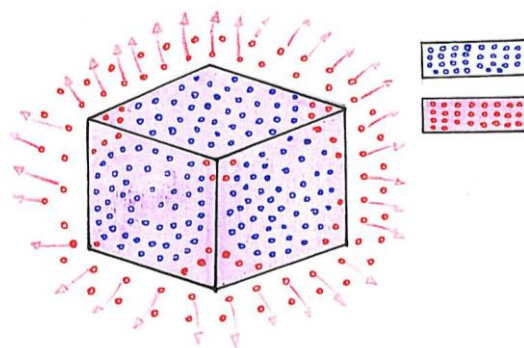


2.1.3. CONDICIONES INTERNAS DEL DESARROLLO DE SECADO

El movimiento de humedad dentro del material es una función de la naturaleza física, la temperatura y su contenido de humedad. En una operación de secado cualquiera de estos procesos puede ser el factor que determine la velocidad de secado.

A partir de la transferencia de calor hacia un material húmedo, un gradiente de temperatura se desarrolla dentro del material, mientras la evaporación de la humedad ocurre en la superficie. La evaporación produce una migración de humedad desde adentro del material hacia la superficie, la cual ocurre a través de uno o más mecanismos, normalmente, difusión, flujo capilar, presión interna causada por el encogimiento durante el secado¹

FIGURA 3. Factores involucrados internamente en el material



2.1.4. OPERACIONES DE SECADO

De una manera general, se pueden clasificar las operaciones de secado en discontinuas y continuas. Se aplican estos términos específicamente desde el punto de vista de la sustancia a

¹ Véase la publicación de (Knoule, 1968)

secar. Así, la operación denominada secado discontinuo en la práctica se refiere generalmente a un proceso semicontinuos en el que se expone una cierta cantidad de sustancia a secar a una corriente de aire que fluye

Continuamente, en la que se evapora la humedad. En las operaciones continuas pasan continuamente a través del equipo tanto la sustancia a secar como el gas. Generalmente no se emplean los típicos métodos en etapas, implicando todas las operaciones un contacto continuo del gas y de la sustancia a secar.

Los equipos utilizados para secado se pueden clasificar de acuerdo a cualquiera de las siguientes categorías:

➤ **Método de operación, discontinuo o continuo.**

Los equipos discontinuos o semicontinuos, se operan en forma intermitente o cíclica bajo condiciones de estado no estacionario: se carga el secador con la sustancia, la que permanece en el equipo hasta que se seca, momento en el que se vacía el equipo y se lo recarga con nuevo material. Usualmente los secadores continuos se operan en estado estacionario.

➤ **Método de proporcionar el calor necesario para la evaporación de humedad.**

En secadores directos, se suministra calor completamente por contacto directo de la sustancia con el gas caliente en el que tiene lugar la evaporación. En secadores indirectos, se suministra el calor en forma independiente del gas para arrastrar la humedad que se evapora. Por ejemplo, se puede suministrar el calor por conducción a través de una pared metálica en contacto con la sustancia, o, menos frecuentemente, por exposición de la sustancia a radiaciones infrarrojas o por calentamiento dieléctrico. En este último caso, se genera el calor dentro del sólido mediante un campo dieléctrico de alta frecuencia.

➤ **Naturaleza de la sustancia a secar.**

Puede la sustancia ser un sólido rígido tal como la madera, un material flexible, como tela o papel, un sólido granular tal como una masa de cristales, una pasta espesa o delgada o una solución. Si es un sólido, puede ser frágil o tenaz. Es probable que la forma física de la sustancia

y los distintos métodos de manipulación empleados ejerzan la influencia más grande en el tipo de secador a utilizar.²

FIGURA 4. Fruta deshidratada y madera seca, dos tipos de materiales sometidos al calor



² Información extraída del libro (Treyball, 1965)

2.2. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DEL SECADO

2.2.1. SECADO DISCONTINUO.

El producto es cargado en una sola tanda y la misma no se retira hasta que esté completamente seca. Todo el producto dentro del secador va pasando de un estado húmedo a un estado seco en forma paulatina. Tratándose de una operación relativamente costosa y, en consecuencia, se halla limitado a operaciones en pequeña escala, a trabajos en planta piloto o de desarrollo y al secado de materias valiosas cuyo costo total aumentará muy poco por el costo del secado.

SECADORES DIRECTOS

La construcción de tales secadores depende en gran medida de la naturaleza de la sustancia a secar. Los secadores de bandeja, también llamados de compartimientos, se utilizan para secar sólidos, los que se deben colocar sobre bandejas. En la figura se muestra un típico dispositivo consistente en un gabinete que contiene bandejas móviles sobre las que se desparrama el sólido que se va a secar. Después de su carga se cierra el gabinete y se sopla aire caliente a través de las bandejas y entre ellas, para evaporar la humedad (circulación cruzada o transversal), en caso de que el líquido a evaporar sea combustible, se puede usar gas inerte, así como vapor sobrecalentado.

Cuando el material ha alcanzado el grado deseado de sequedad, se abre el gabinete y se reemplaza las bandejas por otra partida.

FIGURA 5. Típico secador de bandejas

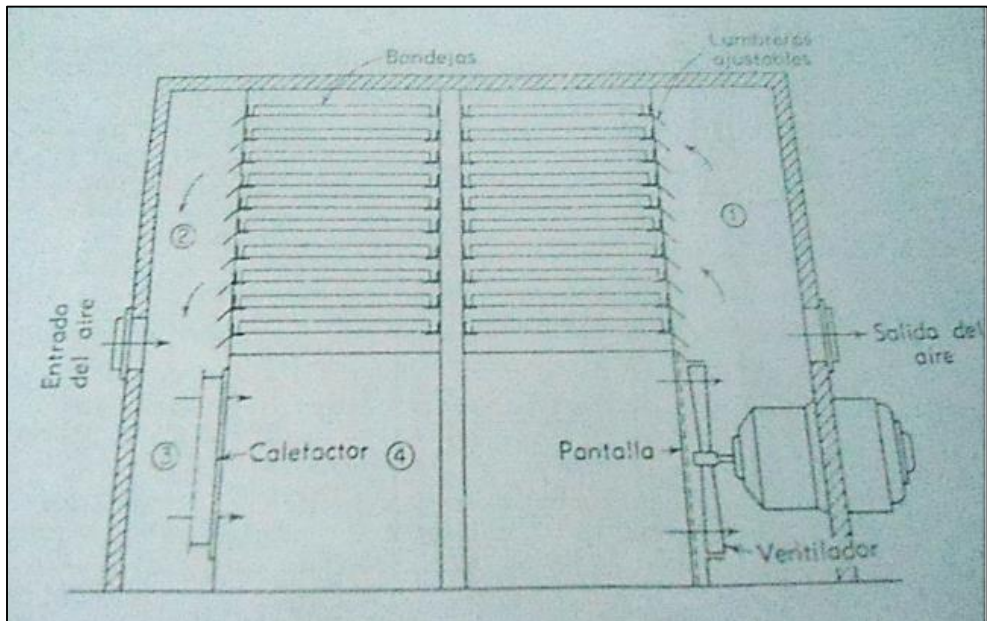
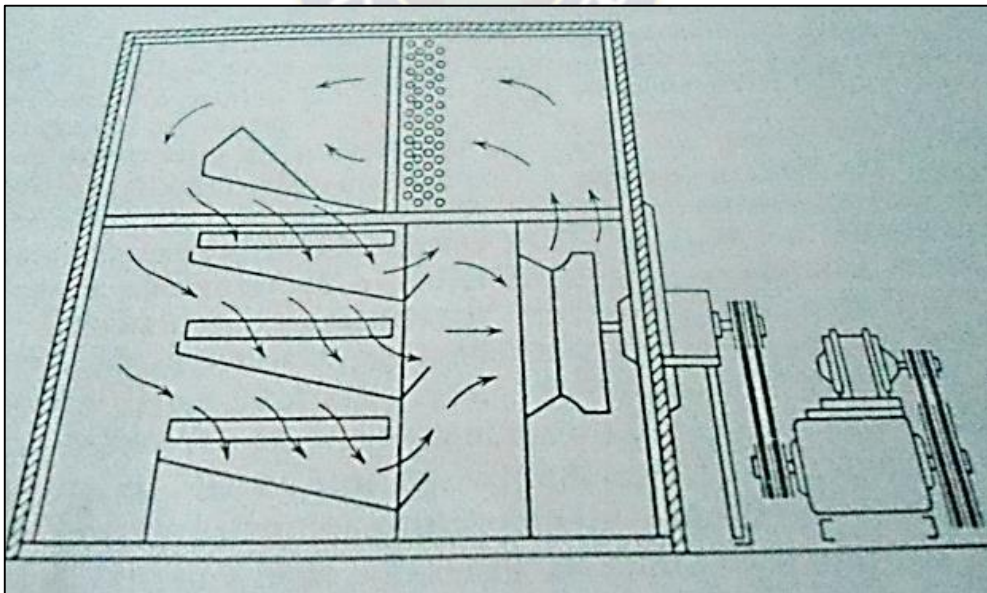


FIGURA 6. Secador con circulación de aire caliente, de tipo forzado



SECADORES INDIRECTOS

Los secadores de estantes al vacío son secadores de bandeja cuyos gabinetes, hechos con placas de hierro fundido o de acero, están provistos de puertas que cierran herméticamente, de modo tal que los puede operar a presiones menores que la atmosférica. No se sopla ni recircula aire a través de ellos. Las bandejas que contienen el sólido a secar descansan sobre estantes perforados a través de los que pasa agua caliente o vapor de agua, a fin de proveer el calor necesario para la evaporación de la humedad.

El sólido recibe el calor a través de los estantes metálicos y de las bandejas. Después de la carga y del cierre hermético, se extrae el aire del secador por medio de una bomba de vacío o de un inyector de chorro de vapor, y se procede a destilar la humedad. Usualmente los vapores pasan a un condensador, donde se los licua y recoge, sacando la bomba sólo los gases no condensables.

El tipo de secador del que hablaremos a continuación es un secador de bandejas.

Secador de bandejas

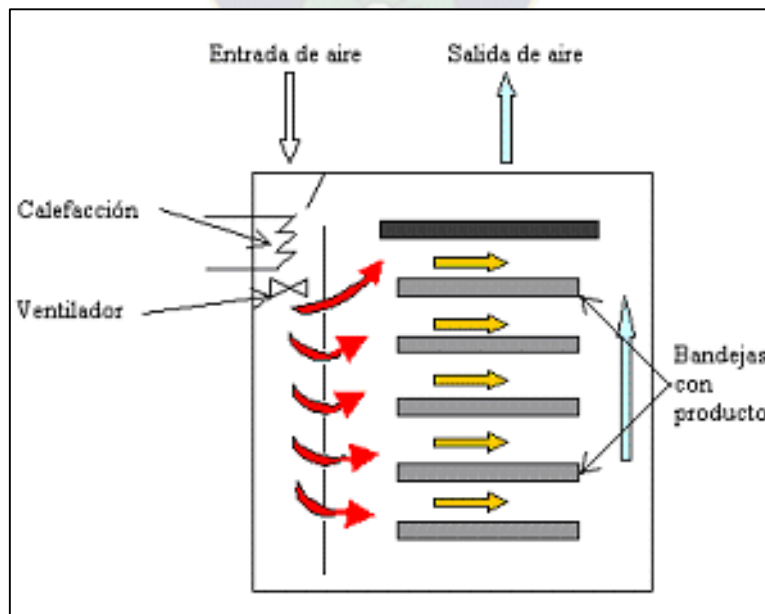
Son los secadores comúnmente utilizados en la industria farmacéutica. Se emplean para materiales muy diversos; cualquier tipo de material susceptible de manejarse en bandejas (materiales cristalizados, sustancias granulares, precipitados, sustancias plásticas, frutas, y otros materiales similares).

El número de bandejas varía de acuerdo al tamaño del secador. Las bandejas pueden ser de tipo metálica o plásticas, dependiendo del material a secar, el fondo puede ser perforado o enrejado, para permitir una buena circulación del aire y el escape del vapor. Permitiendo a que aire pase en forma transversal a través del producto, siendo el secado mucho más efectivo.

FIGURA 6. Típico secador de bandejas



FIGURA 7. Funcionamiento de un secador de bandejas



2.2.2. EL RÉGIMEN DEL SECADO DISCONTINUO.

Para poder establecer programas de secado y determinar el tamaño de los equipos, es preciso conocer el tiempo que se ha de necesitar para secar una sustancia desde un cierto contenido de humedad a otro, bajo condiciones específicas. También se querrá estimar la influencia que sobre el tiempo de secado ejercerán distintas condiciones de secado. Nuestro conocimiento del mecanismo de secado es tan incompleto que para estos fines es necesario, salvo pocas excepciones, llevar a cabo algunas mediciones de laboratorio. Las mediciones del régimen de secado discontinuo son relativamente sencillas y otorgan mucha información, no sólo para el caso discontinuo, sino también para operaciones continuas.³

Para reducir el contenido de humedad en el secado de diversos materiales de proceso, por lo general se estima el tamaño del secador necesario, las diferentes condiciones de operación de humedad y la temperatura del aire empleado, y el tiempo necesario para lograr el grado de secado. No es posible predecir el contenido de humedad de equilibrio de diversos materiales, por lo que es necesario determinarlo por vías experimentales.

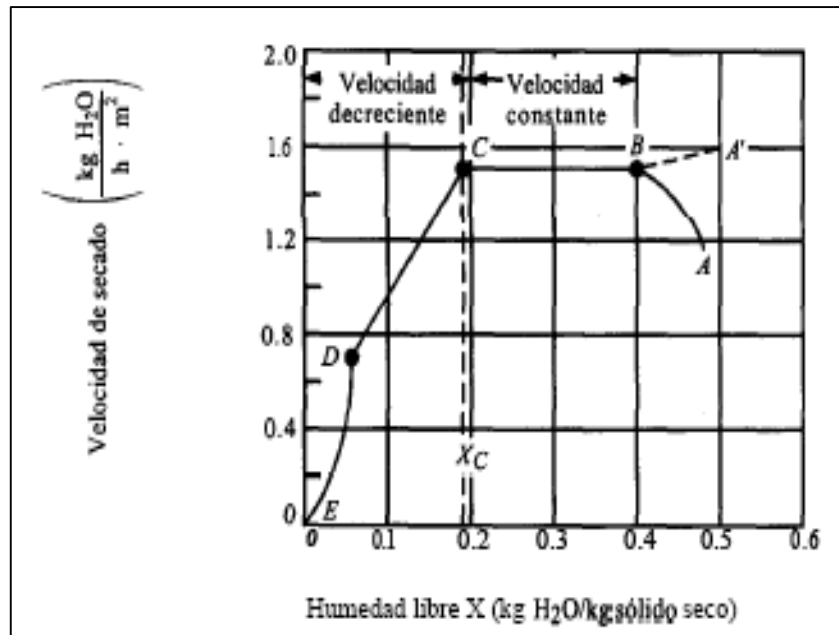
De la misma manera, puesto que el conocimiento de los mecanismos básicos de las velocidades de secado es bastante incompleto, en muchos casos es indispensable obtener algunas mediciones experimentales.

2.2.3. CURVA DE RÉGIMEN DEL SECADO.

Las gráficas pueden identificarse considerando dos partes características de la curva de secado:

³ Véase Operaciones de transferencia de masa (Treyball, 1965), (pág.666)

FIGURA 8. Diagrama característico de velocidad de secado vs humedad libre X

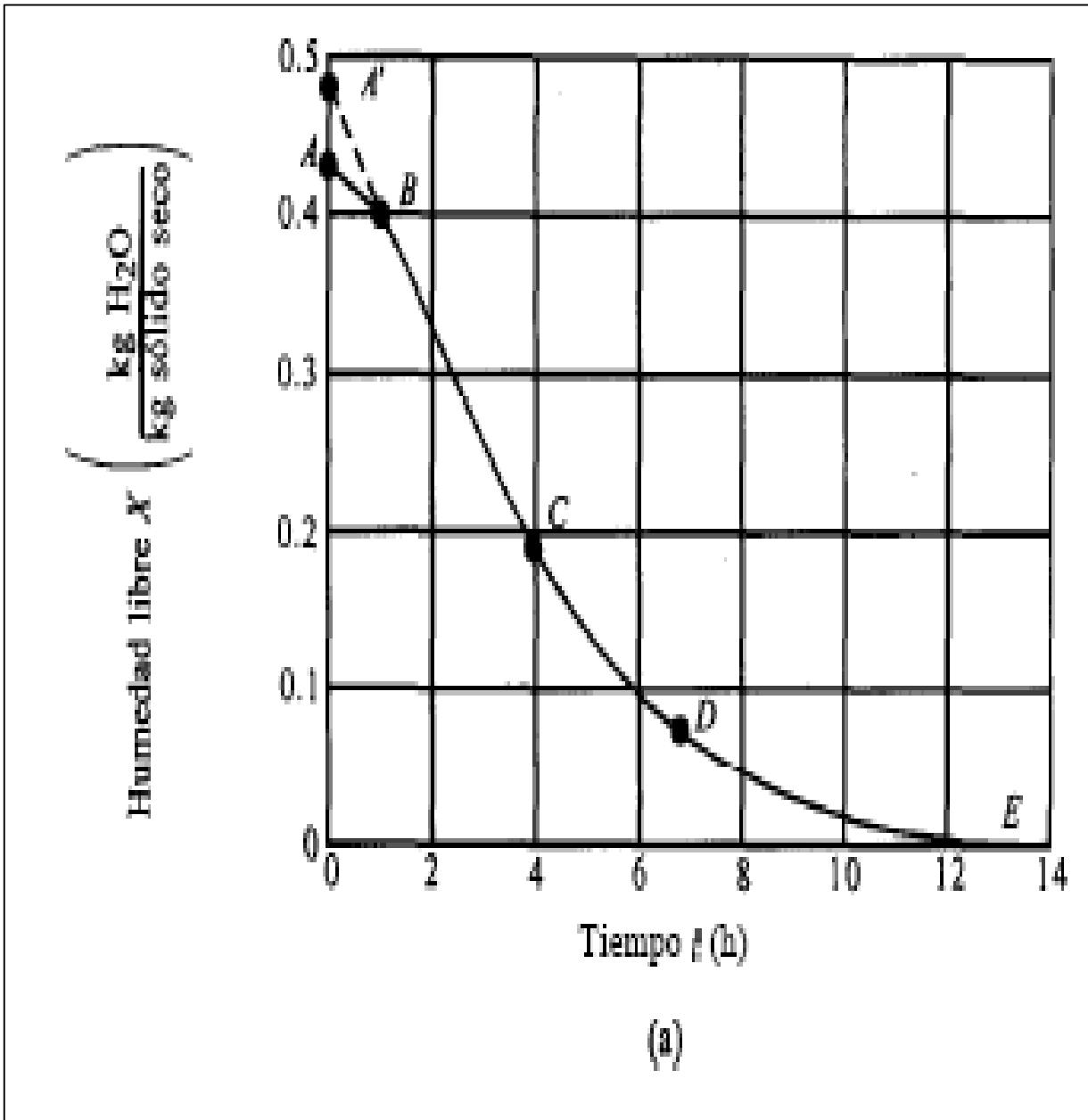


El periodo de velocidad constante y periodo de velocidad decreciente. La humedad contenida en la transición de estos dos periodos es conocida como humedad crítica X_{cr} , y generalmente es difícil de identificar en las curvas de velocidad de secado, sin embargo esta se encuentra en la curvatura que suele haber al final del periodo de velocidad constante.

Generalmente se considera que el **periodo de velocidad constante** se da cuando se remueve la humedad superficial del material, mientras que el periodo de **velocidad decreciente** se da cuando se remueve la humedad interna del material.

La explicación concerniente sobre la humedad superficial, y la humedad interna del material fue explicada anteriormente y se hallan en las páginas 8 – 9 del presente documento.

FIGURA 9. Diagrama característico del comportamiento de la humedad en los materiales



2.2.4. SECADO CONTINUÓ.

El producto se va cargando y descargando en tandas parciales, dentro del mismo secador se encuentra una parte del producto húmedo y otra casi seca.

El periodo entre cargas de las tandas varía de acuerdo al diseño. En algunos casos la carga y descarga parcial se realiza una vez por día. En otros casos se puede llevar a cabo varias veces en el mismo día. Estos secadores pueden ser de convección natural o forzada.

El secado continuo ofrece las ventajas de que usualmente el equipo necesario es pequeño en relación con la cantidad del producto, la operación se integra más fácilmente con productos químicos continuos sin almacenamiento intermedio, el producto tiene un contenido de humedad más uniforme, y el costo de secado por unidad de producto es relativamente pequeño. Como en el caso del secado discontinuo, la naturaleza del equipo empleado depende en mucho del tipo de sustancia a secar.

Puede utilizarse el calentamiento directo o calentamientos indirectos y a veces ambos.

En muchos de los secadores directos a describir, el sólido se traslada a través del secador mientras se pone en contacto con una corriente gaseosa en movimiento. El gas y el sólido pueden fluir en paralelo o en contracorriente, o puede cruzarse el gas al paso del sólido. Si no se suministra calor dentro del secador ni hay pérdidas de éste en su entorno, la operación es adiabática y el gas perderá calor sensible y se enfriará a medida que la humedad que se evapora absorbe calor latente de vaporización.

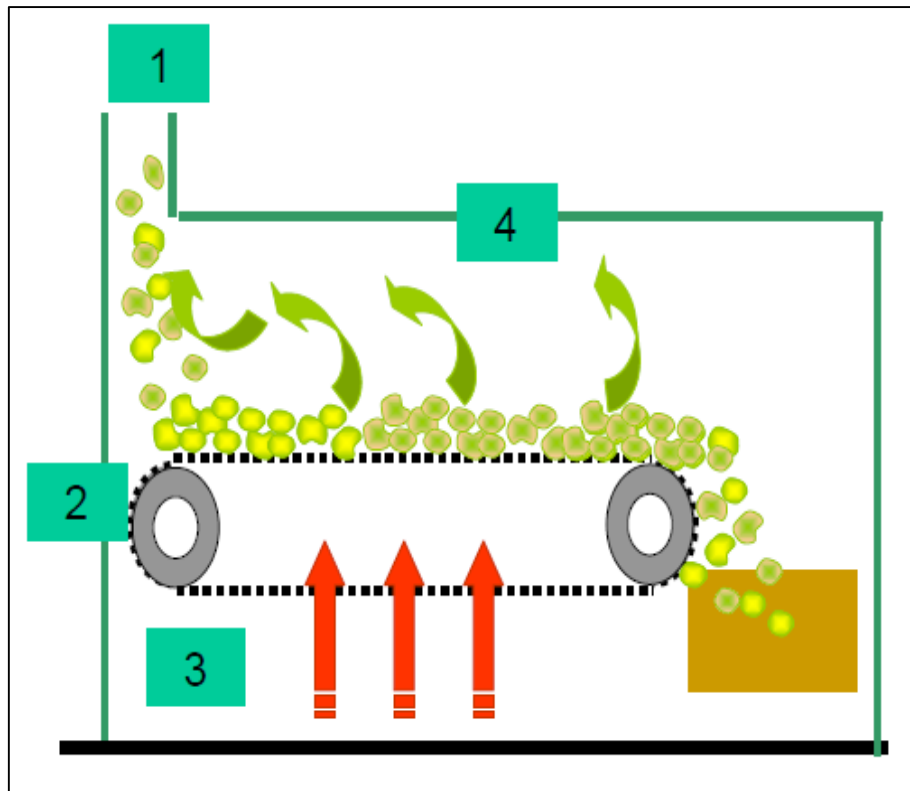
Suministrando calor dentro del secador, se puede mantener el gas a temperatura constante.

En operaciones adiabáticas en contracorriente, el gas más caliente se halla en contacto con el sólido más seco, calentándose el sólido que se descarga a una temperatura que puede aproximarse a la del gas entrante. Esto origina el más rápido secado, ya que especialmente en el caso de la humedad limite los últimos vestigios son los más difíciles de sacar, realizándose más rápidamente esto a altas temperaturas. Por otro lado, el sólido seco se puede dañar al ser calentado a altas temperaturas. Además en la descarga el sólido caliente arrastrará considerable calor sensible, bajando el rendimiento térmico de la operación de secado.

En operaciones adiabáticas en corrientes paralelas, el sólido húmedo se pone en contacto con el gas más caliente. Mientras haya humedad no límite, el sólido se calentará solamente hasta la

temperatura de bulbo húmedo del gas, y por esta razón aun los **sólidos sensibles al calor** se pueden secar frecuentemente por medio de gas bastante caliente en flujo paralelo.⁴

FIGURA 10. Descripción de un proceso continuo



⁴ Véase Aspectos teóricos de la operación de secado (Knoule, 1968).

Existen una infinidad de secadores de tipo industrial, a continuación detallaremos gráficamente algunos tipos de secadores.

FIGURA 11. Secador de tipo rotatorio

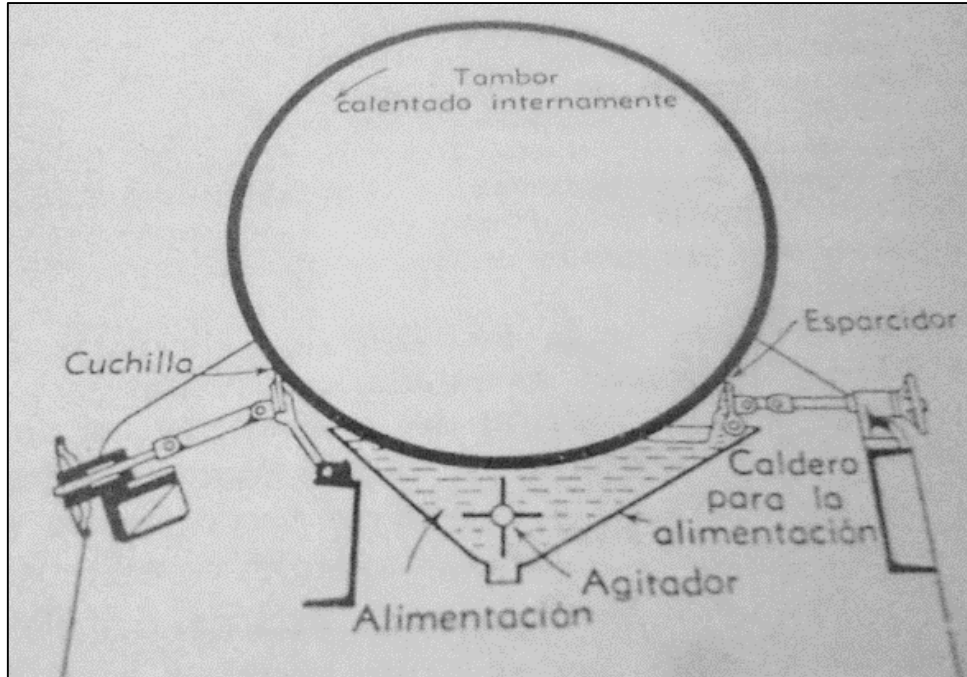


FIGURA 12. Típico secador de tambor giratorio

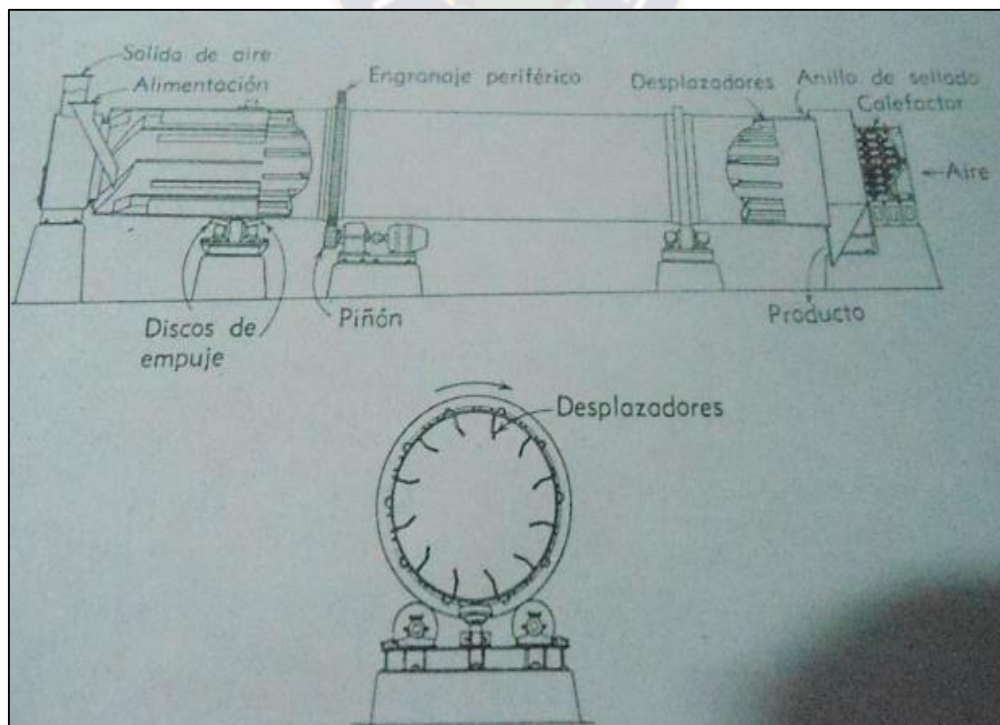


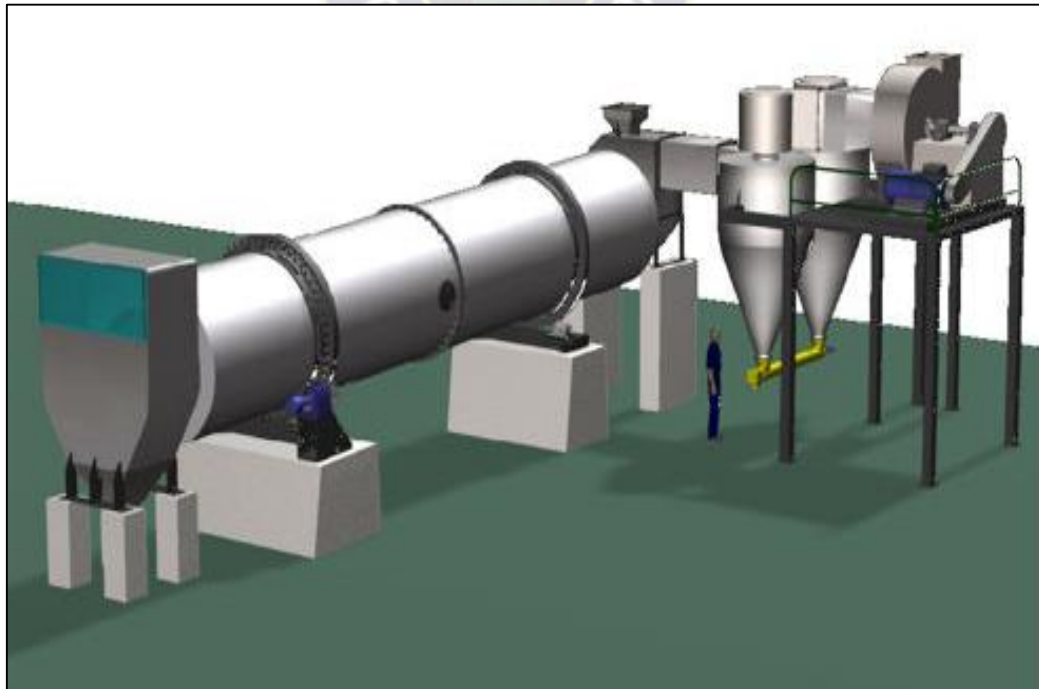
FIGURA 13. Madera apilada siendo secada en un equipo automatizado



FIGURA 14. Configuración de un secador rotatorio



FIGURA 15. Secador de lecho fluido



2.3. ELECCIÓN DE LA MEJOR SOLUCIÓN.

Anteriormente se habló de dos procesos de secado, un procedimiento de tipo continuo, donde el producto se va cargando y descargando, al interior de la cámara de secado. Contamos con un segundo proceso de tipo discontinuo, donde el material es cargado en una serie de bandejas y no se retiran las mismas hasta que se haya logrado la eliminación de su humedad.

Para considerar la mejor opción del secado, es necesario conocer la naturaleza del material. El material con el cual se trabaja es lana de oveja, de naturaleza voluminosa, ocupa mayor espacio en un ambiente.

Gracias a las experiencias del secado rudimentario, o secado a la interpedie, se sabe que el secado de lana de oveja es lento; debido a su naturaleza, presenta una cantidad de humedad excesiva. Las pérdidas de humedad en este material pueden tardar aproximadamente de tres días o más, mucho dependiendo de la cantidad de material a secar. Utilizando técnicas de removido manual (utilización de manos), se efectiviza el secado y se reduce el tiempo de secado en un mínimo.

Tomando en cuenta los factores, naturaleza del material, el método de proporcionar el calor al material, y el tiempo optimo deseado. Se elige como mejor solución, el proceso discontinuo.

La efectividad del procedimiento discontinuo tiene la ventaja de que el material puede ser retirado hasta que se haya eliminado la humedad existente.

El método para proporcionar el calor necesario para la evaporación de humedad, es mediante secado directo, es decir que el producto va estar en contacto directo con el fluido de trabajo que es un gas seco, se trata de aire seco, no contaminante para el material.

Si se trabajara con gases procedentes de la combustión como la gasolina, gas natural en contacto directo con el producto, el material se contaminaría, hasta podría dañarse.

Otro de los aspectos que se deben tomar en cuenta, es la temperatura máxima, ya que el producto puede dañarse a altas temperaturas, sus propiedades se modificarían y su calidad ya no sería la misma. La temperatura de secado máxima a la que va secar la lana de oveja es de 65 °C, más de esta temperatura no puede ser, se estaría dañando la estructura de las fibras de la lana oveja.

CAPITULO III

INGENIERIA DEL PROYECTO

3.1. PARAMETROS DE DISEÑO

Toda implementación o diseño esta fundamenta bajo una estructura de valores y datos ya sea existentes, y si no hubieran tales datos, solo nos queda realizar valores experimentales. Inicialmente contamos con los siguientes parámetros para el desarrollo del presente documento.

Cantidad de material a secar en kilogramos

Es la cantidad deseable que se pretende secar, relacionado al material base, que para el caso nuestro es la lana de oveja, se pretende secar una cantidad de:

$$C = 600 \frac{kg}{dia}$$

Cantidad de humedad en kilogramos

Es la existencia de agua contenida en el material, en forma líquida. El contenido de humedad debe ser retirado del material. Es un parámetro que no se puede determinar de forma directa.

$$m_{agua} = 0.021 kg$$

El valor correspondiente es el resultado de ciertos valores obtenidos durante una prueba de secado a pequeña escala desarrollada en laboratorio de química industrial, que más adelante será mostrada con más énfasis.

Temperatura máxima del secado del material

Otro de los parámetros para el desarrollo del trabajo es la temperatura de diseño, que corresponde a la temperatura máxima de secado del material.

Para el caso nuestro la temperatura para el secado de lana de oveja es:

$$T_{max} = 65 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

No se recomienda aplicar temperaturas superiores, ya que lo contrario repercutiría en el daño del material, llegándose a dañar bruscamente las propiedades de la lana de oveja, las fibras de las compone un mechón de lana perderían su resistencia, llegando a ser un material quebradizo.

Temperatura de la humedad:

Representa la temperatura de la humedad existente en el material, esta temperatura puede ser registrada mediante un termómetro, su unidad correspondiente es $^{\circ}\text{C}$.

Geometría del diseño deseado

Cierto criterio no es fácil de concretar a simple vista, la geometría está en relación a lo que pretende realizar, y visualizar la forma de la geometría, teniendo en cuenta que se pueda modificar si esto es posible. Para el caso nuestro se trata de una cámara de secado, la cámara podría ser cuadrada o rectangular, esto se lo definirá en el transcurso del presente documento

Factores influyentes en el diseño

Existirán ciertos factores que intervendrán en el desarrollo del diseño:

Ubicación:

Es el espacio de planificación propuesto de forma anticipada para el desarrollo del presente documento, siendo un elemento de gran importancia.

Hablando de la ubicación el diseño a elaborar estará al interior de un ambiente cerrado, bajo un tinglado, primera observación, el diseño no está a cielo abierto, la segunda observación no estará en contacto directo con el aire, prácticamente la ubicación está definida, ahora podemos establecer el tipo de flujo que rodeara al diseño.

Tipos de flujos en el ambiente

Representa el flujo que se encuentra en el medio ambiente. Por la descripción de la ubicación sabemos que el ambiente es cerrado, entonces prácticamente el aire que rodea el espacio se encuentra en reposo, a esto también podría llamarse convección libre del aire.

Coefficientes de transferencia de calor

Es el coeficiente de transferencia de calor por convección. Este coeficiente depende de las condiciones en la capa límite, en las influyen la geometría de la superficie, la naturaleza del movimiento del fluido y una variedad de las propiedades termodinámicas del fluido y de transporte.

$$h = \frac{W}{m^2 * K}$$

Temperatura ambiente:

Es la temperatura del aire registrada en el instante de la lectura, siendo su unidad °C

Calor específico (C):

Cantidad de energía para aumentar en 1°C la temperatura de 1 kg de material. Indica la mayor o menor dificultad que presenta una sustancia para experimentar cambios de temperatura bajo el suministro de calor. Los materiales que presentan un elevado calor específico serán buenos aislantes.

Potencia calorífica

La energía térmica (también llamada potencia calorífica) es la manifestación de la energía en forma de calor. La energía calorífica puede transmitirse de un cuerpo a otro por radiación, conducción o convección.

$$Q_T = q_{E.agua} + q_p$$

FIGURA 17. Manifestación de la potencia calorífica, mediante el uso de un quemador



Tipos de esfuerzos sometidos

Son aquellas fuerzas, que actúan sobre un elemento de máquina, una estructura sometida a un tipo de esfuerzo. De cierta manera estas fuerzas producirán en el elemento una serie de acontecimiento, denominadas esfuerzos de tracción, esfuerzos de compresión, esfuerzos relacionados a la torsión, esfuerzos cortantes, pandeos entre otros que son factores que se toman en cuenta al momento del diseño.

$$C = 1000 \frac{J}{kg^{\circ}K} \text{ aproximadamente.}$$

3.2. CÁLCULOS Y ESPECIFICACIONES

3.2.1. UTILIZACION DE LABORATORIO Y OBTENCIÓN DE VALORES

Se utilizó el laboratorio correspondiente de la carrera de química industrial, utilizando el equipo de secado de prueba, inicialmente se tomaron tres muestras de lana de oveja, en condiciones húmedas, se registró su peso mediante una balanza digital, a continuación se colocaron las muestras al interior del equipo de secado de prueba, se consideraron dos factores esenciales: la temperatura máxima de secado para el material y el tiempo de secado.

FIGURA18. Pesaje correspondiente de lana de oveja



Como tiempo referencial se tomaron 15 minutos, durante este periodo el material sufrirá cierta disminución de su humedad contenida. Transcurridos los primeros 15 minutos, las tres muestras fueron retiradas del equipo de prueba, siendo registrado su nuevo peso. A continuación se volvieron a colocar las tres muestras, durante otros 15 minutos, y nuevamente se retiró las tres

muestras, para ser pesadas y registradas en el cuaderno de apuntes, esta operación se la realizo con el propósito de obtener el equilibrio de masas. **Cuando se habla de equilibrio de masas,** es el valor final registrado con relación al anterior registro.

Cuando el último valor es semejante o se asemeja al valor anterior, esto nos denota que las masas se encuentran en equilibrio, **(el material no perderá más humedad)**

A continuación se detallan imágenes del desarrollo del laboratorio, realizado en la carrera de química industrial.

FIGURA 19. Muestras de lana de oveja, siendo sometidas al calor



FIGURA 20. Equipo utilizado para la prueba de secado



FIGURA 16. Selección de la temperatura de secado máxima en °C



3.2.2. OBTENCIÓN DE LA CURVA DE SECADO POR MEDIO DE LABORATORIO

El objetivo en este apartado es determinar el comportamiento de la lana de oveja, como sucede el fenómeno del secado de este material, esto se lo determinara por medio de una gráfica. Para una cierta cantidad de lana, se desconoce la masa de agua inicial y esto también está incluido para todo tipo de productos.

A continuación detallamos en tablas el peso inicial de lana de oveja más el contenido de humedad de las tres muestras que se realizaron

Tabla 1. Valores de las tres muestras de lana de oveja

<i>muestra 1</i> <i>(material seco</i> <i>+ humedad)</i>	<i>muestra 2</i> <i>(material seco</i> <i>+ humedad)</i>	<i>muestra 3</i> <i>(material seco</i> <i>+ humedad)</i>
98.86 (gr)	83.89 (gr)	86.23 (gr)

Se detalla a continuación las pérdidas de humedad de las tres muestras, en periodos de cada 15 minutos.

secado de lana de oveja. Primeros 15 minutos ***Disminución de humedad***
temperatura de secado 65 °C

<i>muestra 1 de 98.86 (gr)</i>	89.99 (gr)
<i>muestra 2 de 83,89 (gr)</i>	76.87 (gr)
<i>muestra 3 de 86.23 (gr)</i>	80.28 (gr)

segundos 15 minutos

Disminución de humedad

De 89.99 (gr)	<i>baja a 85.91 (gr)</i>
De 76.87 (gr)	<i>baja a 73.41 (gr)</i>
De 80.28 (gr)	<i>baja a 77.81 (gr)</i>

terceros 15 minutos**Disminución de humedad**

De 85.91 (<i>gr</i>)	83.20 (<i>gr</i>)
De 73.41 (<i>gr</i>)	71.03 (<i>gr</i>)
De 77.81 (<i>gr</i>)	75.91 (<i>gr</i>)

De **83.20** (*gr*) **81.09** (*gr*)

De 71.03 (<i>gr</i>)	69.32 (<i>gr</i>)
De 75.91 (<i>gr</i>)	74.52 (<i>gr</i>)

De **81.09** (*gr*) **79.63** (*gr*)

De 69.32 (<i>gr</i>)	68.06 (<i>gr</i>)
De 74.52 (<i>gr</i>)	73.28 (<i>gr</i>)

De **79.63** (*gr*) **78.52** (*gr*)

De 68.06 (<i>gr</i>)	67.10 (<i>gr</i>)
De 73.28 (<i>gr</i>)	72.22 (<i>gr</i>)

De **78.52** (*gr*) **77.31** (*gr*)

De 67.10 (<i>gr</i>)	65.97 (<i>gr</i>)
De 72.22 (<i>gr</i>)	71.10 (<i>gr</i>)

77.31 (gr)	77.16 (gr)
65.97 (gr)	65.69 (gr)
71.10 (gr)	70.80 (gr)

Esta última tabla, que corresponde a la octava prueba de secado, se observa que las muestra 1 y 2, mantienen sus valores de masa de forma contante, definitivamente se ha logrado eliminar la cantidad de humedad que contenía el producto.

Finalmente con estos valores podemos encontrar la humedad inicial que contenía el producto de la lana de oveja y determinar la gráfica correspondiente de **humedad vs tiempo**.

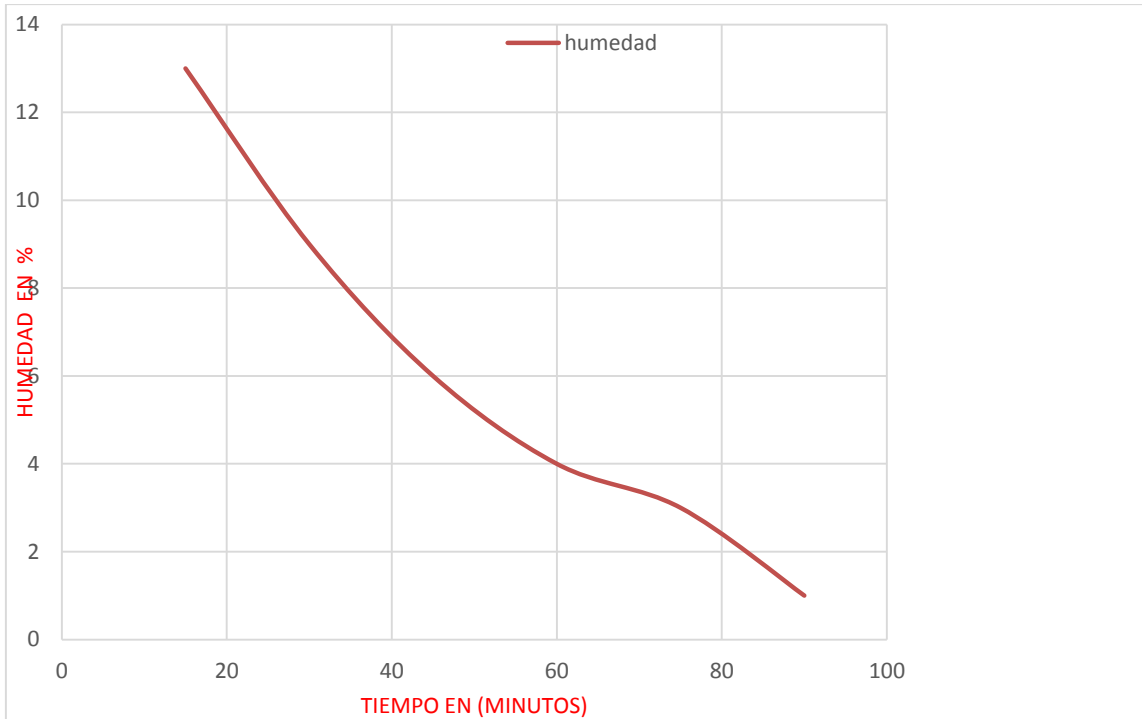
Tabla 2. Valores correspondientes de la masa total de lana.

Material seco y contenido de humedad.

Contenido de lana + Contenido de humedad	Masa de humedad contenida en la lana	% de humedad	
98.50 (gr) total	12.83 (gr)	4.7 %	
89.99 (gr)	8.75 (gr)	3.3 %	
85.91 (gr)	6.04 (gr)	2.6 %	
83.20 (gr)	3.93 (gr)	1.8 %	
81.09 (gr)	2.47 (gr)	1.4 %	
79.63 (gr)	1.36 (gr)	1.6 %	
78.52 (gr)	0.15 (gr)	0 %	
77.31 (gr)	0		
77.16 (gr)	Humedad total = 35.53 (gr)		

De los datos elaborados en el laboratorio de la carrera de química industrial se procede a elaborar la respectiva curva de secado que tiene la lana de oveja.

FIGURA 22. Gráfica del comportamiento de la lana de oveja



En la gráfica o curva representativa de calor rojo podemos apreciar que la humedad va cayendo a medida que pasa el tiempo, esta caída descendente es la consecuencia del calor proporcionado al material. Es una gráfica del comportamiento de secado que presenta este material, y que presentan otros materiales, entonces se ha demostrado hasta este punto, la aplicación de la teoría del autor⁵.

⁵ Véase la publicación de (Treyball, 1965)

$$\% = \frac{\text{masa de humedad en la lana}}{\text{masa total}} * 100$$

$$\text{Humedad} = \frac{35.53}{98.50} * 100$$

$$\% = 36 \text{ de humedad}$$

3.2.3. DETERMINACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE SECADO DE SECADO

Para determinar las dimensiones de la cámara de secado, se realizó la construcción de una caja con las siguientes medidas

$$a = 0.30 \text{ m}$$

$$b = 0.25 \text{ m}$$

$$c = 0.20 \text{ m}$$

FIGURA 23. Construcción de una caja referencial



Determinamos el volumen de la caja base

$$V = a * b * c$$

$$V = (0.30 * 0.25 * 0.20) \text{ m}^3$$

$$V = 0.015 \text{ m}^3$$

Al interior de la caja base añadimos lana de oveja en condiciones húmedas, el material no debe ocupar toda la caja como se muestra en la figura, porque ese espacio estará ocupado por la evaporación de su humedad, debido al calor añadido al material.

FIGURA 24. Muestra de lana de oveja, al interior de la caja referencial



En la caja pequeña caben aproximadamente una cantidad de:

$$m = 3 \text{ kg de lana}$$

Entonces:

$$3 \text{ kg de lana} \rightarrow 0.015 \text{ m}^3$$

El promedio de secado de lana de oveja al interior de la empresa textil es:

$$\text{Producción Actual} = 600 \frac{\text{kg}}{\text{semana}}$$

Con el proyecto se pretende aumentar la cantidad de material a secar a:

$$600 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Semanalmente se hablaría de:

$$600 * 5 \text{ días activos} = 3000 \frac{\text{kg}}{\text{semana}}$$

Se pretende que ingresen una cantidad a 200 kg de material húmedo, hacia el interior de la cámara propuesta, a continuación determinaremos las dimensiones reales del equipo de secado para la capacidad mencionada.

$$x \rightarrow 200 \text{ kg de lana}$$

$$x = \frac{0.015 \text{ (m}^3\text{)} * 200 \text{ (kg de lana de oveja)}}{3 \text{ (kg de lana de oveja)}}$$

El nuevo volumen para 200 kg de material húmedo es:

$$V_x = 1 \text{ (m}^3\text{)}$$

A partir de este volumen se pretende hallar las dimensiones reales de la cámara que contendrá el material húmedo.

Se conoce que el volumen es:

$$V_x = A * B * C$$

$$\text{Asumimos que } A = B = 0.90 \text{ (m)}$$

Hallaremos el valor C

$$C = \frac{V_x}{A * B}$$
$$C = \frac{1 \text{ m}^3}{(0.90 * 0.90) \text{ m}^2}$$
$$C = 1.2 \text{ (m)}$$

Estos valores corresponden a las dimensiones reales de la cámara de secado, finalmente la geometría de la cámara es rectangular, debido a los valores hallados.

La capacidad de secado es de 200 kg de lana representa el 100 % del total del material. Anteriormente se habló que parte de la cámara de secado estaría ocupada por la evaporación a consecuencia del calor añadido, un segundo punto que se ha propuesto, es incorporar un elemento mecánico que ayudara a que se produzca un secado uniforme de todo el material, actuara como la técnica de removido manual.

Debido a estas dos consideraciones, solamente ingresaremos el 75 % de la capacidad total de material.

Sabemos mediante laboratorio el porcentaje de humedad en el material, de las muestras tomadas a pequeña escala, se utilizara este porcentaje de humedad a la nueva capacidad de trabajo de 150 kg de material húmedo. La capacidad total representa parte de material seco y el restante la humedad que se pretende eliminar.

Cap = 150 (kg) lana más humedad

$$150 \text{ (kg)} * 1000 = 150000 \text{ (gr)}$$

$$150000 * (0.36)$$

La humedad aproximada existente es:

$$m_{\text{Agua}} = 54000 \text{ (gr)}$$

Esto representa que el 36 % de la capacidad real del material es humedad, y el 64 % representa material seco.

La parte del material seco corresponde el:

$$m_{\text{Lana}} = m_{\text{T}} - m_{\text{Agua}}$$

$$m_{\text{Lana}} = (150000 - 54000) \text{ gr}$$

$$m_{\text{Lana}} = 96000 \text{ gr}$$

3.2.4. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA CALORIFICA

Ahora que sabemos la cantidad de humedad existente en el material, debemos determinar la cantidad de calor necesaria para eliminar la humedad existente del material.

La potencia calorífica se define como la cantidad de calor generada de alguna fuente mineral como el carbón, el gas licuado de petróleo o mediante una resistencia eléctrica. A continuación se determinara el calor añadido al material, mediante la aplicación de la ecuación fundamental de transferencia de calor.

$$q_L = \frac{m_{\text{Agua}}}{\theta} * C_{p\text{Agua}}(T_2 - T_1)$$

$$q_{\text{lana}} = m_{\text{Agua}} * C_{p\text{Agua}}(T_2 - T_1)$$

Donde:

q_L = calor necesario para evaporar la humedad del producto (W)

m_{Agua} = masa de agua contenida en el producto(kg)

C_p = calor especifico del agua ($\text{J}/\text{kg} * ^\circ\text{C}$)

θ = tiempo de secado del producto (hr)

T_2 = temperatura maxima de secado ($^\circ\text{C}$)

T_1 = representa la temperatura de la humedad existente en el material ($^\circ\text{C}$)

$$q_L = 0.0354 \text{ kg} * 4196.2 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (65 - 9)^\circ\text{C}$$

$$q_L = 8318.55 \text{ J}$$

Para evaporar 35.5 gr de agua \rightarrow 8318.55 J

54000 gr de agua \rightarrow qx

$$x = \frac{54000 \text{ (gr de humedad)} * 8318.55 \text{ (Joule)}}{35.5 \text{ (gr de humedad)}}$$

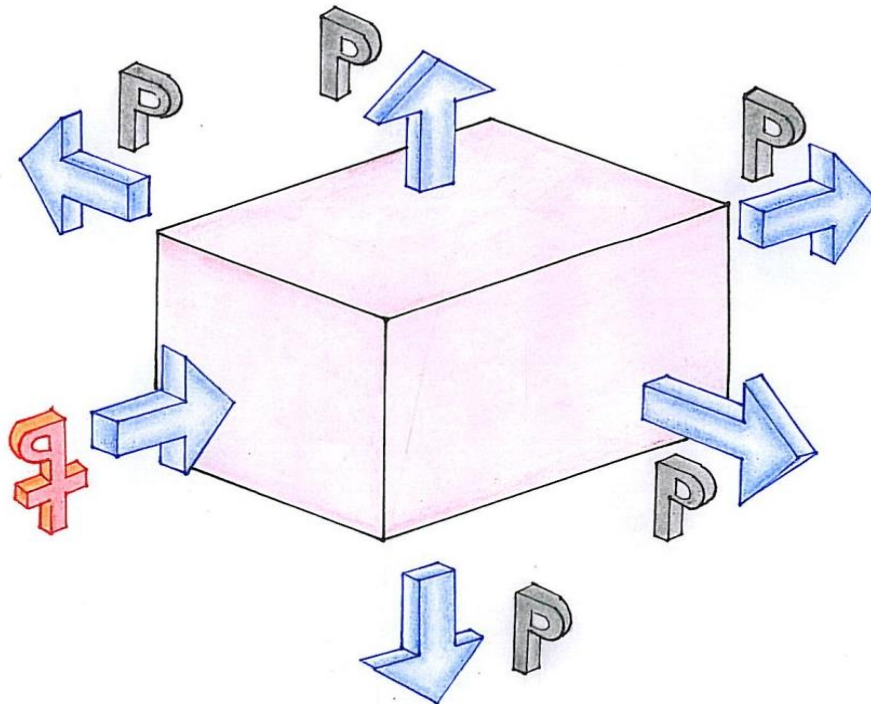
$$qx = 12653569.01 \text{ (Joule)}$$

$$x = \frac{12653569.01 \text{ [W - seg]}}{\theta}$$

$$qx = \frac{12653569.01 \text{ [W - seg]}}{1 \text{ hr}} * \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ seg}}$$

$$q_L = 3514.88 \text{ (W)}$$

FIGURA 25. Pérdidas de calor, a través de las paredes



Sabemos que todo sistema sea de tipo mecánico, eléctrico presentara perdidas por medio de la transformación de calor, estas pérdidas por calor también se producen a través de las paredes de la cámara de secado si obviáramos este criterio solo contaríamos con el calor añadido al material, sabiendo que parte de este calor se pierde de forma espontánea, y el dimensionamiento de la fuente de calor (intercambiador de calor) sería el incorrecto. A continuación desarrollaremos el cálculo respectivo de las perdidas caloríficas en cada una de las paredes de las que costa el equipo.

Cálculo de variación de temperatura.

$$\Delta T = \frac{\frac{1}{h_i}}{\frac{1}{h_i} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_e}} (T_i - T_e)$$

Donde:

ΔT = variación de temperatura (°C)

h_i = coeficiente de convección interno $\left(\frac{W}{m^2 * ^\circ C}\right)$

h_e = coeficiente de convección externo $\left(\frac{W}{m^2 * ^\circ C}\right)$

Δx = espesor del material (mm)

k = conductividad del material

T_i = temperatura máxima de secado en (°C)

T_e = temperatura ambiente exterior en (°C)

Tabla 3. Valores relacionados a los coeficientes de convección

Flujo y Fluido	$h_c \left(\frac{W}{m^2 * K} \right)$
Convección libre, aire	3-25
Convección libre, agua	15-100
Convección forzada, aire	10-200
Convección forzada, agua	50-10000
Convección forzada, sodio líquido	10000-100000
Condensación de vapor	5000-50000
Ebullición de agua	3000-100000

Fuente. Mills, transferencia de calor

Se asumen los valores de coeficiente de convección interno, y coeficiente de convección externo de la tabla anterior, la elección de estos valores se aclarara a continuación.

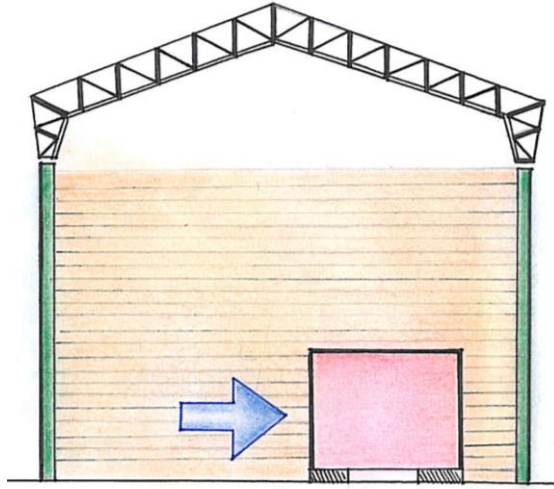
$$h_i = 20 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

$$h_e = 6 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

Aclaración.

El criterio para la elección de los coeficientes de convección, está en función a la ubicación del proyecto.

FIGURA 17. Ubicación referencial del diseño propuesto



La empresa textil ha dispuesto un ambiente, que se encuentra protegido de paredes y un techo estructural, el ambiente tiene un contacto mínimo con el aire exterior, siendo el criterio que se toma para la elección del tipo de flujo, y sus correspondientes coeficientes de convección que son valores que se asumen de manera inicial.

FIGURA 27. Ambiente para la disposición del proyecto



A continuación se designa un aislante que evitara en gran medida la pérdida calorífica, y una mejor conservación del calor

$$\text{Fibra de vidrio} \begin{cases} \Delta x = 10 \text{ mm} = 0.010 \text{ m} \\ k = 0.036 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \end{cases}$$

$$\Delta T = \frac{\frac{1}{20 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}} \right]} + \frac{0.010 \text{ m}}{0.036 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \right]} + \frac{1}{6 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}} \right]}} * (65 - 15)^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 4.6^\circ\text{C}$$

$$T_{wi} = T_i - \Delta T$$

$$T_{wi} = (65 - 4.6)^\circ\text{C}$$

$$T_{wi} = 60.4^\circ\text{C}$$

$$h_i \rightarrow T_f = \frac{T_i - T_{wi}}{2}$$

$$T_f = \frac{(65 + 60.4)^\circ\text{C}}{2}$$

$$T_f = 62.7^\circ\text{C}$$

A este valor de temperatura, le corresponde las siguientes propiedades del aire.⁶

⁶ Véase en Anexos, tablas de propiedades de los gases transferencia de calor

$$T_f = 62.7 \text{ } ^\circ\text{C} \left\{ \begin{array}{l} \rho = 1.051(\text{kg}/\text{m}^3) \\ k = 0.02828 (\text{w}/\text{m}^\circ\text{C}) \\ \mu = 2.020 \times 10^{-5}(\text{kg}/\text{mseg}) \\ Pr = 0.7195 \end{array} \right. \quad T_f = 62.7 \text{ } ^\circ\text{C} \left\{ \begin{array}{l} \rho \\ k \\ \mu \\ Pr \end{array} \right.$$

$$T_{abs} = 335.7 \text{ K}$$

Coeficiente de dilatación térmica.

$$\beta = \frac{1}{335.7 \text{ K}} = 3.0 \times 10^{-3}$$

PERDIDAS POR CALOR EN PAREDES HORIZONTALES

CÁLCULO DEL NÚMERO DE GRASHOFF.

$$G_r = \frac{\beta * g * \rho^2 * L^3}{\mu^2} * \Delta T$$

Donde:

μ = viscosidad dinamica del fluido ($\text{kg}/\text{m} * \text{seg}$)

k = conductividad térmica del fluido ($\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}$)

ρ = densidad del fluido (kg/m^3)

β = coeficiente de dilatación térmica ($1/T_{abs}$)

ΔT = diferencia de temperatura ($^\circ\text{C}$)

$$G_r = \frac{3.0 \times 10^{-3} * 9.8 * (1.051)^2 * (2.7)^3}{(2.020 \times 10^{-5})^2} * 277.6\text{K}$$

$$G_r = 4.3 \times 10^{11}$$

$$Gr * Pr = 4.3 \times 10^{11} * 0.7195$$

CÁLCULO DEL NÚMERO DE NUSSET.

$$Nu_{ul} = 0.27(3.1 \times 10^{11})^{\frac{1}{4}}$$

$$Nu_{ul} = 201.47$$

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CONVECCIÓN INTERNO.

$$h_i = \frac{Nu_{ul} * k}{L}$$

$$h_i = \frac{201.47 * 0.02828}{1.2}$$

$$h_i = 4 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$T_{we} = T_e + \Delta T$$

$$T_{we} = (15 + 4.6)^\circ C$$

$$T_{we} = 19.60^\circ C$$

$$h_e \rightarrow T_f = \frac{T_e + T_{we}}{2} = \frac{(15 + 19.60)^\circ C}{2}$$

Para el valor de temperatura hallado, le corresponden las siguientes propiedades del aire:

$$T_f = 17.3^\circ\text{C} \begin{cases} \rho = 1.215 \text{ (kg/m}^3\text{)} \\ k = 0.02493 \text{ (w/m}^\circ\text{C)} \\ \mu = 1.813 \times 10^{-5} \text{ (kg/m * seg)} \\ Pr = 0.7317 \end{cases}$$

$$T_{abs} = 290.3 \text{ K}$$

Coeficiente de dilatación térmica.

$$\beta = \frac{1}{290.3 \text{ K}} = 3.4 \times 10^{-3} \text{ (}^\circ\text{k)}$$

CÁLCULO DEL NÚMERO DE GRASHOFF.

$$G_r = \frac{\beta * g * \rho^2 * L^3}{\mu^2} * \Delta T$$

$$G_r = \frac{3.4 \times 10^{-3} * 9.8 * (1.215)^2 * (2.7)^3}{(1.813 \times 10^{-5})^2} * 277.6$$

$$G_r = 8.2 \times 10^{11}$$

$$G_r * Pr = 8.2 \times 10^{11} * 0.7317$$

$$G_r * Pr = 6.0 \times 10^{11}$$

CÁLCULO DEL NÚMERO DE NUSSET.

$$N_{ul} = 0.27(6.0 \times 10^{11})^{\frac{1}{4}}$$

$$N_{ul} = 237.63$$

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CONVECCIÓN EXTERNO.

$$h_e = \frac{N_{ul} * k}{L}$$

$$h_e = \frac{237.63 * 0.02493}{1.2}$$

$$h_e = 5 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

PERDIDAS POR CALOR EN PAREDES VERTICALES.

CÁLCULO DEL NÚMERO DE GRASHOFF.

$$G_r = \frac{3.0 \times 10^{-3} * 9.8 * (1.051)^2 * (1.5)^3}{(2.020 \times 10^{-5})^2} * 277.6$$

$$G_r = 7.5 \times 10^{10}$$

$$G_r * Pr = 7.5 \times 10^{10} * 0.7195$$

$$G_r * Pr = 5.4 \times 10^{10} > 10^7$$

CÁLCULO DEL NÚMERO DE NUSSET.

$$N_{ul} = 0.021(5.4 \times 10^{10})^{\frac{2}{5}}$$

$$N_{ul} = 412.27$$

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CONVECCIÓN INTERNO.

$$h_i = \frac{N_{ul} * k}{L}$$

$$h_i = \frac{412.27 * 0.02828}{0.90}$$

$$h_i = 13 \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right)$$

CÁLCULO DEL NÚMERO DE GRASHOFF.

$$G_r = \frac{3.4 \times 10^{-3} * 9.8 * (1.215)^2 * (1.5)^3}{(1.813 \times 10^{-5})^2} * 277.6$$

$$G_r = 1.4 \times 10^{11}$$

$$G_r * Pr = 1.4 \times 10^{11} * 0.7317$$

$$G_r * Pr = 1.0 \times 10^{11} > 10^7$$

CÁLCULO DEL NÚMERO DE NUSSET.

$$N_{ul} = 0.021(1.0 \times 10^{11})^{\frac{2}{5}}$$

$$N_{ul} = 527.50$$

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CONVECCIÓN EXTERNO.

$$h_e = \frac{N_{ul} * k}{L}$$

$$h_e = \frac{527.50 * 0.02493}{0.90}$$

$$h_e = 14 \left[\frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

CÁLCULO DE CALOR PERDIDO EN LAS PAREDES VERTICALES

$$q_{PV} = \frac{T_i - T_e}{\frac{1}{h_i} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_e}}$$

$$q_{PV} = \frac{(65 - 15)^\circ C}{\frac{1}{13} + \frac{0.010}{0.036} + \frac{1}{14}}$$

$$\frac{q_{PV}}{A} = 118 \frac{w}{m^2}$$

Cálculo de áreas verticales.

$$A_{Total} = 2A_1 + 2A_2$$

$$A_{Total} = 2(0.90 * 1.20)m^2 + 2(0.90 * 0.90)m^2$$

$$A_{Total} = 3.78 m^2$$

$$q_{PV} = 118 * A \frac{w}{m^2}$$

$$q_{PV} = 118 * 3.78 m^2 * \frac{w}{m^2}$$

$$q_{PV} = 446.04 [w]$$

CÁLCULO DEL CALOR PERDIDO EN LAS PAREDES HORIZONTALES

$$q_{PH} = \frac{T_i - T_e}{\frac{1}{h_i} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_e}}$$

$$q_{PH} = \frac{65 - 15}{\frac{1}{4} + \frac{0.010}{0.036} + \frac{1}{5}}$$

$$\frac{q_{PH}}{A} = 68.68 \frac{W}{m^2}$$

$$q_{PH} = 68.68 * A \frac{W}{m^2}$$

Cálculo de áreas horizontales.

$$A_{Total} = 2A_3$$

$$A_{Total} = 2(1.2 * 0.9)m^2$$

$$A_{Total} = 2.16 m^2$$

$$q_{PH} = 68.68 * 2.16m^2 * \frac{W}{m^2}$$

$$q_{PH} = 148.35 [W]$$

Finalmente todo el calor perdido en paredes es:

$$q_{PTotal} = q_{PV} + q_{PH}$$

$$q_{pTotal} = (446.04 + 148.35)W$$

$$q_{PerdidasT} = 594.39 [W]$$

CÁLCULO DE LA POTENCIA CALORIFICA NECESARIO TOTAL

Representa el calor añadido al material y parte de este calor que se pierde a través de todas sus paredes. Se concluye que el sistema necesita una potencia calorífica de:

$$Q_{TOTAL} = q_L + q_{PerdidasT}$$

$$Q_{TOTAL} = (3514.88 + 594.39)w$$

$$Q_{TOTAL} = 4110 [w]$$

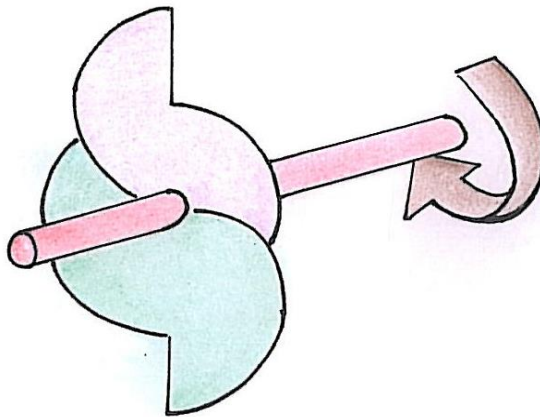


3.2.5. DIMENSIONAMIENTO DE LA PALETA REMOVEDORA

Anteriormente se habló de una técnica de removido manual, con las manos que era efectiva al momento de eliminar la humedad, entonces se propone un sistema mecánico del tipo giratorio que realice la misma técnica de removido.

Las ventajas que presentaría este sistema mecánico, serian el giro constante, otra de las ventajas que va presentar este sistema, uniformidad en el secado de lana de oveja. A continuación se muestra una figura descriptiva del sistema mecánico propuesto.

FIGURA 18. Descripción del sistema de paleta removedora



A continuación detallamos algunos valores para el diseño de esta pala giratoria, o pala removedora.

La masa a secar corresponde el 75 %

$$m = 150 \text{ kg}$$

Esta masa representa el material seco, incluida la humedad

Determinación de su peso

$$w = m * g$$

Donde:

w = peso de la lana en (N)

m = masa del material en (kg)

g = la aceleración de la gravedad en (m/s^2)

$$w = 150 \text{ (kg)} * 9,81 \text{ (m}/\text{s}^2)$$

$$w = 1471,50 \text{ (N)}$$

Determinación de la fuerza

El peso hallado representa a un bloque que se considera en reposo, para mover o romper el equilibrio de este peso necesitamos de una fuerza F , a continuación describimos tres condiciones:

Si $w > F$ se cumplirá que la fuerza aplicada no es suficiente para romper el punto de equilibrio del cuerpo.

- $w = F$ en este caso no existe acción alguna por parte de la fuerza
- $w < F$ la fuerza rompería el equilibrio, generando movimiento

Entonces:

$$F = w + w * 10\%$$

El 10 % representa el valor adicional para vencer el peso w , siendo criterio personal del diseñador.

$$F = 1471,50(N) + 1471,50 * 0,1(N)$$

$$F = (1471,50 + 147,15)(N)$$

$$F = 1618,65 (N)$$

Determinación del par de torsión

$$T = F * d$$

Donde:

T = representa el par de torsión en (N m)

F = fuerza aplicada en cierto punto en (N)

d = distancia al punto de acción de la fuerza en (m)

$$T = 1618,65(N) * 0,44(m)$$

$$T = 712,21 (N m)$$

Para el dimensionamiento del eje, se utilizara el acero **ASTM, A 36** ya que es un acero comercial, de característica dúctil. En resumen es un acero con bajo contenido de carbonó, disponible en láminas, placas, barras y perfiles estructurales.

Una de sus propiedades mecánicas de gran importancia es la resistencia a la fluencia.

$$S_y = 248 (MPa)$$

Determinación del esfuerzo de diseño

$$\tau_d = \frac{S_y}{N}$$

Donde:

τ_d = esfuerzo de diseño en (N/mm^2)

S_y = resistencia a la fluencia del material en (MPa)

N = factor de diseño, determinado bajo el tipo de carga adimensional

Tabla 4. Factores de diseño y esfuerzos cortantes de diseño para metales dúctiles

Tipo de carga	Factor de diseño	Diseño por esfuerzo cortante $\tau_d = S_y / 2N$
Torsión estática	2	$\tau_d = S_y / 4$
Torsión cíclica	4	$\tau_d = S_y / 8$
Impacto o choque torsional	6	$\tau_d = S_y / 12$

$$N = 2$$

En donde N es el factor de diseño que se eligió con base en el tipo de carga⁷

Entonces:

$$\tau_d = \frac{248 \left(\text{N/mm}^2 \right)}{2}$$

$$\tau_d = 124 \left(\text{N/mm}^2 \right)$$

En el diseño, se puede sustituir un cierto esfuerzo de diseño τ_d por $\tau_{\text{máximo}}$.

Determinación del diámetro del eje

$$\tau_{\text{max}} = \frac{T * r}{I_p} \quad (*)$$

⁷ Véase Resistencia de materiales (Miranda Quispe, 2009), pág. 339

$$I_p = \frac{\pi * D^4}{32} \quad r = \frac{D}{2}$$

El momento polar de inercia I_p es simplemente una característica geométrica de la sección. No tiene significado físico, pero aparece en el estudio de las tensiones que se producen en un eje circular sometido a torsión.

$$\tau_{max} = \frac{16 * T}{\pi * D^3}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 * T}{\pi * \tau_{max}}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 * 712,21(\text{N m})}{\pi * 124 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)}}$$

$$\mathbf{D = 30,81 (mm)}$$

Un diámetro normalizado corresponde a $D = 1 \frac{1}{4}$ pulgada

Determinación de la potencia transmitida al eje

$$P[\text{CV}] = \frac{2\pi n}{450000} * T$$

$$P = \frac{2\pi * 200(\text{rpm})}{450000} * 72.63 (\text{kg}_f \text{ m})$$

$$P = 0.20 (\text{CV}) * 736 = 147.20 (\text{w})$$

$$P = 0.14 (\text{KW})$$

Esta potencia no existe en tablas de motores eléctricos, entonces tomamos un valor de potencia aproximado que es.

$$P = 0.18 \text{ (KW)} = \frac{1}{4} \text{ (HP)}$$

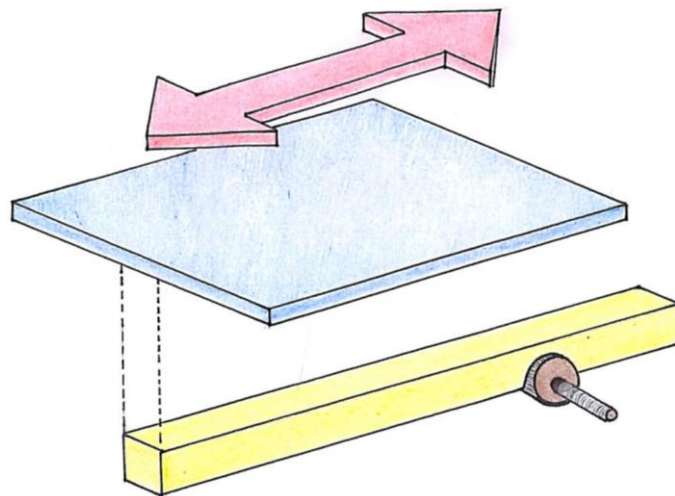
Otras características de este motor eléctrico:

$$E_L = 380 \text{ (V)}$$

$$n = 835 \text{ rpm}$$

3.2.6. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLATAFORMA CORREDIZA PIÑÓN-CREMALLERA

FIGURA 29. Imagen descriptiva de la plataforma deslizante



El material húmedo llega a la cámara de secado donde será sometido al calor proporcionado de una fuente externa, el material que se halle completamente seco deberá ser retirado de su interior, para este fin se ha propuesto incorporar un punto de descarga del material. La manera

de retirar el material es aplicando un sistema que pueda desplazarse de un punto a otro, una opción ideal es un sistema cremallera- piñón que ejecuta un desplazamiento en ambos sentidos.

DIMENSIONAMIENTO DEL PIÑÓN

Se trata de un piñón o rueda de dientes rectos, engarzado a una cremallera, es decir, una barra dentada. Cuando la rueda dentada gira, la cremallera se desplaza con movimiento rectilíneo.

FIGURA 30. Detalle de un piñón mecanizado



Para el dimensionamiento de este tipo de mecanismo se considera si es horizontal o vertical, en nuestro caso es un desplazamiento horizontal, debemos conocer la carga total a desplazar.

$$P = P_A + P_B + P_C$$

Donde:

P_T = masa total a desplazar (kg)

P_A = masa de la plataforma a desplazar en (kg)

P_B = masa del materia, incluida la humedad excedente en (kg)

P_C = masa de los desplazadores en (kg)

La plataforma consta de 8 deslizadores distribuidos cuatro por lado, cada deslizador tiene una masa aproximada de 0,5 kg.

$$P_C = N^0 \text{unidades} * 0,5 \text{ kg}$$

$$P_C = 8 * 0,5 (\text{ kg})$$

$$P_C = 4 (\text{ kg})$$

$$P_T = (43.85 + 150 + 4) \text{ kg}$$

$$P_T = 197,85 (\text{ kg})$$

CÁLCULO DE LA FUERZA TANGENCIAL REAL

$$F_{ht} = P * (9,81\mu + a)$$

Donde:

F_{ht} = Fuerza tangencial horizontal teórica (N)

P = Masa a elevar o trasladar (kg)

a = Aceleración lineal (m/seg²)

μ = Coeficiente de rozamiento

El coeficiente de rozamiento entre superficies de diferentes materiales, para el caso nuestro contacto acero a acero es:

Tabla 5. Valor de coeficientes de rozamiento para el acero convencional

<i>Superficie en contacto</i>	μ_k
<i>Acero sobre acero</i>	<i>0,18</i>

$$F_{ht} = 197,85(\text{kg}) * (9,81 * 0,18 + 1)$$

$$F_{ht} = 547,21 (\text{ N})$$

CÁLCULO DE LA FUERZA TANGENCIAL CORREGIDA

Donde:

F_{hc} = Fuerza tangencial horizontal corregida (N)

k = Coeficiente de seguridad

$$F_{hc} = F_{ht} * k$$

Para determinar el coeficiente de seguridad, se consideran bajo dos criterios:

El tiempo de trabajo será **intermitente**, es decir que el equipo no funcionara de forma constante.

El segundo criterio está relacionado al tipo de carga, para el caso nuestro es una **carga moderada**.

A continuación se muestra una tabla orientada para seleccionar el coeficiente de seguridad más adecuado para cada aplicación.

Tabla 6. Coeficientes de seguridad, en función al tipo de carga asumida

Tiempo de trabajo	Tipo de carga		
	Uniforme	Moderada	Pesada
Ocasional (1/2 hora)	1.5	1.8	2.3
Intermitente (3 horas)	1.8	2	2.5
8-10 horas	2	2.25	2.8
24 horas	2	2.5	3

$$F_{hc} = 547,21 * 2,25$$

$$F_{hc} = 1231,22 \text{ (N)}$$

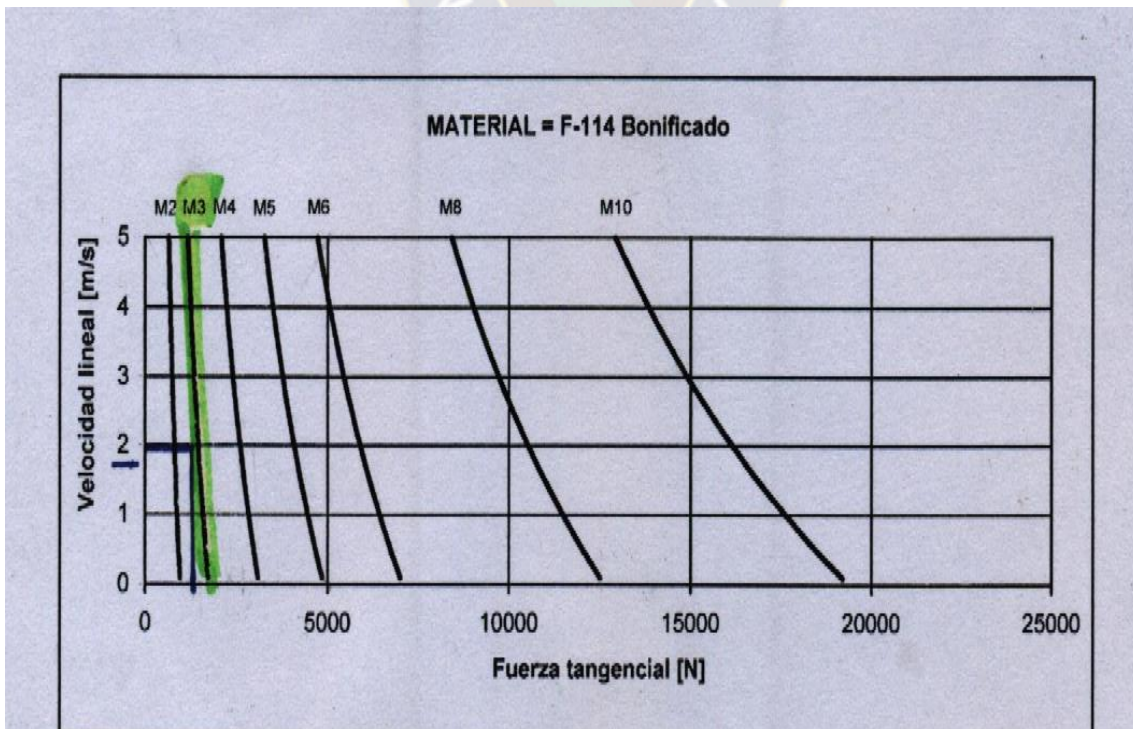
El tipo de material a utilizar, será el **F – 114 bonificado**, este tipo de material se utiliza para aplicaciones generales sin grandes exigencias y cargas medio- pequeñas.

Determinados estos parámetros, utilizamos el siguiente diagrama para la selección del módulo adecuado.

Diagrama de selección del módulo del dentado:

Para la selección del módulo se entra en la tabla correspondiente se cruza la fuerza tangencial con la velocidad lineal. Y el punto de intersección de ambas líneas marca el módulo apropiado.

FIGURA 31. Selección de módulos para dientes rectos



La intersección es muy cercana al módulo 3.

$$m = 3$$

A continuación se detalla la siguiente tabla que relaciona el ángulo de presión con el número mínimo de dientes del piñón.

Tabla 7. Numero de dientes del piñón en función a su ángulo de presión

<i>Ángulo de presión α</i>	<i>Número mínimo de dientes del piñón</i>
14.5	32
20	18
25	12

Fuente. Casillas

Tomaremos el valor central correspondiente a la tabla 7.

$$\alpha = 20$$

$$Z = 18$$

CÁLCULO DEL DIAMETRO EXTERIOR

$$D_e = m(Z + 2)$$

$$D_e = 3 * (18 + 2)$$

$$D_e = 60 \text{ (mm)}$$

CÁLCULO DEL DIAMETRO PRIMITIVO

Se designa como la circunferencia de paso o primitiva, es la de contacto entre los dientes que determina la relación de transmisión.

$$D_p = m * Z$$

$$D_p = 3 * 18$$

$$D_p = 54 \text{ (mm)}$$

CÁLCULO DEL DIAMETRO INTERIOR

$$D_i = m * \left(Z - \frac{7}{3} \right)$$

$$D_i = 3 * \left(18 - \frac{7}{3} \right)$$

$$D_i = 47,01 \text{ (mm)}$$

CÁLCULO DEL ANCHO DEL PIÑÓN

$$L = 10 * m$$

$$L = 10 * 3$$

$$L = 30 \text{ (mm)}$$

CÁLCULO DE LA ALTURA TOTAL DEL DIENTE

$$h = 2,166 * m$$

$$h = 2,166 * 3$$

$$h = 6,5(\text{mm})$$

CÁLCULO DEL PASO CIRCULAR

Paso circular es la distancia media sobre la circunferencia primitiva entre un determinado punto de un diente y el punto correspondiente de un diente inmediato. O simplemente paso es la suma del grueso del diente y el ancho entre los dientes consecutivos.

$$P = m * \pi$$

$$P = 3 * \pi$$

$$P = 9,42 (\text{mm})$$

CÁLCULO DEL ESPESOR DEL DIENTE

$$e = \frac{P}{2}$$

$$e = \frac{9,42}{2}$$

$$e = 4,71 (\text{mm})$$

CÁLCULO DEL ESPACIO ENTRE DIENTES

$$c = \frac{P}{2}$$

$$c = \frac{9,42}{2}$$

$$c = 4,71 \text{ (mm)}$$

DETERMINACIÓN DEL PAR NECESARIO PARA TRANSMITIR LA FUERZA TANGENCIAL

$$D_p = \frac{M * 2000 * n}{F_{ht}}$$

$$M = \frac{D_p * F_{ht}}{2000 * n}$$

$$M = \frac{54 * 547.21}{2000 * 0,85}$$

$$M = 17.38 \text{ (N * m)}$$

Con el par motor encontrado, buscamos el motor eléctrico adecuado, como el valor no se encuentra en tablas, se toma el valor más próximo:

$$M = 22 \text{ (N * m)}$$

$$N = 3 \text{ (HP)}$$

Características adicionales del motor eléctrico elegido:

N	E	I _N	f	n	cos φ	eficiencia
3 (HP)	380 (V)	5.9 (A)	50 (Hz)	1000 (rpm)	0.73	77 %

CÁLCULO DE LAS REVOLUCIONES SOBRE EL PIÑÓN

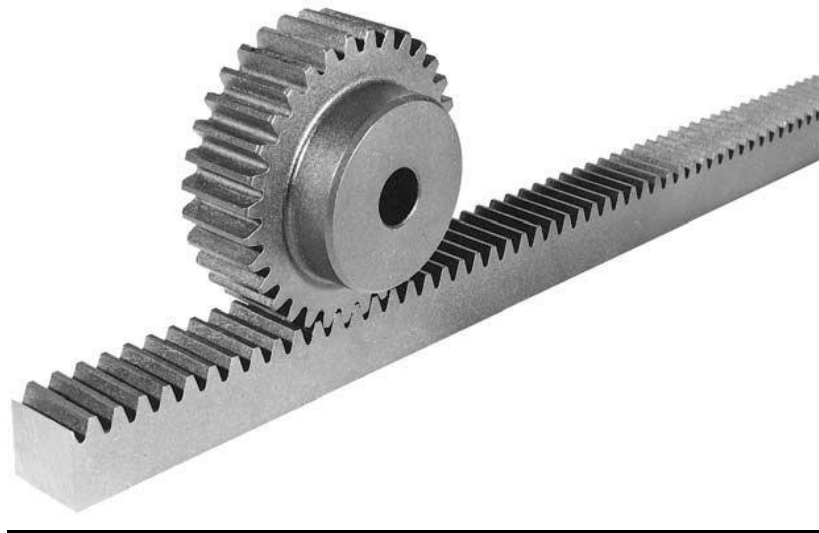
$$\text{Rev} = \frac{v * 60000}{D_p * \pi}$$

$$\text{Rev} = \frac{2 * 60000}{54 * \pi}$$

$$\text{Rev} = 707, (\text{rpm})$$

CÁLCULO DE LA CREMALLERA

FIGURA 32. Descripción de una cremallera mecanizada



CÁLCULO DEL PASO CIRCULAR.

$$P = m * 3,1416$$

$$P = 3 * 3,1416$$

$$P = 9,42 \text{ (mm)}$$

CÁLCULO DE LA ALTURA TOTAL DEL DIENTE

$$H = m * 2,166$$

$$H = 3 * 2,166$$

$$H = 6,50 \text{ (mm)}$$

CÁLCULO DEL ESPESOR DEL DIENTE.

$$e = 0,5 * P$$

$$e = 0,5 * 9,42$$

$$e = 4,71 \text{ (mm)}$$

CÁLCULO DEL ESPACIO ENTRE DIENTES.

$$C = 0,5 * P$$

$$C = 0,5 * 9,42$$

$$C = 4,71 \text{ [mm]}$$

CÁLCULO DEL RADIO EN EL PIE DEL DIENTE.

$$r = 0,3 * m$$

$$r = 0,3 * 3$$

$$r = 0,90 \text{ [mm]}$$

CÁLCULO DEL AVANCE DEL PIÑÓN.

La relación existente entre la velocidad de giro del piñón (N) y la velocidad lineal de la cremallera (V) depende de dos factores, la distancia de desplazamiento

CÁLCULO DE LA DISTANCIA DE DESPLAZAMIENTO

z = número de dientes

$$d = \frac{z}{n}$$

$$d = \frac{18}{2}$$

$$d = 9 \text{ [cm]}$$

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DE LA CREMALLERA

$$v = N * \left(\frac{z}{n}\right)$$

$$v = 300 \left(\frac{\text{Rev}}{\text{min}} \right) * 9 \text{ (cm)}$$

$$v = 2700 \left[\frac{\text{cm}}{\text{min.}} \right]$$

3.2.7. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CARRIL CIRCULAR DEBIDO A SU CARGA

El sistema de traslación que incorpora la plataforma, se desliza sobre un carril circular, el cual estará sometido bajo ciertas cargas. Este elemento trabajara bajo un esfuerzo de corte, puede llegarse a romper debido a las fuerzas que actuaran en el mismo.

M = momento flexionante

$$M = \frac{1}{2} \left(\frac{q}{2} \right) * \left(\frac{L}{2} \right)$$

El momento flexionante también se expresa de la siguiente manera.

$$M = \frac{\sigma_{\max} * I}{c}$$

Donde:

$\frac{I}{c}$ = modulo de resistencia de sección o simplemente, módulo de sección, y se suele designar por S.

$$\frac{I}{c} = S$$

$$M = \sigma_{\max} * S$$

$$M = \frac{q * L}{8} \quad (1) \quad M = \sigma_{\max} * \frac{\pi d^3}{32} \quad (2)$$

$$(1) = (2)$$

$$\frac{qL}{8} = \frac{\sigma \pi d^3}{32}$$

$$qL = \frac{\sigma \pi d^3}{4}$$

$$L = \frac{\sigma \pi d^3}{4q}$$

Donde L es la longitud crítica, o punto relacionado al esfuerzo de corte que sufrirá la viga circular, los valores que se conocen de la viga circular son:

$$d = 3.81 \text{ cm}$$

$$l = 260 \text{ cm}$$

Si L crítica se produce a lo largo de l , que son los 260 cm , entonces la viga fallara debido al esfuerzo de corte, si esto se produjera, lo correcto sería trabajar con otros valores.

Donde:

q = carga puntual ejercida sobre toda viga expresada en (kg)

d = diametro de la viga circular en (cm)

σ = esfuerzo admisible del acero en ($\frac{kg}{cm^2}$)

Acero a utilizar correspondiente al ASTM A36 su resistencia al límite de fluencia es:

$$F_y = 2530 \frac{kg}{cm^2}$$

El esfuerzo admisible de este acero es.

$$\sigma_{adm} = \frac{2530}{2}$$

$$\sigma_{adm} = 1265 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

A que distancia se producirá el punto de rotura por esfuerzo cortante

$$L_{Critica} = \frac{1265 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) * \pi * (3.81)^3 \text{ cm}^3}{4 * 200 \text{ kg}}$$

$$L_{Critica} = 274.74 \text{ (cm)}$$

3.2.8. DETERMINACIÓN DEL CÁLCULO ESTRUCTURAL

Una columna es un elemento axial sometido a compresión, lo bastante delgado respecto de su longitud, para que bajo la acción de una carga gradualmente creciente se rompa por flexión lateral o pandeo ante una carga mucho menor que la necesaria para romperlo por aplastamiento.

Esta sección se abarcara el estudio al cálculo estructural, a partir de la elección del perfil adecuado, se pretende calcular el esfuerzo de trabajo que soportara la estructura y finalmente la carga axial que actuara sobre la estructura.

Para este efecto se elige la fórmula para columnas de longitud intermedia⁸ es la del tipo parabólico, propuesta por el profesor J. B. JOHNSON en el año 1892.

Características del perfil elegido

Perfiles L (angulares) de lados iguales

Dimensiones: 55x55x5 (mm)

⁸ Resistencia de materiales de (Singer, Pytel, 1994), pág. 370

$$A = 525 \text{ mm}^2$$

$$r_{\min} = 10.8 \text{ mm}$$

Estos valores se encuentran en las tablas de perfiles del acero.⁹ El **AISC (Instituto Americano de la Construcción)** define el límite entre columnas intermedias y largas como el valor de la relación de esbeltez C_c dado por.

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_{PC}}}$$

Donde:

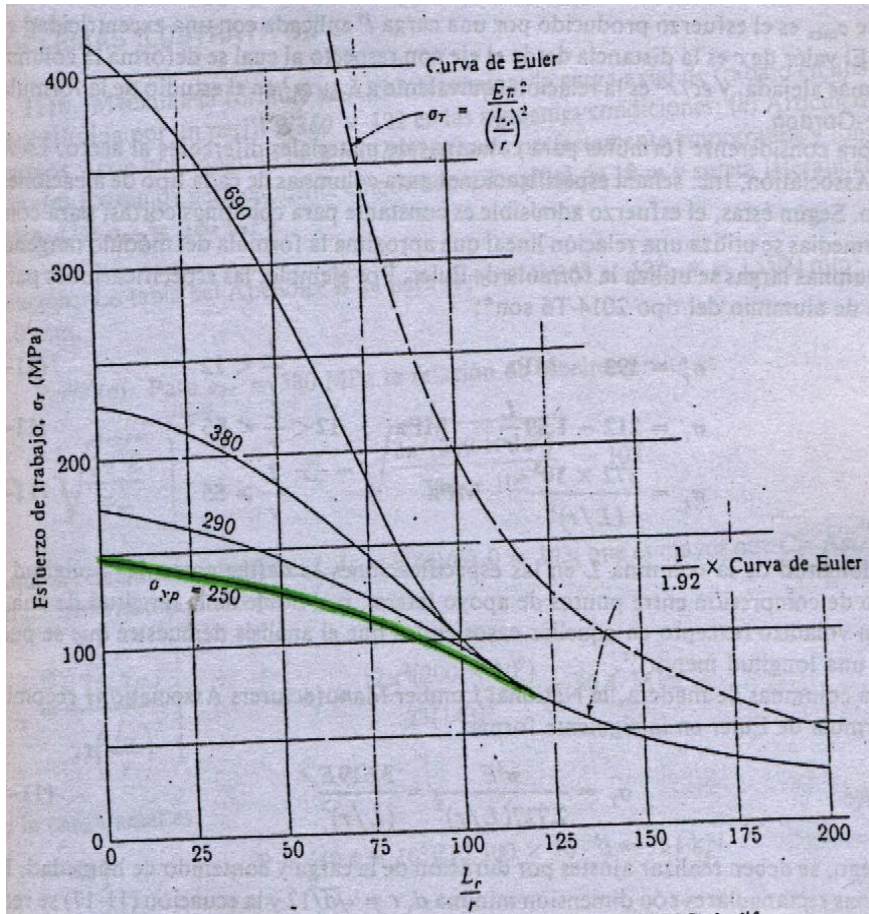
σ_{PC} = Esfuerzo en el punto de cedencia (MPa)

C = Representa una constante

Para determinar el esfuerzo en el punto de cedencia, debemos utilizar las especificaciones **AISC** de diferentes tipos de acero, a continuación utilizaremos la siguiente grafica de la cual extraeremos el valor de σ_{PC} .

⁹ Véase resistencia de materiales de (Singer, Pytel, 1994)

FIGURA 33. Esfuerzos de trabajo para columnas (especificaciones AISC).



Tomamos como esfuerzo en el punto de cedencia, la primera curva, nuestro esfuerzo de trabajo debería estar por debajo de la curva parabólica.

$$\sigma_{PC} = 250 \text{ MPa}$$

$$E = 200 \text{ GPa}$$

El valor de la relación de esbeltez es.

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 (200 * 10^9)}{250 * 10^6}}$$

$$C_c = 125.7$$

La longitud efectiva se define como la longitud equivalente de una columna con la misma resistencia cuando se analiza con sus apoyos extremos articulados.

$$L_e = 0.5 * L = 0.5 * (2.10)$$

$$L_e = 1.05 \text{ (m)}$$

$$\frac{L_e}{r_{\min}} = \frac{1050 \text{ (mm)}}{10.8 \text{ (mm)}} = 97.2$$

$$\frac{L_e}{r} < C_c, \text{ entonces}$$

No podemos determinar de forma directa el esfuerzo de trabajo, por seguridad se debe aplicar la siguiente expresión

Nótese que ésta es la fórmula de Euler con un factor de seguridad, cuando sucede que $\frac{L_e}{r} < C_c$, el AISC especifica la fórmula parabólica.

$$\sigma_T = \left[1 - \frac{\left(\frac{L_e}{r}\right)^2}{2C_c^2} \right] \frac{\sigma_{PC}}{FS}$$

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD

Donde el factor de seguridad, FS, está dado por

$$FS = \left[\frac{5}{3} + \frac{3\left(\frac{L_e}{r}\right)}{8C_c} - \frac{\left(\frac{L_e}{r}\right)^3}{8C_c^3} \right]$$

$$FS = \left[\frac{5}{3} + \frac{3(97.2)}{8(125.7)} - \frac{(97.2)^3}{8(125.7)^3} \right]$$

$$FS = 1.90$$

DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO DE TRABAJO

El esfuerzo de trabajo es el esfuerzo real que soporta el material bajo la acción de ciertas cargas, y no debe sobrepasar al esfuerzo admisible, que es el máximo al que puede ser sometido el material.

$$\sigma_T = \frac{\left[1 - \frac{(L_e/r)^2}{2C_c^2} \right] * \sigma_{PC}}{FS}$$

$$\sigma_T = \frac{\left\{ 1 - \left[\frac{(97.2)^2}{2 * (125.7)^2} \right] \right\} * (250 * 10^6)}{1.90}$$

$$\sigma_T = 92.5 \text{ (MPa)}$$

DETERMINACIÓN DE LA CARGA AXIAL

Se define como la fuerza P aplicada a una barra de sección constante que va creciendo desde un valor cero hasta un valor final, esta componente corresponde a la acción de tirar (o de empujar) sobre la sección. Tirar (o jalar) representa una fuerza de extensión o tracción que a alargar el sólido, mientras que empujar representa una fuerza de compresión que tiende a acortarlo. Se representa generalmente por P

$$P = \sigma * A$$

$$P = [92.5 * 10^6] * [525 * 10^{-6}]$$

$$P = 48.56 \text{ (KN)}$$



3.3. OTROS CÁLCULOS

3.3.1. DIMENSIONAMIENTO DE LA FUENTE DE CALOR PARA LA CÁMARA DE SECADO

Un intercambiador de calor, es un dispositivo que transfiere el calor desde un fluido caliente a otro fluido frío. Los cambiadores de calor más comunes son aquellos donde los fluidos se encuentran separados por una división o pared metálica, de alta conductividad térmica y alta resistencia a la torsión.

Los cambiadores de calor se clasifican de acuerdo a su aplicación, pero cualquiera que sea el intercambiador, para su diseño debe llevarse un balance energético, un balance másico, un cálculo de su media logarítmica de temperatura y su coeficiente global de transferencia de calor, con toda esta información se debe calcular el área respectiva.

Existen una infinidad de intercambiadores de calor, la finalidad nuestra es dimensionar el intercambiador de calor en función a la capacidad calorífica encontrada anteriormente.

De igual manera se asumen los respectivos valores para encontrar todas las características relacionadas al intercambiador de calor.

A continuación se detalla la siguiente tabla con los tipos de intercambiador de calor y sus respectivos fluidos de trabajo. Para la elección del flujo de trabajo se consideran lo siguiente:

Necesitamos un gas que no contamine el material, el aire ya que se encuentra en el ambiente exterior,

Tiene que ser un gas de vapor seco, aparentemente el aire del exterior es seco, finalmente se decide que la configuración sea Gas a gas, el aire seco proveniente del exterior entre en contacto con vapor condensado.

Tabla 8. Coeficientes globales de transferencia de calor

Tipo de intercambiador de calor	U , W/m ² K
Gas a gas	10-30
Agua a gas (es decir, enfriador de gas, caldera de gas)	10-50
Vapor en condensación-aire (es decir, radiador de vapor, calentador de aire)	5-50
Vapor a aceite combustible pesado	50-180
Agua a agua	800-2500
Agua a otros líquidos	200-1000
Agua a aceite lubricante	100-350
Compuestos orgánicos ligeros a compuestos orgánicos ligeros	200-450
Compuestos orgánicos pesados a compuestos orgánicos pesados	50-200
Condensadores enfriados por aire	50-200
Condensadores de vapor enfriados por agua	1000-4000
Condensadores de amoníaco enfriados por agua	800-1400
Condensadores de vapor orgánico enfriados por agua	300-1000
Calderas de vapor	10-40 + radiación
Evaporadores de refrigerador	300-1000
Evaporadores de vapor-agua	1500-6000
Tanques agitados con chaqueta	150-1000
Serpentín de calefacción en un recipiente, agua a agua	
Sin agitar	50-250
Agitada	500-2000

Fuente. Mills, transferencia de calor.

El intercambiador de calor con el que se va trabajar es de vapor en condensación- aire, se asume un coeficiente global de transferencia de calor igual a:

$$U = 15 \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right)$$

DETERMINACIÓN DE LA MLDT

$$MLDT = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right)}$$

$$MLDT = \frac{(85 - 135)^\circ C}{\ln \left(\frac{85}{135} \right)}$$

$$MLDT = 108.70 \text{ } ^\circ C$$

DETERMINACIÓN DEL ÁREA TOTAL.

$$q = UA_T MLDT$$

$$A_T = \frac{q}{U * MLDT}$$

$$A_T = \frac{4110 (w)}{15 \left(\frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C} \right) 108.70 \text{ } ^\circ C}$$

$$A_T = 2.4 [m^2]$$

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE TUBOS POSIBLES

Donde:

A_T = Area total de transferencia del calor (m)²

D_i = diametro interior del tubo (mm)

L = longitud de los tubos (mm)

$$\text{N}^\circ \text{ de tubos} = \frac{A_T}{\pi * D_i * L}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de tubos} = \frac{2.4 (m^2)}{\pi * 0.017 (m) * 0.40 (m)}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de tubos} = 112$$

A continuación vamos a encontrar el verdadero valor real del coeficiente global de transferencia de calor.

Características del tubo

$$\left[\begin{array}{l} \text{Calibre de tubo} = 8 \text{ BWG} \\ \text{DE} = 1 \text{ pulg} \\ \text{DI} = 0.670 \text{ pulg} \\ \Delta x = 0.165 \text{ pulg} \end{array} \right.$$

Para el fluido de trabajo, que es el aire detallamos el procedimiento para conseguir los siguientes valores:

$$T_p = \frac{T_\infty + T_w}{2}$$

$$T_p = \frac{(65 + 145)^\circ\text{C}}{2} = 105^\circ\text{C}$$

$$T_p = 105^\circ\text{C} \text{ aire} \left\{ \begin{array}{l} \rho_f = 0.9338 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ k = 0.03130 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \\ \mu = 2.202 * 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m} * \text{seg}} \end{array} \right.$$

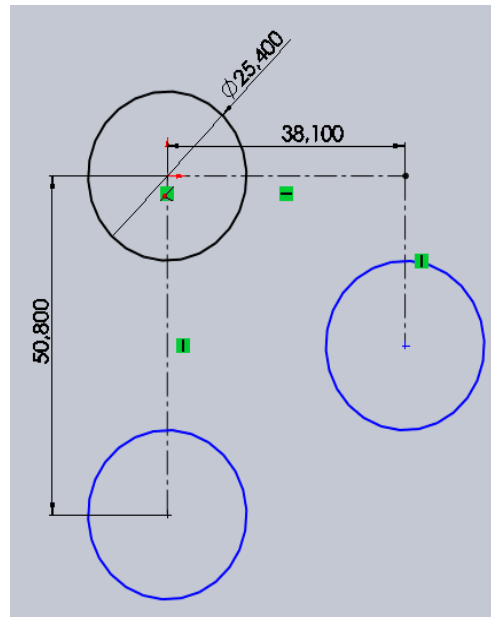
$$DE = 1(\text{ pulg}) = 25.4(\text{ mm}) = 0.025(\text{ m})$$

$$v_\infty = 3.56 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$a = 1.5 \text{ pulg} = 0.0381 \text{ m}$$

$$b = 2 \text{ pulg} = 0.0508 \text{ m}$$

FIGURA 19. Configuración de tubos de tipo escalonado



Para tubos escalonados

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD MÁXIMA

$$(1) \frac{a - DE}{2}$$

$$\frac{(1.5 - 1) pulg}{2} = 0.25 (pulg) = 0.0064 (m)$$

$$(2) \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + b^2 - DE}$$

$$\sqrt{\left(\frac{1.5}{2}\right)^2 - (2)^2 - 1}$$

$$= 1.136 (pulg) = 0.0289 (m)$$

$$V_{max} = \frac{\frac{v_{\infty} * a}{2}}{\text{menor valor (1) y(2)}}$$

$$V_{max} = \frac{\frac{3.56 \left(\frac{m}{seg}\right) * 0.0381 (m)}{2}}{0.0064 (m)}$$

$$V_{max} = 10.60 \frac{m}{seg}$$

CÁLCULO DEL REYNOLDS MÁXIMO

$$Re_{max} = \frac{V_{max} * DE * \rho_f}{\mu}$$

$$Re_{max} = \frac{10.60 \left(\frac{m}{seg}\right) * 0.025 (m) * 0.9338 \left(\frac{kg}{m^3}\right)}{2.202 * 10^{-5} \left(\frac{kg}{m * seg}\right)}$$

$$Re_{max} = 11237.83$$

hallar de la tabla los valores de C y n

$$\frac{b}{DE} = \frac{2 \text{ pulg}}{1 \text{ pulg}} = 2$$

$$\frac{a}{DE} = \frac{1.5 \text{ pulg}}{1 \text{ pulg}} = 1.5$$

En función a estos datos, los valores correspondientes para tubos escalonados de:

$$C = 0.416$$

$$n = 0.568$$

Cálculo del coeficiente de convección externo

$$h_e = \frac{k_f}{DE} * C (Re_{max})^n$$

$$h_e = \frac{0.03130}{0.025} * 0.416(11237.83)^{0.568}$$

$$h_e = 104.11 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$T_f = \frac{T_w + T_b}{2}$$

$$T_f = \frac{(145 + 150)^\circ C}{2} = 147.50 \text{ } ^\circ C$$

$T_f = 147.50 \text{ } ^\circ C$ vapor condensado

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho = 0.5214 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \\ k = 0.02839 \left(\frac{W}{m \cdot ^\circ C} \right) \\ \mu = 1.445 * 10^{-5} \left(\frac{kg}{m * seg} \right) \\ Pr = 0.9720 \end{array} \right.$$

$$DI = 0.670(\text{pulg}) = 0.017(m)$$

$$v = 6.10 \left(\frac{m}{seg} \right)$$

CÁLCULO DE REYNOLDS

$$Re = \frac{v * DI * \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{6.10 \frac{m}{seg} * 0.017 m * 0.5214 \frac{kg}{m^3}}{1.445 * 10^{-5} \frac{kg}{m * seg}}$$

$$Re = 3741.81$$

CÁLCULO DE NUSSELT

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} * Pr^{0.4} \text{ para calentamiento de fluidos}$$

$$Nu = 0.023(3741.81)^{0.8} * (0.9720)^{0.4}$$

$$Nu = 16.42$$

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CONVECCIÓN INTERNO

$$h_i = \frac{Nu * k}{DI}$$

$$h_i = \frac{16.42 * 0.02839 \left(\frac{W}{m^2C}\right)}{0.017 (m)}$$

$$h_i = 27.42 \left[\frac{W}{m^2C}\right]$$

CÁLCULO DEL DIÁMETRO MEDIO

$$D_m = \frac{DE - DI}{\ln \frac{DE}{DI}}$$

$$D_m = \frac{(1 - 0.670) \text{ pulg}}{\ln \left(\frac{1}{0.670}\right)}$$

$$D_m = 0.825 (\text{pulg}) = 0.021 (m)$$

Valores reunidos:

$$h_i = 27.42 \left(\frac{W}{m^2C}\right)$$

$$h_e = 104.11 \left(\frac{W}{m^2C}\right)$$

$$D_m = 0.021 (m)$$

$$DE = 0.025 (m)$$

$$DI = 0.017 (m)$$

$$k = 388 \left(\frac{w}{m^{\circ}C} \right) \text{ tubo de cobre}$$

$$\Delta x = 0.165(\text{pulg}) = 0.0042 \text{ (m)}$$

DETERMINACIÓN DEL VALOR REAL DE U

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} \frac{DE}{DI} + \frac{\Delta x}{k} \frac{DE}{D_m} + \frac{1}{h_e}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{27.42} * \frac{0.025}{0.017} + \frac{0.0042}{388} * \frac{0.025}{0.021} + \frac{1}{104.11}}$$

$$U = \frac{1}{5.4 * 10^{-2} + 1.3 * 10^{-5} + 9.6 * 10^{-3}}$$

$$U = 15.72 \left[\frac{w}{m^2^{\circ}C} \right]$$

DETERMINACIÓN DEL ÁREA REAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

$$A_T = \frac{q}{U * MLDT}$$

$$A_T = \frac{4904.26 \text{ (w)}}{15.72 \left(\frac{w}{m^2^{\circ}C} \right) * 108.70(^{\circ}C)}$$

$$A_T = 2.9 [m^2]$$

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO REAL DE TUBOS

$$N^{\circ} \text{ de tubos} = \frac{A_T}{\pi * DI * L}$$

$$N^{\circ} \text{ de tubos} = \frac{2.9 \text{ (m}^2\text{)}}{\pi * 0.017 \text{ (m)} * 0.40 \text{ (m)}}$$

$$N^{\circ} \text{ de tubos} = 136$$

CAPITULO IV

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

4.1. COSTOS DE LA MANO DE OBRA

El coste de mano de obra o coste de personal se puede definir como la retribución total del esfuerzo humano aplicado al proceso de producción o servicio que realiza la empresa. En un sentido específico, está formado por el conjunto de costos incurridos por la empresa como equivalente monetario de las remuneraciones o de las prestaciones del personal que emplea. Este tipo de costes tiene en muchas empresas una relevancia de primer orden por su importancia en la estructura de costes totales.

FIGURA 35. Obrero realizando una labor cotidiana



4.1.1. FACTORES DEL COSTO DE LA MANO DE OBRA.

El costo de la mano de obra está conformado por trece factores. Se puede observar en la siguiente tabla. Que los ítems que más afectan el costo de la mano de obra:

- Sueldo base.
- Salarios básicos permanentes.
- Incentivos y premios pagados al trabajador.

Los componentes que menos afectan al costo laboral en que incurren las empresas e instituciones:

- Pagos en especies y gastos de vivienda del trabajador.
- Reembolsos de gastos del trabajador por causas del trabajador.
- Pagos directos al trabajador por seguridad social.

Con relación al costo de mano de obra, solo consideraremos dos ítems:

El sueldo base del operario e incentivos pagados al trabajador.

El sueldo base es la retribución fijada por unidad de tiempo de la obra. En cuanto a retribución fijada **por unidad de tiempo**, debemos entender que se trata de una determinada cantidad, de una cantidad fija, que recibe el trabajador por cada uno de los módulos temporales en los que puede desarrollar su prestación de servicios. Normalmente, se utiliza el día o el mes, si bien es cierto si hoy estaríamos desarrollando este tipo de proyecto, necesitaríamos para este fin del siguiente personal técnico y de cierto operario. A continuación detallamos una tabla de actividades correspondientes a la capacidad del personal¹⁰

¹⁰ Véase la publicación (Ormaechea, 1997)

Tabla 9. Ítems del personal calificado

Personal de trabajo	Remuneración por día
Técnico electricista	200 Bs
Técnico soldador	250 BS
Ayudante	80 Bs

El proyecto puede tener una duración aproximadamente de 16 semanas. En estas 16 semanas están involucrados el tema de planificación y desarrollo de actividades para del proyecto, y el personal técnico que estará a cargo o involucrado con el proyecto. Este personal debe ser el calificado ya que cumplirá con cada una de las actividad que se será accionara a su cargo, finalmente se debe considerar la remuneración que se ha fijado de la siguiente manera.

Tabla 10. Pagos económicos por mes

Personal calificado	remuneración económica	remuneración económica x mes
Técnico eléctrico	$200 \times 5 \text{ días}$	4000 Bs.
Técnico soldador	$250 \times 5 \text{ días}$	5000 Bs
Ayudante	$70 \times 5 \text{ días}$	1400 Bs

A continuación vamos a detallar una tabla con la remuneración económica total, de las 16 semanas.

Tabla 11. Ítems con la remuneración por pagos totales

Personal calificado	sueldo base x las 16 semanas	gastos por sueldos totales
técnico electricista	1000 × 16	16000 BS
técnico soldador	1250 × 16	20000 BS
ayudante	350 × 16	5600 BS
		G_{TOTAL} = 41600 Bs.

4.2. COSTOS DEL EQUIPO

Los costos de equipo están relacionados al precio o valor para la adquisición de ciertos componentes como ser motores eléctricos, elementos de control y protección como contactores, fusibles, relés térmicos, conductores eléctricos, perfiles estructurales, acoples, pintura, entre otros.

A continuación vamos a detallar una tabla con el precio de cada una de las partes del equipo, y precio de los materiales que se utilizaran para la posible construcción de la máquina, los precios que están tabulados en la siguiente tabla son valores aproximados que están en el mercado boliviano.

FIGURA 36. Costos de los componentes

ADQUISICIÓN DE COMPONENTES	PRECIO
	<p>Planchas de acero del distribuidor las Lomas Precio aproximado por su adquisición: 650 Bs c/u en el mercado nacional</p>

	<p>Sistema piñón y cremallera</p> <p>Precio aproximado de su cotización: 850 Bs en talleres de la Paz y el Alto</p>
	<p>Motor trifásico de la marca WEG de ¼ HP</p> <p>Precio aproximado de su adquisición: 700 Bs en el mercado nacional</p>
	<p>Contactores de la marca Siemens</p> <p>Precio aproximado de la adquisición: 170 Bs en el mercado nacional</p>
	<p>Relé térmico de la marca Siemens</p> <p>Precio aproximado de la adquisición: 230 Bs en el mercado nacional</p>

	<p>Botoneras de accionamiento</p> <p>Precio aproximado de la adquisición: 35 Bs en el mercado nacional</p>
	<p>Fusiles DIAZED y fusibles de tipo rosca</p> <p>Precio aproximado de los fusibles DIAZER: 120 Bs en el mercado nacional.</p> <p>Precio aproximado de los fusibles tipo Rosca: 90 Bs en el mercado nacional</p>
	<p>Finales de carrera de la marca Siemens</p> <p>Precio aproximado de la adquisición: 35 Bs en el mercado nacional</p>
	<p>Acoples para motores eléctricos</p> <p>Precio aproximado de la adquisición: 150 Bs en el mercado nacional</p>

	<p>Válvula de bola.</p> <p>Características: Se trata de un acero ASTM A- 216 WCB, su aplicabilidad será dar paso al vapor seco proveniente de un caldero industrial.</p> <p>El precio de una válvula de 4 pulgadas, se encuentra aproximadamente entre 2300 a 2800 Bs.</p>
	<p>Válvula de Retención.</p> <p>Características: se trata de un acero Inoxidable AISI 316, se utiliza en varias aplicaciones, para el caso nuestro va trabajar con vapor, el objetivo de esta válvula será, poner en descarga la alimentación del fluido corrosivo.</p> <p>El costo de una válvula de 4 pulgadas es de aproximadamente 3300 a 4050 Bs.</p>
	<p>Tubos de acero.</p> <p>Características: son tubos sin costura resistentes al calor, de la norma DIN 17175.</p> <p>El precio está en relación a sus dimensiones, un tubo de 4 pulgadas Y longitud de 6 m. el costo es aproximadamente de 899 a 1520 Bs.</p>

	<p>Extractor de vapor.</p> <p>Características técnicas:</p> <p>Marca SODECA, modelo CBX-2828,</p> <p>Velocidad máxima 1700 r/min</p> <p>Potencia instalada de 3 kW</p> <p>Caudal máximo $7500 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$</p> <p>Peso aproximado de 10.5 kg</p> <p>Precio es de aproximadamente 1050 Bs</p>
	<p>Transportador de material</p> <p>Marca correspondiente a HLX</p> <p>Características del equipo:</p> <p>Potencia de 750 w.</p> <p>Velocidad Ajustable 1-60 m/min.</p> <p>Tensión de alimentación de 220/380 V.</p> <p>Estructura compuesta de acero inoxidable, aleaciones de aluminio.</p> <p>Material de la correa PVC de goma.</p> <p>El precio del equipo es de aproximadamente 5865 Bs a 6900 Bs.</p>

A continuación de detalla el costo total por la adquisición de los elementos:

Tabla 12. Ítems de los componentes del equipo

LISTA DE ÍTEMS	PRECIO
Sistema piñón y cremallera	850 Bs
Motor eléctrico de ¼ de HP	700 Bs
Motor eléctrico de 3 HP	1300 Bs
1 contactor para el arranque directo	170 Bs
2 contactores para inversión de giro	340 Bs
2 botoneras ON y OFF para el arranque directo	70 Bs
2 botoneras ON y una botonera OFF para inversión de giro	105 Bs
2 relé térmico para arranque directo	460 Bs
2 relé térmico para inversión de giro	460 Bs
6 fusibles DIAZED para el circuito de fuerza	720 Bs
4 fusibles del tipo Rosca para el circuito de control	360 Bs
2 finales de carrera	70 Bs
Acoples para el motor en arranque directo	150 Bs
Acoples para el motor en arranque inversión de giro	150 Bs
Una válvula de bola de 4 pulgadas	2300 Bs
Dos válvulas de retención de 4 pulgadas	6600 Bs
Tubos de acero sin costura, diámetro 4 pulgadas	899 Bs
Dos extractores de gases, potencia 3 kW	2100 Bs
Una transportador, componente opcional.	5865 Bs
ADQUISICIÓN TOTAL	23669 Bs

4.3. COSTOS DE INSTALACIÓN

4.3.1. COSTOS DIRECTOS.

Son aquellos que pueden identificarse directamente con un objeto de costos, sin necesidad de ningún tipo de reparto. Los costos directos se derivan de la existencia de aquello cuyo costo se trata de determinar, sea un producto, un servicio, una actividad, como ejemplo, los materiales directos y la mano de obra directa destinados a la fabricación de un producto, o los gastos de publicidad efectuados directamente para promocionar los productos en un territorio particular de ventas¹¹.

Los costos directos están relacionados con los sueldos fijos, la compra de equipos, la instalación del equipo mismo o montaje.

Costos de los Materiales

Para fines del costo constituyen a aquellos bienes adquiridos directamente del mercado dispuesto a su manipulación y consumo. Son los insumos requeridos para el proceso productivo.

El costo de los materiales puede dividirse en:

Materiales directos: Se identifican con el volumen de fabricación del producto principal, asociándose fácilmente con el proceso de producción del mismo, por lo que representa el principal costo de materiales en su fabricación. Por ejemplo, en un departamento de fabricación de muebles de madera, el material directo a emplearse es la madera aserrada de cedro.

¹¹ Véase la publicación de (Ormaechea, 1997).

Materiales indirectos: son aquellos que no están involucrados en la elaboración de un producto, pero no son materiales directos. Estos se incluyen como parte de los costos indirectos de fabricación. Un ejemplo es el pegamento usado para fabricar muebles.

Tabla 13. Lista de ítems de los materiales

MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO
Consumibles (electrodos 6013)	5 kilos	25 Bs x kilo
Perfiles de acero en “L”	6 barras de 5*5, e = $\frac{1}{4}$ pulg	70 Bs la barra
Planchas de acero inoxidable e = $\frac{1}{4}$ de pulgada	12 láminas	170 Bs c/u
Viga de sección circular	1 barra	530 Bs
Planchas de acero inoxidable e = $\frac{1}{8}$ de pulgada	1 lámina	150 Bs c/u
Eje de acero macizo $\varnothing = 1\frac{1}{4}$ de pulgada	un eje de sección circular	80 Bs
Discos de corte	3 unidades	18 Bs x unidad
Pintura anticorrosiva c/brillo	un galón de pintura	120 Bs

A continuación se detalla el costo total del material:

Tabla 14. Precio total por el costo de los materiales

ÍTEMS	PRECIO REFERENCIAL
5 kilos de consumibles (electrodos)	125 Bs
6 barras de perfil estructural	420 Bs
12 láminas de acero inoxidable	2040 Bs
1 barra maciza de sección circular	530 Bs
Media barra de sección circular de 1¼ pulg	120 Bs
3 discos de corte	54 Bs
Pintura anticorrosiva	150 Bs
COSTO TOTAL POR LOS MATERIALES	3439 Bs

4.3.2. COSTOS INDIRECTOS.

Gasto que no puede identificarse con una actividad concreta, como tal, son comunes a muchos artículos o áreas y que no pueden asociarse directamente a un producto o a un departamento de producción. Es un gasto a tener en cuenta en la producción de un bien o servicio, sin poder imputarlo en su totalidad a una fase concreta del proceso de producción; por ejemplo, control estadístico de calidad, depreciación de la maquinaria, servicios básicos, gastos de telefonía, tarjetas de celular, utilización de fax, papelería y otros.

Tabla 15. Depreciación de herramientas y equipos

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	VALOR ADQUISICIÓN	VIDA ÚTIL APROXIMADO	DEPRECIACIÓN
máquina de soldar	6000 Bs	10 años	600 Bs/año
amoladora	2500 Bs	3 años	833 Bs/año
taladro de banco	4000 Bs	15 años	267 Bs/año
compresor	6000 Bs	10 años	600 Bs/año

tecle	3000 Bs	10 años	300 Bs/año
máscara de soldar	400 Bs	3 años	133 Bs/año
ropa de trabajo	300 Bs	2 años	150 Bs/año

TABLA 16. Ítems de costos mínimos.

personal técnico y administrativo	corresponde si o no	precio del servicio
Pasajes en transporte	Si	Esta en función a la distancia recorrida
Gasolina	Si	1.66 Bs/m ³
Lubricantes	Si	

Son aquellos gastos que tienen por objeto, establecer un vínculo constante entre la oficina central y el establecimiento que ejecuta el proyecto, así como también el abastecimiento de equipos de la bodega al área de ejecución del proyecto.

Tabla 16. Lista de gastos técnicos y administrativos

Comunicaciones	corresponde SI o NO	precio por el servicio
Gastos en telefonía	Si	0.99 centavos de Bs/minuto
Internet	Si	5000 Megas por 199 Bs
Servicio de transporte por carguio	Si	El servicio aproximado esta en función al peso y distancia
Lubricantes para vehículos	Si	El galón de 4 lt con un precio de 340 Bs
Depreciación de vehículos	Si	Anualmente
Mensajería	Si	Aproximado de 250Bs/ mes

Tabla 18. Lista de gastos de servicios básicos.

Servicios básicos y otros	corresponde SI o NO	precio por el servicio
consumo de energía eléctrica	Si	0.65 Bs/KWH
consumo de agua potable	Si	3 Bs/m ³
servicio de limpieza	No	
servicio de seguridad	Si	2900 Bs/mes

4.4. COSTOS BENEFICIOS.

Este tipo de evaluación permite comparar los beneficios que genera las acciones planteadas por el proyecto asociado a los fondos y recursos económicos utilizados.

Se evalúa el proyecto, desde dos perspectivas diferentes, la primera no tomando en cuenta ningún proyecto, es una evaluación empírica, resultado de la experiencia vivida.

Una segunda consideración es tomando en cuenta un proyecto, donde se plantean las mejoras, y los beneficios económicos resultado del proyecto anunciado.

➤ SIN PROYECTO

Se considera la producción actual anterior, tomando en cuenta el precio por el cobro del servicio.

$$\text{Produccion Actual} = 600 \frac{\text{kg}}{\text{semana}}$$

$$= 600 \frac{\text{kg}}{\text{semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{1 \text{ mes}} = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{mes}}$$

$$P = 87,50 \text{ Bs} * 1\text{m}^3$$

Se considera el precio referencial que se cobra por el servicio de secado por cada m³ de material.

$$X = \frac{1 \text{ (m}^3\text{)} * 2400 \text{ (kg de lana)}}{25 \text{ (kg de lana)}}$$

$$X \text{ Cantidad} = 96 \text{ m}^3$$

$$I = P * Q$$

$$I = 87.50 \left(\frac{\text{Bs}}{\text{m}^3} \right) * 96 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$I = \mathbf{8400 \text{ bs mes}}$$

➤ **CON PROYECTO**

Si en $1\text{m}^3 \rightarrow 25 \text{ kg de lana}$

$$\text{Capacidad propuesta} = 600 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}$$

$$600 * 5 \text{ dia habiles} = 3000 \frac{\text{kg}}{\text{semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{1 \text{ mes}}$$

$$\text{Capacidad} = \mathbf{12000 \frac{\text{kg}}{\text{mes}}}$$

$X \text{ m}^3 \rightarrow 12000 \text{ kg de lana}$

$$X = \frac{1 \text{ (m}^3\text{)} * 12000 \text{ (kg de lana)}}{25 \text{ (kg de lana)}}$$

$$X \text{ Cantidad} = 480 \text{ m}^3$$

$$I = P * Q$$

Donde:

I = Ingresos económicos

P = Precio asignado

Q = Cantidad del producto

El precio por el servicio es el mismo, la única variante que existe, es en el volumen de material a secar.

$$P = 87,50 \text{ Bs} \times 1\text{m}^3 \text{ de material}$$

$$I = 87.50 \left(\frac{\text{Bs}}{\text{m}^3} \right) * 480(\text{m}^3)$$

$$I = 42000 \text{ bs mes}$$

Considerando el proyecto, los ingresos económicos son mucho mayores, podría decirse que el proyecto es viable, ya que genera rentabilidad.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Habiendo concluido el trabajo se considera pertinente establecer las siguientes conclusiones:

- ✓ Es evidente la existencia e importancia del problema que se observa dentro de la empresa textil “Copacabana”, debido a un mal procedimiento de secado, que se da a la lana de oveja, por carecer de un equipo de esta naturaleza.
- ✓ Para afrontar el problema identificado se considera necesario diseñar un equipo de secado, según a las características de lo que se trata, en nuestro caso estamos tratando con lana de oveja.
- ✓ El comportamiento de la curva de secado, para cualquier tipo de sustancia o producto. Es decir la representación gráfica nos dejara una humedad residual o de equilibrio.
- ✓ Los requerimientos de diseño, considerados en este trabajo, son los siguientes:
 - * Condiciones ambientales
 - * Temperatura máxima para el secado
 - * Tiempo de secado
 - * Características de los fluidos de trabajo
- ✓ Se realizaron una selección de componentes que están en función a la configuración del equipo
- ✓ Finalmente se puede concluir que el diseño del equipo de secado, contribuirá a una mejora y mejor manipulación de la lana de oveja.

5.2. RECOMENDACIONES

La instalación de cualquier equipo, debe realizarse por el personal capacitado.

El personal que va realizar la instalación del equipo o montaje del mismo, debe conocer bien sobre seguridad industrial, caso contrario debe ser capacitada por personal entendible en el tema.

Analizar y controlar todos los riesgos antes y durante cada trabajo o por cambios en las condiciones de este.



Elaboración de Planos Técnicos

PLANOS TÉCNICOS DEL EQUIPO.



BIBLIOGRAFIA

- Andrade Espinoza, S. (2013). *Costos y Presupuestos*. Peru, Lima: Andrade.
- Anthony, M. (1995). *transferncia de calor*. Mc Graw Hill.
- Casillas. (s.f.). *Operario de máquinas*.
- Ferdinand, P. A. (1994). *Resistencia de materiales*. México, D.F.: Birmark.
- Hollen, N. (1968). *Introducción a loa textiles*. Barcelona: Limusa.
- Knoule. (1968). *Aspectos téoricos de la operación de secado*. Bilbao.
- Kreith, F. (1989). *Prncipios de transferncia de calor*.
- Manrrique. (1996). *transferencia de calor*.
- Miranda Quispe, G. (2009). *Resistencia de materiales*. Oruro: Latinas Editores Ltda.
- Ormaechea, D. J. (1997). *Contabilidad de costos*. Ediciones Culturales.
- Singer, Pytel, F. (1994). *Resistancia de materiales*. México, D.F.: Birmark.
- Treyball. (1965). *Secaderos de calentamiento directo*. ninguno.